

MISKONSEPSI KONSEP KIMIA SMA



BAGIAN I : LANDASAN KONSEPTUAL MISKONSEPSI DALAM PEMBELAJARAN KIMIA



KASMUI

MISKONSEPSI KONSEP KIMIA SMA

BAGIAN I : LANDASAN KONSEPTUAL MISKONSEPSI DALAM PEMBELAJARAN KIMIA

KASMUI

Jaten Press

KATA PENGANTAR

Pembelajaran kimia pada jenjang Sekolah Menengah Atas tidak hanya menuntut peserta didik mengingat fakta, simbol, rumus, dan persamaan reaksi, tetapi juga memahami berbagai fenomena alam melalui hubungan antara struktur materi, sifat zat, perubahan kimia, energi, serta interaksi partikel pada tingkat atom dan molekul. Karakter tersebut menjadikan kimia sebagai disiplin ilmu yang kaya secara konseptual, tetapi sekaligus menantang untuk dipelajari. Banyak objek kajian kimia tidak dapat diamati secara langsung sehingga peserta didik harus membangun pemahaman melalui model, representasi, simbol, analogi, grafik, persamaan matematis, dan hasil pengamatan eksperimen.

Dalam proses membangun pemahaman tersebut, peserta didik tidak selalu membentuk konsepsi yang sesuai dengan penjelasan ilmiah. Mereka dapat mengembangkan penafsiran sendiri berdasarkan pengalaman sehari-hari, penggunaan bahasa, pengamatan inderawi, ilustrasi dalam buku, penjelasan guru, informasi digital, maupun prosedur penyelesaian soal yang dipelajari secara mekanis. Konsepsi yang tampak masuk akal bagi peserta didik, tetapi tidak sesuai dengan konsep ilmiah yang diterima, dikenal sebagai miskonsepsi.

Miskonsepsi bukan sekadar jawaban salah. Jawaban salah dapat terjadi karena peserta didik lupa, kurang teliti, salah menghitung, tidak memahami pertanyaan, atau belum pernah mempelajari konsep yang diujikan. Miskonsepsi memiliki karakter yang lebih kompleks karena peserta didik biasanya meyakini bahwa penjelasannya benar. Keyakinan tersebut dapat tersusun secara sistematis, digunakan secara konsisten untuk menjelaskan berbagai fenomena, dan bertahan meskipun peserta didik telah memperoleh pembelajaran formal.

Masalah miskonsepsi menjadi sangat penting dalam pembelajaran kimia karena konsep-konsep kimia tersusun secara hierarkis dan saling berkaitan. Pemahaman terhadap struktur atom diperlukan untuk menjelaskan sistem periodik unsur. Struktur elektron menjadi dasar pemahaman ikatan kimia. Pemahaman tentang ikatan dan gaya antarmolekul dibutuhkan untuk menjelaskan sifat zat. Konsep mol menjadi landasan stoikiometri, larutan, termokimia, kinetika, kesetimbangan, asam-basa, dan elektrokimia. Apabila konsep dasar dipahami secara keliru, kesalahan tersebut dapat menghambat penguasaan konsep-konsep berikutnya.

Sebagai contoh, peserta didik yang memandang atom seperti bola padat sederhana dapat mengalami kesulitan ketika mempelajari orbital dan konfigurasi elektron. Peserta didik yang menganggap ikatan kimia sebagai benda fisik yang menyimpan energi dapat salah memahami hubungan antara pemutusan ikatan, pembentukan ikatan, dan perubahan entalpi. Peserta didik yang menyamakan reaksi eksoterm dengan reaksi yang selalu berlangsung spontan akan mengalami kesulitan membedakan aspek termodinamika dan kinetika. Demikian pula, peserta didik yang menganggap kesetimbangan kimia sebagai keadaan ketika reaksi berhenti akan kesulitan memahami kesetimbangan dinamis.

Permasalahan tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan pembelajaran kimia tidak dapat diukur hanya melalui kemampuan peserta didik menghasilkan jawaban numerik yang benar. Peserta didik dapat menyelesaikan perhitungan kimia dengan menggunakan algoritma yang dihafalkan tanpa memahami makna konsep yang mendasarinya. Sebaliknya, peserta didik juga dapat memahami sebagian konsep, tetapi melakukan kesalahan dalam prosedur matematika. Oleh karena itu, penilaian pembelajaran kimia harus mampu membedakan antara pemahaman konseptual, kemampuan prosedural, ketidaktahuan, kesalahan sesaat, dan miskonsepsi.

Buku Miskonsepsi Konsep Kimia SMA: Identifikasi, Analisis Penyebab, Diagnosis, dan Strategi Remediasi dalam Pembelajaran Kimia disusun sebagai upaya menyediakan rujukan yang sistematis dan komprehensif mengenai persoalan miskonsepsi dalam pembelajaran kimia. Buku ini tidak hanya menginventarisasi kesalahan konsep yang sering ditemukan pada peserta didik, tetapi juga membahas landasan teoretis, sumber pembentukan miskonsepsi, metode diagnosis, pendekatan penelitian, serta strategi perubahan konseptual yang dapat diterapkan dalam pembelajaran.

Pembahasan buku berangkat dari pandangan bahwa peserta didik bukan penerima informasi yang pasif. Sebelum mengikuti pembelajaran formal, mereka telah memiliki pengalaman, pengetahuan awal, intuisi, cara berpikir, dan model mental tertentu. Pengetahuan baru dipahami melalui interaksi dengan struktur pengetahuan yang telah dimiliki. Apabila pengetahuan awal tersebut sesuai dengan konsep ilmiah, proses pembelajaran dapat memperluas dan memperkuat pemahaman. Namun, apabila pengetahuan awal bertentangan dengan konsep ilmiah, pembelajaran tidak cukup dilakukan dengan menyampaikan informasi yang benar. Guru perlu terlebih dahulu mengidentifikasi cara peserta didik berpikir, mengungkap alasan di balik jawabannya, dan merancang pengalaman belajar yang memungkinkan terjadinya rekonstruksi konseptual.

Atas dasar itu, diagnosis miskonsepsi ditempatkan sebagai salah satu bagian utama buku ini. Diagnosis diperlukan karena guru tidak dapat memperbaiki konsepsi yang belum diketahui keberadaannya. Tes hasil belajar biasa umumnya hanya memperlihatkan apakah jawaban peserta didik benar atau salah. Instrumen diagnostik berusaha menggali lebih dalam dengan memperhatikan jawaban, alasan, tingkat keyakinan, bentuk representasi, pola penalaran, dan konsistensi respons peserta didik.

Buku ini membahas berbagai instrumen diagnosis, seperti tes pilihan ganda beralasan, tes diagnostik dua tingkat, tiga tingkat, empat tingkat, dan lima tingkat, *Certainty of Response Index*, wawancara klinis, peta konsep, tes terbuka, teknik *Predict–Observe–Explain*, gambar partikel, analisis kesalahan, serta protokol berpikir lantang. Pembahasan setiap instrumen diarahkan tidak hanya pada bentuk dan prosedur penggunaannya, tetapi juga pada kekuatan, keterbatasan, validitas interpretasi, dan kesesuaiannya dengan tujuan diagnosis.

Kesenjangan penting dalam praktik pembelajaran kimia adalah belum terhubungnya hasil diagnosis dengan tindakan remediasi yang terencana. Dalam banyak keadaan, tes diagnostik

hanya digunakan untuk menyatakan persentase peserta didik yang mengalami miskonsepsi. Hasil tersebut belum selalu diterjemahkan menjadi perbaikan pembelajaran. Padahal, tujuan utama diagnosis bukan sekadar memberi label kepada peserta didik, melainkan menyediakan informasi untuk menentukan intervensi yang sesuai.

Oleh karena itu, buku ini menempatkan diagnosis dan remediasi sebagai satu rangkaian yang tidak terpisahkan. Setelah pola miskonsepsi ditemukan, guru perlu menelusuri kemungkinan sumbernya, menentukan konsep prasyarat yang belum dikuasai, memilih representasi yang tepat, merancang konflik kognitif yang produktif, memberikan pengalaman empiris, serta memfasilitasi peserta didik dalam membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan ilmiah.

Remediasi miskonsepsi tidak dapat dilaksanakan dengan sekadar mengatakan bahwa jawaban peserta didik salah. Koreksi langsung yang tidak disertai argumentasi, bukti, visualisasi, dan kesempatan melakukan rekonstruksi pengetahuan sering kali hanya menghasilkan perubahan jawaban di permukaan. Peserta didik mungkin mampu memilih jawaban yang diharapkan guru, tetapi tetap mempertahankan model mental sebelumnya. Dalam situasi lain, konsepsi ilmiah dan miskonsepsi dapat hidup berdampingan, kemudian digunakan secara bergantian sesuai konteks pertanyaan.

Buku ini karena itu membahas berbagai pendekatan perubahan konseptual, antara lain konflik kognitif, *conceptual change text*, *refutational text*, analogi jembatan, multipel representasi, model partikel, simulasi, praktikum, demonstrasi diskrepansi, *Predict–Observe–Explain*, inkuiri, pembelajaran berbasis masalah, pembelajaran berbasis proyek, diskusi argumentatif, pengajaran teman sebaya, asesmen formatif, dan refleksi metakognitif. Setiap strategi perlu digunakan secara selektif berdasarkan karakter konsep, bentuk miskonsepsi, kesiapan peserta didik, dan konteks pembelajaran.

Salah satu perhatian utama dalam buku ini adalah pentingnya mengintegrasikan tiga tingkat representasi kimia, yaitu makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Pada tingkat makroskopik, peserta didik mengamati warna, suhu, endapan, gas, perubahan wujud, daya hantar listrik, dan berbagai fenomena yang dapat ditangkap oleh indera. Pada tingkat submikroskopik, fenomena tersebut dijelaskan melalui atom, ion, molekul, elektron, tumbukan partikel, interaksi antarmolekul, dan perubahan struktur. Pada tingkat simbolik, konsep dikomunikasikan melalui lambang unsur, rumus kimia, persamaan reaksi, grafik, diagram, persamaan matematis, dan notasi lainnya.

Kesulitan muncul ketika peserta didik tidak mampu menghubungkan ketiga tingkat tersebut. Persamaan reaksi dapat dianggap sebagai susunan huruf dan angka tanpa hubungan dengan perubahan partikel. Gambar molekul dapat dipahami sebagai bentuk nyata atom dengan warna dan ukuran yang persis seperti ilustrasi. Koefisien reaksi dapat disamakan dengan indeks dalam rumus kimia. Nilai pH dapat diperlakukan sekadar sebagai hasil operasi logaritma tanpa pemahaman mengenai konsentrasi ion. Karena itu, kemampuan berpindah dan menerjemahkan antartingkat representasi menjadi salah satu indikator penting pemahaman konseptual kimia.

Selain membahas fondasi teoretis dan metodologis, buku ini memetakan miskonsepsi pada materi kimia SMA kelas X, XI, dan XII. Pemetaan meliputi hakikat materi, struktur atom, sistem periodik unsur, ikatan kimia, stoikiometri, termokimia, laju reaksi, kesetimbangan, larutan, asam-basa, kesetimbangan ion, reaksi redoks, elektrokimia, kimia unsur, dan kimia organik. Pada setiap pokok bahasan akan dianalisis bentuk miskonsepsi, kemungkinan penyebabnya, gejala yang dapat diamati, cara diagnosis, dan alternatif remediasinya.

Pemetaan berdasarkan pokok bahasan diperlukan agar buku ini dapat digunakan secara praktis oleh guru. Sebelum mengajarkan suatu materi, guru dapat mengidentifikasi miskonsepsi potensial yang mungkin telah dimiliki peserta didik. Selama pembelajaran, guru dapat menggunakan pertanyaan diagnostik untuk memantau perkembangan konsepsi. Setelah pembelajaran, guru dapat menilai apakah peserta didik telah mengalami perubahan konseptual atau hanya menghafal jawaban yang dianggap benar.

Buku ini juga memberikan perhatian terhadap kemungkinan miskonsepsi pada guru dan calon guru. Guru tidak selalu bebas dari kesalahan konseptual. Penyederhanaan materi, penggunaan istilah yang kurang tepat, analogi yang berlebihan, gambar yang menyesatkan, atau ketergantungan pada prosedur algoritmik dapat secara tidak sengaja memperkuat miskonsepsi peserta didik. Oleh sebab itu, penguasaan materi kimia perlu dipadukan dengan *pedagogical content knowledge*, terutama pengetahuan mengenai cara peserta didik memahami suatu konsep, kesulitan yang lazim muncul, representasi yang efektif, dan strategi untuk memperbaiki pemahaman.

Perkembangan teknologi digital turut mengubah lanskap pembelajaran dan diagnosis miskonsepsi. Simulasi interaktif, laboratorium virtual, visualisasi molekul, augmented reality, pemodelan komputasi, sistem asesmen digital, dan kecerdasan artifisial menyediakan peluang untuk menampilkan proses kimia yang tidak dapat diamati secara langsung. Teknologi dapat membantu peserta didik menghubungkan fenomena nyata dengan model partikel dan representasi simbolik.

Meskipun demikian, teknologi bukan jaminan otomatis bagi terbentuknya pemahaman yang benar. Visualisasi yang tidak akurat, animasi yang terlalu sederhana, skala yang menyesatkan, atau jawaban kecerdasan artifisial yang tidak diverifikasi dapat menciptakan miskonsepsi baru. Teknologi perlu digunakan berdasarkan tujuan konseptual yang jelas, disertai pengajaran guru, pertanyaan reflektif, dan verifikasi terhadap pengetahuan ilmiah yang dapat dipertanggungjawabkan.

Buku ini juga dilandasi kesadaran bahwa penelitian mengenai miskonsepsi kimia di Indonesia masih memerlukan penguatan dalam beberapa aspek. Banyak penelitian berfokus pada pengukuran persentase miskonsepsi dalam satu topik dan satu kelompok peserta didik. Penelitian semacam itu tetap penting sebagai pemetaan awal, tetapi kajian berikutnya perlu bergerak menuju analisis mekanisme pembentukan miskonsepsi, hubungan antarkonsep, perubahan konseptual jangka panjang, validasi lintas konteks, serta pengembangan intervensi yang dapat diterapkan secara berkelanjutan.

Kebutuhan lain adalah pengembangan basis data miskonsepsi kimia yang sesuai dengan konteks pendidikan Indonesia. Bahasa pengantar, karakter buku teks, urutan kurikulum, budaya kelas, pengalaman laboratorium, dan latar belakang sosial peserta didik dapat memengaruhi bentuk konsepsi yang berkembang. Basis data tersebut dapat menjadi rujukan bagi guru, pengembang kurikulum, penulis buku, penyusun asesmen, dan peneliti dalam merancang pembelajaran yang lebih responsif terhadap cara berpikir peserta didik.

Kebaruan buku ini terletak pada integrasi antara kajian teoretis, pemetaan konsep kimia SMA, metodologi diagnosis, strategi remediasi, teknologi pembelajaran, kompetensi guru, studi kasus, dan agenda penelitian. Buku tidak diarahkan hanya sebagai kumpulan hasil penelitian, tetapi sebagai kerangka kerja yang membantu pembaca bergerak dari pertanyaan “miskonsepsi apa yang terjadi?” menuju pertanyaan yang lebih mendalam: “mengapa miskonsepsi itu terbentuk, bagaimana membuktikan keberadaannya, bagaimana memperbaikinya, dan bagaimana mencegahnya muncul kembali?”

Secara umum, buku ini memiliki beberapa tujuan utama. Pertama, membangun pemahaman yang tepat mengenai hakikat miskonsepsi dalam pembelajaran kimia. Kedua, menjelaskan karakteristik konsep kimia yang membuatnya rentan disalahpahami. Ketiga, menyediakan panduan untuk mengembangkan dan menggunakan instrumen diagnostik. Keempat, memetakan bentuk-bentuk miskonsepsi pada berbagai konsep kimia SMA. Kelima, menyajikan alternatif strategi perubahan konseptual. Keenam, membantu guru merancang pembelajaran yang dapat mencegah dan meremediasi miskonsepsi. Ketujuh, memberikan arah bagi pengembangan penelitian pendidikan kimia.

Buku ini ditujukan terutama kepada guru kimia, mahasiswa Pendidikan Kimia, dosen, peneliti, pengembang kurikulum, penulis bahan ajar, pengembang asesmen, serta praktisi teknologi pembelajaran. Guru dapat menggunakannya untuk mengenali pola kesulitan peserta didik dan merancang tindakan pembelajaran. Mahasiswa dapat memanfaatkannya untuk memahami hubungan antara konten kimia dan pedagogi. Peneliti dapat menjadikannya sebagai pijakan dalam merancang instrumen, intervensi, maupun penelitian perubahan konseptual. Pengembang kurikulum dan bahan ajar dapat menggunakannya untuk mengevaluasi ketepatan urutan konsep, istilah, ilustrasi, dan aktivitas pembelajaran.

Struktur buku dibagi ke dalam enam bagian utama. Bagian pertama membahas landasan konseptual dan teoretis mengenai konsep, konsepsi, miskonsepsi, karakter pengetahuan kimia, teori perubahan konseptual, serta sumber miskonsepsi. Bagian kedua membahas prinsip diagnosis, instrumen diagnostik, dan metodologi penelitian. Bagian ketiga, keempat, dan kelima memetakan miskonsepsi berdasarkan materi kimia kelas X, XI, dan XII. Bagian keenam membahas strategi remediasi, teknologi pembelajaran, perancangan pembelajaran, kompetensi guru, studi kasus, dan arah penelitian masa depan.

Setiap bab dirancang untuk menghubungkan teori dengan praktik. Pembahasan konseptual dilengkapi contoh, bentuk kesalahan yang sering terjadi, kemungkinan pola penalaran peserta didik, metode diagnosis, serta implikasi pembelajaran. Buku ini tidak dimaksudkan untuk

memberikan satu resep yang berlaku bagi seluruh peserta didik. Miskonsepsi dapat bersifat kontekstual dan dipengaruhi oleh banyak faktor. Guru tetap perlu menafsirkan hasil diagnosis berdasarkan kondisi kelas, latar belakang peserta didik, tujuan pembelajaran, dan sumber daya yang tersedia.

Penulisan buku ini juga didasarkan pada prinsip bahwa kesalahan peserta didik harus diperlakukan sebagai sumber informasi pembelajaran, bukan semata-mata sebagai kegagalan. Respons yang salah dapat mengungkap bagaimana peserta didik mengorganisasi pengetahuan, menggunakan analogi, memahami representasi, atau menghubungkan pengalaman dengan konsep ilmiah. Dengan membaca alasan di balik kesalahan, guru memperoleh kesempatan untuk memasuki cara berpikir peserta didik dan merancang jembatan menuju pemahaman yang lebih ilmiah.

Pendekatan tersebut menuntut perubahan budaya pembelajaran. Kelas kimia perlu menjadi ruang yang aman bagi peserta didik untuk mengemukakan gagasan, membuat prediksi, mempertahankan alasan, menguji bukti, dan merevisi kesimpulan. Apabila peserta didik takut salah, konsepsi awal mereka cenderung tersembunyi dan sulit didiagnosis. Sebaliknya, diskusi yang terbuka memungkinkan guru mengidentifikasi pola berpikir sebelum miskonsepsi semakin mengakar.

Dalam perspektif yang lebih luas, perbaikan miskonsepsi tidak hanya berhubungan dengan peningkatan nilai akademik. Pemahaman kimia yang benar diperlukan untuk mengambil keputusan mengenai kesehatan, pangan, lingkungan, energi, bahan, obat-obatan, limbah, perubahan iklim, dan teknologi. Masyarakat yang memahami konsep kimia secara tepat akan lebih mampu menilai informasi, membedakan bukti dari klaim, dan mengambil keputusan yang bertanggung jawab.

Ilmu pengetahuan juga mengajarkan kerendahan hati intelektual. Model dan teori ilmiah dikembangkan untuk menjelaskan bukti yang tersedia, diuji secara kritis, dan disempurnakan ketika muncul data baru. Sikap tersebut relevan dalam pembelajaran miskonsepsi. Mengubah konsepsi bukan berarti mempermalukan peserta didik karena pernah salah, melainkan melatih keberanian untuk mengevaluasi keyakinan berdasarkan bukti dan penalaran.

Semangat menuntut ilmu dan melakukan verifikasi juga memiliki landasan yang kuat dalam nilai-nilai Islam. Allah Swt. berfirman:

وَلَا تَقْفُ مَا لَيْسَ لَكَ بِهِ عِلْمٌ إِنَّ السَّمْعَ وَالْبَصَرَ وَالْفُؤَادَ كُلُّ أُولَئِكَ كَانَ عَنْهُ مَسْئُولًا

“Janganlah engkau mengikuti sesuatu yang tidak engkau ketahui. Sesungguhnya pendengaran, penglihatan, dan hati nurani, semua itu akan diminta pertanggungjawabannya.” QS Al-Isrā’ [17]: 36

Ayat tersebut menegaskan pentingnya dasar pengetahuan, penggunaan indera, penalaran, serta pertanggungjawaban intelektual. Dalam konteks pembelajaran kimia, peserta didik tidak cukup hanya menerima informasi, tetapi perlu menguji, memahami, dan mempertanggungjawabkan alasan di balik kesimpulannya.

Allah Swt. juga berfirman:

فَاسْأَلُوا أَهْلَ الذِّكْرِ إِنْ كُنْتُمْ لَا تَعْلَمُونَ

“Maka bertanyalah kepada orang yang mempunyai pengetahuan jika kamu tidak mengetahui.” QS An-Nahl [16]: 43

Ayat ini mengandung prinsip penting bahwa ketidaktahuan bukanlah keadaan yang memalukan selama diikuti kemauan bertanya, belajar, dan mencari penjelasan yang dapat dipercaya. Dalam pembelajaran, guru perlu membantu peserta didik menyadari batas pengetahuannya dan membangun kebiasaan melakukan klarifikasi.

Melalui buku ini, diharapkan pembaca memperoleh pemahaman bahwa pengajaran kimia yang bermutu bukan sekadar menyelesaikan target materi, tetapi membantu peserta didik membangun struktur pengetahuan yang koheren, dapat digunakan untuk menjelaskan fenomena, dan tahan terhadap perubahan konteks. Pembelajaran yang demikian memerlukan diagnosis berkelanjutan, representasi yang tepat, pengalaman empiris, dialog argumentatif, refleksi, dan evaluasi kritis.

Penulis menyadari bahwa pembahasan tentang miskonsepsi kimia sangat luas dan terus berkembang. Setiap penelitian baru dapat mengungkap pola konsepsi, instrumen, atau pendekatan remediasi yang sebelumnya belum dipahami. Oleh karena itu, buku ini hendaknya dipandang sebagai fondasi yang terbuka untuk dikritik, diuji, diperluas, dan disempurnakan.

Penghargaan disampaikan kepada para pendidik, peneliti, mahasiswa, dan peserta didik yang melalui pertanyaan, kesulitan, kesalahan, serta refleksinya telah memperkaya pemahaman tentang kompleksitas belajar kimia. Kesediaan untuk menelaah kesalahan secara jujur merupakan bagian penting dari kemajuan ilmu dan pendidikan.

Semoga buku ini memberikan manfaat bagi peningkatan kualitas pembelajaran kimia, pengembangan kompetensi guru, penguatan penelitian pendidikan kimia, dan pembentukan generasi yang mampu berpikir ilmiah, kritis, terbuka terhadap bukti, serta bertanggung jawab dalam menggunakan ilmu pengetahuan.

Semarang, Juli 2026



Kasmui

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	3
DAFTAR ISI.....	10
BAGIAN I	49
LANDASAN KONSEPTUAL MISKONSEPSI DALAM PEMBELAJARAN KIMIA	49
BAB 1.....	50
KONSEP, KONSEPSI, DAN MISKONSEPSI	50
1.1 Hakikat Konsep dalam Ilmu Kimia	51
1.1.1 Konsep sebagai Instrumen Berpikir	51
1.1.2 Perbedaan antara Istilah, Definisi, dan Konsep	52
1.1.3 Perkembangan Pandangan tentang Konsep	53
1.1.4 Struktur Dasar Suatu Konsep	54
1.1.5 Konsep sebagai Bagian dari Jaringan Proposisi.....	55
1.1.6 Karakter Khusus Konsep Kimia	56
1.1.7 Konsep, Fakta, Hukum, Model, Prinsip, dan Teori	60
1.1.8 Atribut Kritis, Contoh, dan Noncontoh.....	62
1.1.9 Batas Konsep dan Konteks Penggunaan.....	63
1.1.10 Pengetahuan Konseptual dan Pengetahuan Prosedural	63
1.1.11 Pembentukan Konsep Kimia dalam Pikiran Peserta Didik	64
1.1.12 Contoh Analisis Konsep: “Keseimbangan Kimia”	65
1.1.13 Peran Bahasa dalam Konsep Kimia	67
1.1.14 Analisis Kritis terhadap Penyederhanaan Konsep	68
1.1.15 Implikasi bagi Perencanaan Pembelajaran Kimia	68
1.1.16 Contoh Penerapan Analisis Konsep di Kelas	70
1.1.17 Konsep Kimia sebagai Hasil Konstruksi Ilmiah dan Konstruksi Belajar	71
1.1.18 Sintesis	71
1.2 Konsepsi Peserta Didik	72
1.2.1 Pengertian Konsepsi Peserta Didik	72
1.2.2 Latar Historis Kajian Konsepsi Peserta Didik	74

1.2.3 Perbedaan Konsep, Konsepsi, Pengetahuan Awal, dan Model Mental	75
1.2.4 Perspektif Konstruktivisme	77
1.2.5 Konsepsi sebagai Bagian dari Ekologi Konseptual	78
1.2.6 Konsepsi sebagai Kerangka Teori Naif	78
1.2.7 Perspektif Ontologis	79
1.2.8 Konsepsi sebagai Pengetahuan yang Koheren atau Terfragmentasi	80
1.2.9 Konsepsi Bersifat Kontekstual	81
1.2.10 Konsepsi Eksplisit dan Implisit	82
1.2.11 Konsepsi Parsial, Sintetik, dan Hibrida	83
1.2.12 Cara Konsepsi Kimia Terbentuk	85
1.2.13 Contoh Konsepsi Peserta Didik dalam Berbagai Topik Kimia	86
1.2.14 Konsepsi dan Tingkat Keyakinan	89
1.2.15 Konsepsi yang Terekspresikan dan Konsepsi yang Dimiliki	90
1.2.16 Konsepsi sebagai Sumber Daya, Bukan Hanya Kekurangan	91
1.2.17 Konsepsi dan Cara Peserta Didik Memandang Belajar Kimia.....	92
1.2.18 Analisis Kritis terhadap Penggunaan Istilah “Konsepsi Peserta Didik”	93
1.2.19 Implikasi bagi Pembelajaran Kimia SMA	94
1.2.20 Contoh Aplikasi: Mengungkap Konsepsi tentang Pelarutan	95
1.2.21 Contoh Aplikasi: Mengungkap Konsepsi tentang Ikatan dan Energi.....	96
1.2.22 Sintesis	97
1.3 Pengertian Miskonsepsi	98
1.3.1 Mengapa Miskonsepsi Perlu Didefinisikan secara Cermat?	98
1.3.2 Definisi Dasar Miskonsepsi	99
1.3.3 Perkembangan Historis Kajian Miskonsepsi.....	101
1.3.4 Miskonsepsi dan Ragam Istilah yang Berdekatan	103
1.3.5 Kriteria Utama Miskonsepsi	105
1.3.6 Membedakan Miskonsepsi dari Ketidaktahuan	107
1.3.7 Membedakan Miskonsepsi dari Kesalahan Faktual.....	108
1.3.8 Membedakan Miskonsepsi dari Kekeliruan atau <i>Slip</i>	108
1.3.9 Membedakan Miskonsepsi dari Kesalahan Prosedural	109
1.3.10 Membedakan Miskonsepsi dari Pengetahuan Parsial	110
1.3.11 Membedakan Miskonsepsi dari Kesalahan Bahasa	111

1.3.12 Membedakan Miskonsepsi dari Model yang Disederhanakan	112
1.3.13 Bentuk-Bentuk Miskonsepsi	112
1.3.14 Miskonsepsi sebagai Kerangka yang Terorganisasi	115
1.3.15 Miskonsepsi sebagai Potongan Pengetahuan yang Kontekstual.....	115
1.3.16 Konsistensi dan Ketergantungan pada Konteks	116
1.3.17 Tingkat Keyakinan dan Miskonsepsi.....	117
1.3.18 Ketahanan Miskonsepsi	117
1.3.19 Contoh Analisis: “Pemutusan Ikatan Melepaskan Energi”	118
1.3.20 Contoh Analisis: “Asam Kuat Berarti Asam Pekat”	120
1.3.21 Contoh Analisis: “Pada Keseimbangan Jumlah Kedua Sisi Sama”	120
1.3.22 Contoh Analisis: “Senyawa Ionik Terdiri atas Molekul”	121
1.3.23 Miskonsepsi pada Guru, Buku Teks, dan Sistem Pembelajaran	122
1.3.24 Diagnosis Miskonsepsi sebagai Proses Inferensi.....	123
1.3.25 Risiko Pelabelan Miskonsepsi	125
1.3.26 Miskonsepsi sebagai Hambatan dan Sumber Belajar.....	125
1.3.27 Kerangka Operasional Identifikasi Miskonsepsi.....	126
1.3.28 Implikasi bagi Guru Kimia	127
1.3.29 Implikasi bagi Pengembangan Instrumen	128
1.3.30 Implikasi bagi Penelitian Miskonsepsi.....	129
1.3.31 Sintesis Konseptual	130
1.4 Karakteristik Miskonsepsi	131
1.4.1 Miskonsepsi sebagai Struktur Pemahaman yang Memiliki Ciri Khas.....	131
1.4.2 Miskonsepsi Terasa Masuk Akal bagi Peserta Didik.....	132
1.4.3 Miskonsepsi Merupakan Hasil Konstruksi, Bukan Sekadar Kekosongan Pengetahuan.....	133
1.4.4 Miskonsepsi Dapat Bersifat Sistematis dan Terorganisasi	135
1.4.5 Miskonsepsi Tidak Selalu Koheren dan Konsisten	136
1.4.6 Miskonsepsi Bergantung pada Konteks.....	137
1.4.7 Miskonsepsi Bergantung pada Bentuk Representasi.....	138
1.4.8 Miskonsepsi Memiliki Daya Generatif.....	139
1.4.9 Miskonsepsi Cenderung Bertahan terhadap Pengajaran Biasa.....	141
1.4.10 Miskonsepsi Dapat Muncul Kembali	142

1.4.11 Miskonsepsi Dapat Bersifat Implisit	143
1.4.12 Miskonsepsi Sering Disertai Tingkat Keyakinan Tertentu	144
1.4.13 Miskonsepsi Dapat Tersembunyi di Balik Jawaban Benar	145
1.4.14 Miskonsepsi Dapat Dimiliki Bersama oleh Banyak Peserta Didik	146
1.4.15 Miskonsepsi Dipengaruhi Bahasa dan Metafora	147
1.4.16 Miskonsepsi Dapat Diperkuat oleh Pembelajaran dan Asesmen.....	148
1.4.17 Miskonsepsi Bersifat Hierarkis dan Dapat Menjalar	149
1.4.18 Miskonsepsi Dapat Melibatkan Kesalahan Ontologis.....	150
1.4.19 Miskonsepsi Dapat Bersifat Teleologis dan Antropomorfis.....	151
1.4.20 Miskonsepsi Berinteraksi dengan Motivasi dan Pandangan tentang Pengetahuan	152
1.4.21 Miskonsepsi Tidak Identik dengan Kemampuan Rendah	153
1.4.22 Spektrum Kekuatan Miskonsepsi	154
1.4.23 Contoh Terpadu Karakteristik Miskonsepsi dalam Kimia SMA.....	155
1.4.24 Analisis Kritis: Apakah Semua Miskonsepsi Benar-Benar Stabil?	156
1.4.25 Implikasi bagi Diagnosis	157
1.4.26 Implikasi bagi Strategi Remediasi	158
1.4.27 Implikasi bagi Kurikulum dan Bahan Ajar	159
1.4.28 Implikasi bagi Kompetensi Guru	160
1.4.29 Sintesis Karakteristik Miskonsepsi	161
1.5 Prakonsepsi dan Konsepsi Alternatif	162
1.5.1 Pentingnya Membedakan Istilah	162
1.5.2 Pengertian Prakonsepsi.....	163
1.5.3 Prakonsepsi Tidak Selalu Salah	164
1.5.4 Pengertian Konsepsi Alternatif	166
1.5.5 Mengapa Istilah “Konsepsi Alternatif” Digunakan?	166
1.5.6 Hubungan antara Prakonsepsi, Konsepsi Alternatif, dan Miskonsepsi	167
1.5.7 Perkembangan Historis Terminologi.....	168
1.5.8 Prakonsepsi sebagai Bagian dari Pengetahuan Awal.....	169
1.5.9 Sumber Prakonsepsi dalam Pembelajaran Kimia	171
1.5.10 Konsepsi Alternatif sebagai Model Sintetik	172
1.5.11 Konsepsi Alternatif sebagai Sumber Daya Kognitif.....	173

1.5.12	Konsepsi Alternatif yang Bersifat Lokal dan Terorganisasi	174
1.5.13	Contoh Prakonsepsi dan Konsepsi Alternatif tentang Materi	175
1.5.14	Contoh Prakonsepsi dan Konsepsi Alternatif tentang Pelarutan	176
1.5.15	Contoh Prakonsepsi dan Konsepsi Alternatif tentang Struktur Atom	177
1.5.16	Contoh Prakonsepsi dan Konsepsi Alternatif tentang Ikatan Kimia	178
1.5.17	Contoh Prakonsepsi dan Konsepsi Alternatif tentang Asam-Basa	179
1.5.18	Contoh Prakonsepsi dan Konsepsi Alternatif tentang Keseimbangan	180
1.5.19	Contoh Prakonsepsi dan Konsepsi Alternatif tentang Termokimia	181
1.5.20	Konsepsi Alternatif yang Dibentuk oleh Pengajaran Formal	182
1.5.21	Peran Bahasa dalam Membentuk Konsepsi Alternatif	183
1.5.22	Dimensi Sosial dan Budaya Konsepsi Alternatif	184
1.5.23	Cara Mendiagnosis Prakonsepsi	185
1.5.24	Cara Mendiagnosis Konsepsi Alternatif setelah Pembelajaran	186
1.5.25	Strategi Menggunakan Prakonsepsi sebagai Titik Awal	187
1.5.26	Strategi Diferensiasi, Perluasan, dan Rekonstruksi	188
1.5.27	Contoh Rancangan Pembelajaran: Asam Kuat dan Asam Pekat	189
1.5.28	Contoh Rancangan Pembelajaran: Pemuaian Zat	190
1.5.29	Analisis Kritis terhadap Istilah “Alternatif”	191
1.5.30	Analisis Kritis terhadap Pandangan Penggantian Konsep	192
1.5.31	Implikasi bagi Guru Kimia	193
1.5.32	Implikasi bagi Kurikulum dan Bahan Ajar	194
1.5.33	Implikasi bagi Penelitian	194
1.5.34	Matriks Interpretasi Gagasan Awal	195
1.5.35	Sintesis	196
1.6	Tingkat Keyakinan terhadap Konsep	197
1.6.1	Keyakinan sebagai Dimensi Penting Pemahaman Konseptual	197
1.6.2	Definisi Tingkat Keyakinan terhadap Konsep	198
1.6.3	Keyakinan, Kepastian, dan Kepercayaan Diri	199
1.6.4	Hubungan Keyakinan dengan Metakognisi	201
1.6.5	Latar Historis Penggunaan Keyakinan dalam Diagnosis	202
1.6.6	Jenis-Jenis Penilaian Metakognitif	203
1.6.7	Sumber Keyakinan Peserta Didik	204

1.6.8 Kalibrasi antara Keyakinan dan Ketepatan	205
1.6.9 Indeks Bias Keyakinan	207
1.6.10 Diskriminasi Keyakinan	208
1.6.11 Empat Kombinasi Dasar Jawaban dan Keyakinan	208
1.6.12 Memasukkan Alasan ke dalam Analisis	210
1.6.13 <i>Certainty of Response Index</i>	211
1.6.14 Tes Diagnostik Tiga Tingkat	212
1.6.15 Tes Diagnostik Empat Tingkat	212
1.6.16 Keyakinan Tinggi pada Jawaban Salah: Miskonsepsi Kuat	214
1.6.17 Keyakinan Rendah pada Jawaban Benar	215
1.6.18 Keyakinan dan Jawaban Benar dengan Alasan Salah	215
1.6.19 Keyakinan dan Pemahaman Prosedural	216
1.6.20 Keyakinan dan Tingkat Representasi Kimia	217
1.6.21 Keyakinan pada Topik Asam-Basa	218
1.6.22 Keyakinan pada Topik Kinetika Reaksi	219
1.6.23 Keyakinan pada Topik Redoks dan Elektrokimia	220
1.6.24 Keyakinan pada Topik Ikatan Kimia	220
1.6.25 Faktor yang Menyebabkan <i>Overconfidence</i>	221
1.6.26 Faktor yang Menyebabkan <i>Underconfidence</i>	222
1.6.27 Keterbatasan Menggunakan Keyakinan sebagai Indikator Miskonsepsi	223
1.6.28 Prinsip Pengembangan Skala Keyakinan	224
1.6.29 Contoh Instruksi Skala Keyakinan	225
1.6.30 Contoh Butir Diagnostik Empat Tingkat	226
1.6.31 Penggunaan Keyakinan dalam Asesmen Formatif	227
1.6.32 Profil Kelas Berdasarkan Keyakinan	228
1.6.33 Keyakinan sebagai Dasar Remediasi Diferensial	229
1.6.34 Pelatihan Kalibrasi Metakognitif	230
1.6.35 Contoh Lembar Refleksi Kalibrasi	231
1.6.36 Analisis Keyakinan pada Tingkat Butir	231
1.6.37 Analisis Keyakinan pada Tingkat Individu	232
1.6.38 Perubahan Keyakinan selama Pembelajaran	232
1.6.39 Keyakinan dan Konflik Kognitif	233

1.6.40 Analisis Kritis terhadap Gagasan “Semakin Yakin Semakin Paham”	234
1.6.41 Analisis Kritis terhadap Ambang Keyakinan Tinggi	235
1.6.42 Etika Penggunaan Data Keyakinan	235
1.6.43 Implikasi bagi Guru Kimia	236
1.6.44 Implikasi bagi Peserta Didik	237
1.6.45 Implikasi bagi Pengembangan Instrumen Diagnostik	237
1.6.46 Implikasi bagi Penelitian Miskonsepsi	238
1.6.47 Contoh Analisis Terpadu	239
1.6.48 Sintesis	240
1.7 Miskonsepsi Individual dan Miskonsepsi Kolektif	241
1.7.1 Miskonsepsi Tidak Hanya Berada di Dalam Pikiran Individu	241
1.7.2 Pengertian Miskonsepsi Individual	242
1.7.3 Pengertian Miskonsepsi Kolektif	243
1.7.4 Perbedaan Miskonsepsi Individual dan Kolektif	244
1.7.5 Prevalensi Tidak Selalu Sama dengan Kolektivitas	245
1.7.6 Landasan Teoretis: Konstruktivisme Personal dan Sosial	246
1.7.7 Sumber Miskonsepsi Individual	247
1.7.8 Sumber Miskonsepsi Kolektif	248
1.7.9 Akal Sehat sebagai Sumber Pola Kolektif	249
1.7.10 Miskonsepsi Kolektif dalam Diskursus Kelas	250
1.7.11 Peran Pertanyaan Guru	251
1.7.12 Peran Teman Sebaya dan Konsensus Kelompok	252
1.7.13 Miskonsepsi Individual Dapat Menjadi Kolektif	253
1.7.14 Miskonsepsi Kolektif Dapat Diinternalisasi Individu	254
1.7.15 Miskonsepsi Kolektif Tidak Berarti Homogenitas	254
1.7.16 Subkelompok Konseptual dalam Kelas	255
1.7.17 Contoh Miskonsepsi Kolektif tentang Sifat Partikulat Materi	256
1.7.18 Contoh Miskonsepsi Kolektif tentang Ikatan Kimia	257
1.7.19 Contoh Miskonsepsi Kolektif tentang Laju Reaksi	258
1.7.20 Contoh Miskonsepsi Kolektif tentang Keseimbangan	258
1.7.21 Contoh Miskonsepsi Kolektif tentang Asam-Basa	259
1.7.22 Contoh Miskonsepsi Kolektif tentang Larutan	260

1.7.23 Miskonsepsi Kolektif Lintas Jenjang	261
1.7.24 Peran Guru dalam Membentuk atau Memperbaiki Pola Kolektif.....	261
1.7.25 Peran Buku Teks dan Bahan Ajar	262
1.7.26 Peran Asesmen dalam Memperkuat Miskonsepsi Kolektif	263
1.7.27 Diagnosis Miskonsepsi Individual	264
1.7.28 Diagnosis Miskonsepsi Kolektif	265
1.7.29 Matriks Diagnosis Kelas	266
1.7.30 Analisis Jaringan Konsepsi Kelas.....	266
1.7.31 Remediasi Individual	267
1.7.32 Remediasi Kolektif.....	268
1.7.33 Contoh Remediasi Kolektif: Pemutusan Ikatan dan Energi	268
1.7.34 Contoh Remediasi Kolektif: Asam Kuat dan Pekat	269
1.7.35 Peran Diskusi Argumentatif	270
1.7.36 Risiko Mengandalkan Koreksi Teman Sebaya	271
1.7.37 Miskonsepsi Kolektif dan Budaya Kelas	271
1.7.38 Miskonsepsi Kolektif dan Kebijakan Kurikulum	272
1.7.39 Miskonsepsi Kolektif dan Pendidikan Guru	273
1.7.40 Analisis Kritis terhadap Istilah “Miskonsepsi Kolektif”	274
1.7.41 Implikasi Metodologis bagi Penelitian	275
1.7.42 Model Interaksi Individual–Kolektif	276
1.7.43 Contoh Studi Kasus Kelas: Katalis dan Keseimbangan	276
1.7.44 Contoh Studi Kasus Kelas: Senyawa Ionik sebagai Molekul	278
1.7.45 Implikasi bagi Pembelajaran Kimia SMA	279
1.7.46 Implikasi bagi Asesmen.....	279
1.7.47 Implikasi Etis.....	280
1.7.48 Sintesis	281
1.8 Dampak Miskonsepsi terhadap Pembelajaran Lanjutan	282
1.8.1 Pembelajaran Kimia Bersifat Kumulatif dan Saling Bergantung.....	282
1.8.2 Pengertian Dampak terhadap Pembelajaran Lanjutan	283
1.8.3 Landasan Historis: dari Penambahan Informasi menuju Perubahan Konseptual	284
1.8.4 Efek Rantai dan Efek Kaskade	285
1.8.5 Konsep Ambang dan Hambatan Konseptual.....	286

1.8.6 Pengetahuan Baru Dapat Diasimilasikan ke dalam Kerangka yang Salah	287
1.8.7 Fragmentasi dan Lemahnya Organisasi Pengetahuan	288
1.8.8 Miskonsepsi Tersembunyi di Balik Keberhasilan Algoritmik	289
1.8.9 Dampak terhadap Transfer Pengetahuan.....	290
1.8.10 Dampak terhadap Koordinasi Representasi.....	291
1.8.11 Rantai Dampak dari Sifat Partikulat Materi	292
1.8.12 Rantai Dampak dari Struktur Atom dan Sistem Periodik	293
1.8.13 Rantai Dampak dari Miskonsepsi Ikatan Kimia.....	294
1.8.14 Rantai Dampak dari Konsep Mol dan Stoikiometri	296
1.8.15 Rantai Dampak dari Termokimia	297
1.8.16 Rantai Dampak dari Laju Reaksi	298
1.8.17 Rantai Dampak dari Keseimbangan Kimia	299
1.8.18 Rantai Dampak dari Asam-Basa	300
1.8.19 Rantai Dampak dari Redoks menuju Elektrokimia	301
1.8.20 Dampak terhadap Hubungan Struktur–Sifat.....	302
1.8.21 Dampak pada Kimia Organik	303
1.8.22 Dampak pada Pemecahan Masalah	304
1.8.23 Dampak terhadap Beban Kognitif	305
1.8.24 Dampak Metakognitif	306
1.8.25 Dampak Afektif dan Motivasi	307
1.8.26 Dampak terhadap Perkembangan Identitas sebagai Pembelajar Sains.....	307
1.8.27 Dampak terhadap Pembelajaran Teman Sebaya	308
1.8.28 Dampak terhadap Guru dan Calon Guru	308
1.8.29 Dampak terhadap Kurikulum	309
1.8.30 Dampak terhadap Asesmen.....	310
1.8.31 Miskonsepsi sebagai Penyebab Kegagalan Transfer Vertikal.....	310
1.8.32 Miskonsepsi sebagai Penyebab Kegagalan Transfer Horizontal	311
1.8.33 Perbedaan Dampak Miskonsepsi Kuat dan Lemah	311
1.8.34 Miskonsepsi dan Sifat Emergen Kimia.....	312
1.8.35 Studi Kasus I: dari Miskonsepsi Ikatan menuju Kesalahan Termokimia dan Kinetika	313
1.8.36 Studi Kasus II: dari Miskonsepsi Keseimbangan menuju Kesalahan Asam-Basa.....	314

1.8.37 Studi Kasus III: dari Miskonsepsi Mol menuju Kesalahan Keseimbangan	315
1.8.38 Studi Kasus IV: dari Model Molekul Ionik menuju Kesalahan Elektrokimia	316
1.8.39 Dampak terhadap Keberlanjutan Pembelajaran di Perguruan Tinggi	317
1.8.40 Miskonsepsi Tidak Menentukan Masa Depan secara Mutlak	317
1.8.41 Diagnosis Sebelum Pembelajaran Lanjutan	318
1.8.42 Peta Ketergantungan Konsep	319
1.8.43 Prinsip Remediasi untuk Mencegah Dampak Lanjutan	320
1.8.44 Indikator Kesiapan untuk Melanjutkan Materi	321
1.8.45 Implikasi bagi Guru	322
1.8.46 Implikasi bagi Kurikulum	322
1.8.47 Implikasi bagi Asesmen	323
1.8.48 Implikasi bagi Penelitian	324
1.8.49 Analisis Kritis: Apakah Semua Kesulitan Lanjutan Disebabkan oleh Miskonsepsi?	324
1.8.50 Sintesis	325
1.9 Urgensi Diagnosis dan Remediasi Miskonsepsi	326
1.9.1 Miskonsepsi Tidak Cukup Diketahui, tetapi Harus Ditindaklanjuti	326
1.9.2 Pengertian Diagnosis Miskonsepsi	327
1.9.3 Pengertian Remediasi Miskonsepsi	329
1.9.4 Perkembangan Historis Diagnosis Miskonsepsi	330
1.9.5 Mengapa Diagnosis Harus Dilakukan Sebelum Pembelajaran?	331
1.9.6 Diagnosis Selama Pembelajaran	332
1.9.7 Diagnosis Setelah Pembelajaran	333
1.9.8 Diagnosis pada Tingkat Makroskopik, Submikroskopik, dan Simbolik	334
1.9.9 Instrumen Diagnosis yang Relevan	336
1.9.10 Kesalahan Umum dalam Diagnosis	338
1.9.11 Urgensi Pencegahan Miskonsepsi	339
1.9.12 Remediasi melalui Konflik Kognitif	341
1.9.13 Remediasi melalui Teks Perubahan Konseptual	341
1.9.14 Remediasi melalui Analogi yang Dibangun dan Dibatasi	342
1.9.15 Remediasi melalui Multipel Representasi	343
1.9.16 Remediasi melalui Model dan Pemodelan	344

1.9.17 Remediasi melalui Praktikum	345
1.9.18 Remediasi melalui Diskusi dan Argumentasi Ilmiah	346
1.9.19 Remediasi melalui Pertanyaan Sokratik	346
1.9.20 Remediasi melalui Contoh dan Noncontoh	347
1.9.21 Remediasi melalui Perbandingan Kontras	348
1.9.22 Remediasi melalui Teknologi dan Simulasi	349
1.9.23 Remediasi Berbasis Profil Peserta Didik	350
1.9.24 Peran Tingkat Keyakinan dalam Menentukan Remediasi	350
1.9.25 Peran Guru dalam Diagnosis dan Remediasi	351
1.9.26 Remediasi pada Tingkat Kelas dan Sistem	352
1.9.27 Risiko Remediasi yang Tidak Tepat	352
1.9.28 Kriteria Keberhasilan Remediasi	353
1.9.29 Contoh Siklus Diagnosis–Remediasi: Asam Kuat dan Asam Pekat	354
1.9.30 Contoh Siklus Diagnosis–Remediasi: Energi Ikatan	355
1.9.31 Contoh Siklus Diagnosis–Remediasi: Keseimbangan Dinamis	356
1.9.32 Diagnosis dan Remediasi dalam Pendidikan Kimia Organik	357
1.9.33 Urgensi Diagnosis pada Guru dan Calon Guru	357
1.9.34 Diagnosis sebagai Bagian dari Pembelajaran Berkeadilan	358
1.9.35 Pemanfaatan Kecerdasan Artifisial secara Kritis	359
1.9.36 Kerangka Operasional Diagnosis–Remediasi	359
1.9.37 Indikator Prioritas Remediasi	361
1.9.38 Analisis Kritis: Apakah Semua Miskonsepsi Harus Dihilangkan?	361
1.9.39 Implikasi bagi Perencanaan Pembelajaran	362
1.9.40 Implikasi bagi Asesmen	363
1.9.41 Implikasi bagi Kurikulum	363
1.9.42 Implikasi bagi Penelitian	364
1.9.43 Sintesis	364
1.10 Implikasi Kajian Miskonsepsi bagi Pembelajaran Kimia	366
1.10.1 Kajian Miskonsepsi Mengubah Cara Memandang Pembelajaran Kimia	366
1.10.2 Dari “Apa yang Harus Diajarkan?” menuju “Bagaimana Peserta Didik Memaknainya?”	367
1.10.3 Implikasi bagi Tujuan Pembelajaran	368

1.10.4 Implikasi bagi Analisis Konsep	369
1.10.5 Implikasi bagi Pengetahuan Pedagogis Guru	370
1.10.6 Implikasi bagi Peran Guru	372
1.10.7 Implikasi bagi Pembelajaran yang Berpusat pada Pengetahuan Awal	373
1.10.8 Implikasi bagi Pendekatan Perubahan Konseptual	374
1.10.9 Implikasi bagi Pemilihan Strategi Pembelajaran	375
1.10.10 Implikasi bagi Penggunaan Konflik Kognitif	376
1.10.11 Implikasi bagi Penggunaan Analogi	377
1.10.12 Implikasi bagi Representasi Kimia	378
1.10.13 Implikasi bagi Bahasa Kimia	379
1.10.14 Implikasi bagi Buku Teks dan Modul	380
1.10.15 Implikasi bagi Praktikum Kimia	381
1.10.16 Implikasi bagi Pembelajaran Berbasis Model	382
1.10.17 Implikasi bagi Pembelajaran Berbasis Inkuiri	383
1.10.18 Implikasi bagi Pembelajaran Berbasis Masalah dan Proyek	384
1.10.19 Implikasi bagi Diskusi Kelas	385
1.10.20 Implikasi bagi Asesmen Diagnostik	386
1.10.21 Implikasi bagi Asesmen Formatif	387
1.10.22 Implikasi bagi Asesmen Sumatif	388
1.10.23 Implikasi bagi Umpan Balik	389
1.10.24 Implikasi bagi Diferensiasi Pembelajaran	390
1.10.25 Implikasi bagi Urutan Pembelajaran	391
1.10.26 Implikasi bagi Progresi Belajar	391
1.10.27 Implikasi bagi Keterhubungan Antartopik	392
1.10.28 Implikasi bagi Pengembangan Berpikir Kimia	393
1.10.29 Implikasi bagi Literasi Kimia	394
1.10.30 Implikasi bagi Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi	395
1.10.31 Implikasi bagi Metakognisi Peserta Didik	395
1.10.32 Implikasi bagi Budaya Kelas	396
1.10.33 Implikasi bagi Pembelajaran Berkeadilan	397
1.10.34 Implikasi bagi Pendidikan Calon Guru	398
1.10.35 Implikasi bagi Pengembangan Profesional Guru	399

1.10.36 Implikasi bagi Kurikulum.....	400
1.10.37 Implikasi bagi Kebijakan Asesmen	401
1.10.38 Implikasi bagi Pengembangan Media Digital	401
1.10.39 Implikasi bagi Penggunaan Kecerdasan Artifisial	402
1.10.40 Implikasi bagi Penelitian Pendidikan Kimia	403
1.10.41 Implikasi bagi Validitas Penelitian	404
1.10.42 Implikasi bagi Hubungan Penelitian dan Praktik	405
1.10.43 Kerangka Implementasi di Sekolah	406
1.10.44 Contoh Implementasi pada Topik Ikatan Kimia	407
1.10.45 Contoh Implementasi pada Topik Kesetimbangan	408
1.10.46 Contoh Implementasi pada Topik Termokimia	409
1.10.47 Analisis Kritis: Bahaya Pendekatan Defisit	410
1.10.48 Analisis Kritis: Bahaya Daftar Miskonsepsi.....	411
1.10.49 Analisis Kritis: Bahaya Menganggap Konsepsi Selalu Stabil	411
1.10.50 Analisis Kritis: Pembelajaran Konseptual dan Prosedural Tidak Boleh Dipertentangkan.....	412
1.10.51 Analisis Kritis: Tidak Semua Kesalahan adalah Miskonsepsi.....	412
1.10.52 Indikator Pembelajaran Kimia yang Responsif terhadap Miskonsepsi	413
1.10.53 Kerangka Perencanaan Pembelajaran Responsif Miskonsepsi	414
1.10.54 Implikasi bagi Buku Ini	414
1.10.55 Transisi menuju Karakteristik Pengetahuan Kimia.....	415
Daftar Pustaka Bab 1	416
BAB 2	420
KARAKTERISTIK PENGETAHUAN KIMIA DAN	420
KERENTANANNYA TERHADAP MISKONSEPSI	420
2.1 Kimia sebagai Ilmu tentang Materi dan Transformasinya.....	421
2.1.1 Ruang Lingkup Materi dalam Kimia	421
2.1.2 Sistem, Lingkungan, dan Batas Kajian	424
2.1.3 Komposisi, Struktur, Sifat, dan Energi	427
2.1.4 Identitas Zat dan Makna Transformasi.....	429
2.1.5 Kekekalan dan Penataan Ulang	432
2.1.6 Pengamatan, Data, dan Inferensi Kimia	435

2.1.7 Sintesis: Materi dan Transformasi sebagai Jaringan Penjelasan	437
2.2 Sifat Abstrak Konsep Kimia.....	441
2.2.1 Abstraksi sebagai Pemilihan Aspek Relevan	441
2.2.2 Entitas yang Tidak Dapat Diamati Langsung	444
2.2.3 Konstruksi Teoretis dan Sifat Probabilistik	447
2.2.4 Idealisasi dan Kondisi Batas	449
2.2.5 Proses Dinamis yang Tampak Statis	452
2.2.6 Sifat Emergen dan Penjelasan Multiskala	455
2.2.7 Model Mental dan Keterbatasan Imajinasi.....	457
2.2.8 Sintesis: Abstraksi sebagai Sumber Kekuatan dan Risiko.....	460
2.3 Hubungan Dunia Makroskopik dan Submikroskopik	463
2.3.1 Dunia Makroskopik sebagai Ranah Pengamatan	464
2.3.2 Dunia Submikroskopik sebagai Model Partikulat	467
2.3.3 Jembatan Penjelasan dari Gejala ke Partikel	469
2.3.4 Kesalahan Memindahkan Sifat Antartingkat.....	472
2.3.5 Perubahan Fase, Pelarutan, dan Reaksi	475
2.3.6 Sifat Emergen dan Ukuran Populasi.....	477
2.3.7 Sintesis: Koordinasi Dua Dunia	480
2.4 Representasi Simbolik dan Matematis.....	483
2.4.1 Simbol Kimia sebagai Sistem Semiotik.....	484
2.4.2 Rumus Empiris, Molekul, dan Struktur	487
2.4.3 Koefisien, Indeks, Muatan, dan Keadaan	489
2.4.4 Matematika sebagai Bahasa Hubungan.....	492
2.4.5 Grafik dan Representasi Fungsional.....	494
2.4.6 Keberhasilan Algoritmik dan Pemahaman Semu.....	497
2.4.7 Sintesis: Literasi Simbolik dan Kuantitatif	500
2.5 Triplet Representasi Kimia.....	503
2.5.1 Asal dan Fungsi Kerangka Triplet	503
2.5.2 Ranah Makroskopik dalam Triplet	506
2.5.3 Ranah Submikroskopik dalam Triplet.....	509
2.5.4 Ranah Simbolik dalam Triplet	511
2.5.5 Koordinasi Triplet pada Beberapa Topik	514

2.5.6 Kompetensi Representasional	517
2.5.7 Sintesis: Triplet sebagai Kerangka Penalaran	519
2.6 Hubungan Struktur, Sifat, dan Perubahan Materi.....	522
2.6.1 Struktur Elektronik dan Kecenderungan Kimia	523
2.6.2 Ikatan, Gaya Antarmolekul, dan Sifat Fisik.....	526
2.6.3 Geometri, Polaritas, dan Distribusi Muatan	528
2.6.4 Struktur Padatan dan Sifat Material	531
2.6.5 Struktur dan Reaktivitas.....	534
2.6.6 Energi, Kinetika, dan Kemungkinan Perubahan	536
2.6.7 Sintesis: Rantai Struktur-Sifat-Perubahan	539
2.7 Bahasa Ilmiah dalam Kimia	542
2.7.1 Istilah Sehari-hari dan Makna Ilmiah	542
2.7.2 Polisemi dan Perubahan Kerangka Teori.....	545
2.7.3 Metafora, Analogi, dan Bahasa Figuratif.....	548
2.7.4 Bahasa Antropomorfis dan Teleologis	550
2.7.5 Nominalisasi, Kalimat Pasif, dan Hilangnya Agen Proses	553
2.7.6 Bahasa Argumentasi dan Kepastian Ilmiah.....	555
2.7.7 Sintesis: Bahasa sebagai Alat dan Sumber Miskonsepsi	558
2.8 Persamaan Kimia sebagai Model, Bukan Peristiwa Nyata	561
2.8.1 Status Epistemik Persamaan Kimia	562
2.8.2 Penyetaraan sebagai Representasi Kekekalan	565
2.8.3 Rasio Stoikiometri dan Skala Makroskopik	567
2.8.4 Spesies Pengamat dan Persamaan Ion Bersih	570
2.8.5 Tanda Panah, Reversibilitas, dan Kesenjangan	572
2.8.6 Persamaan Termokimia dan Energi.....	575
2.8.7 Sintesis: Membaca Persamaan secara Kritis	578
2.9 Penggunaan Model dalam Menjelaskan Entitas Tak Teramati	581
2.9.1 Jenis dan Fungsi Model Kimia	582
2.9.2 Perkembangan Model Atom	584
2.9.3 Model Molekul dan Struktur Tiga Dimensi	587
2.9.4 Model Mekanistik dan Panah Elektron	589
2.9.5 Simulasi dan Model Komputasional.....	592

2.9.6 Evaluasi dan Revisi Model	595
2.9.7 Sintesis: Kompetensi Berbasis Model	597
2.10 Reduksi Konsep Kimia menjadi Hafalan dan Rumus	600
2.10.1 Asal Reduksi dalam Struktur Kurikulum	601
2.10.2 Buku Teks dan Ringkasan Aturan	604
2.10.3 Asesmen yang Menghargai Jawaban Akhir	606
2.10.4 Pencarian Rumus dan Pola Kata Kunci	609
2.10.5 Praktikum Resep dan Hafalan Gejala	611
2.10.6 Dampak Reduksi terhadap Struktur Pengetahuan	614
2.10.7 Sintesis: Mengembalikan Makna di Balik Rumus	617
2.11 Beban Kognitif dalam Pembelajaran Kimia	620
2.11.1 Memori Kerja, Pengetahuan Awal, dan Skema	620
2.11.2 Interaktivitas Unsur dalam Konsep Kimia	623
2.11.3 Beban Ekstraneous dari Desain Representasi	626
2.11.4 Beban dari Perpindahan Antarrepresentasi	628
2.11.5 Perbedaan Pemula dan Ahli	631
2.11.6 Strategi Pengelolaan Beban Kognitif	633
2.11.7 Sintesis: Beban Kognitif dan Miskonsepsi	636
2.12 Hubungan Antarkonsep yang Bersifat Hierarkis	639
2.12.1 Konsep Superordinat, Subordinat, dan Koordinat	640
2.12.2 Konsep Prasyarat dan Ketergantungan	642
2.12.3 Hubungan Vertikal dan Horizontal	645
2.12.4 Konsep Ambang dan Rekonstruksi Pemahaman	648
2.12.5 Miskonsepsi Berantai dan Efek Hilir	650
2.12.6 Urutan Kurikulum dan Spiral Konseptual	653
2.12.7 Sintesis: Menata Jaringan Pengetahuan	655
2.13 Kesulitan Berpindah Antartingkat Representasi	658
2.13.1 Terjemahan Makroskopik ke Submikroskopik	659
2.13.2 Terjemahan Submikroskopik ke Simbolik	662
2.13.3 Terjemahan Simbolik ke Makroskopik	664
2.13.4 Terjemahan Matematis ke Makna Kimia	667
2.13.5 Terjemahan Grafik, Tabel, dan Narasi	670

2.13.6 Sumber Kesulitan dan Strategi Scaffolding	672
2.13.7 Sintesis: Kefasihan Representasional	675
2.14 Implikasi Karakteristik Kimia bagi Desain Pembelajaran	678
2.14.1 Merumuskan Tujuan Berbasis Pemahaman	678
2.14.2 Diagnosis Pengetahuan Awal dan Miskonsepsi	681
2.14.3 Mengurutkan Konsep dan Mengelola Prasyarat.....	684
2.14.4 Memilih Fenomena yang Produktif.....	686
2.14.5 Mengoordinasikan Representasi.....	689
2.14.6 Mengajarkan Model beserta Batasnya	691
2.14.7 Mengembangkan Bahasa dan Argumentasi	694
2.14.8 Mengintegrasikan Penalaran Kualitatif dan Kuantitatif	697
2.14.9 Merancang Praktikum sebagai Pengujian Model	699
2.14.10 Menggunakan Asesmen Diagnostik dan Formatif	702
2.14.11 Merancang Remediasi Konseptual.....	705
2.14.12 Mengembangkan Pengetahuan Pedagogis Guru.....	707
2.14.13 Pemanfaatan Teknologi secara Kritis	710
2.14.14 Desain Inklusif dan Variasi Peserta Didik	713
2.14.15 Sintesis Bab 2 dan Transisi	715
Daftar Pustaka Bab 2	719
BAB 3	722
TEORI PEMBENTUKAN DAN PERUBAHAN KONSEPTUAL	722
3.1 Perspektif Konstruktivisme	723
3.1.1 Akar Historis Konstruktivisme dalam Psikologi dan Pendidikan Sains	724
3.1.2 Pengetahuan sebagai Hasil Konstruksi Aktif	725
3.1.3 Peran Pengetahuan Awal dalam Interpretasi Informasi	726
3.1.4 Konstruktivisme Individual dan Konstruktivisme Sosial	727
3.1.5 Interaksi antara Pengalaman dan Struktur Kognitif	728
3.1.6 Bahasa sebagai Alat Konstruksi Makna Kimia	729
3.1.7 Negosiasi Makna dalam Diskusi Kelas.....	731
3.1.8 Bukti Empiris dan Pembatasan Konstruksi Personal	732
3.1.9 Kedudukan Model dalam Konstruktivisme Kimia	733
3.1.10 Peran Guru sebagai Mediator Konseptual	734

3.1.11 Keaktifan Kognitif dan Keaktifan Fisik	735
3.1.12 Praktikum sebagai Kegiatan Konstruksi Penjelasan	736
3.1.13 Representasi Makroskopik, Submikroskopik, dan Simbolik.....	738
3.1.14 Konstruktivisme dan Pembelajaran Berbasis Inkuiri.....	739
3.1.15 Konstruktivisme dan Argumentasi Ilmiah	740
3.1.16 Kritik terhadap Relativisme Berlebihan	741
3.1.17 Implikasi bagi Diagnosis Konsepsi Peserta Didik.....	742
3.1.18 Implikasi bagi Desain Pembelajaran Kimia	743
3.1.19 Sintesis Perspektif Konstruktivisme	744
3.2 Teori Perubahan Konseptual	745
3.2.1 Latar Belakang Lahirnya Teori Perubahan Konseptual.....	746
3.2.2 Model Posner, Strike, Hewson, dan Gertzog.....	747
3.2.3 Perubahan Konseptual sebagai Akomodasi	748
3.2.4 Empat Kondisi Penerimaan Konsep Baru	749
3.2.5 Perubahan sebagai Penggantian atau Restrukturisasi	750
3.2.6 Perubahan Konseptual Bertahap dan Radikal	751
3.2.7 Perubahan Konseptual pada Tingkat Proposisi.....	753
3.2.8 Perubahan Konseptual pada Tingkat Model	754
3.2.9 Perubahan Konseptual pada Tingkat Kategori	755
3.2.10 Peran Metakognisi dan Kesadaran Konseptual.....	756
3.2.11 Status Konsepsi dalam Struktur Pengetahuan	757
3.2.12 Perbandingan Model Perubahan Konseptual	758
3.2.13 Hubungan antara Bukti dan Revisi Konsep	759
3.2.14 Perubahan Konseptual dalam Konteks Sosial	761
3.2.15 Pengukuran Proses dan Hasil Perubahan Konsep.....	762
3.2.16 Kritik terhadap Model Perubahan Linear.....	763
3.2.17 Contoh Perubahan Konseptual pada Keseimbangan Kimia	764
3.2.18 Implikasi Teori bagi Pembelajaran Kimia	765
3.2.19 Sintesis Teori Perubahan Konseptual	766
3.3 Asimilasi dan Akomodasi Konsep.....	767
3.3.1 Pengertian Skema Kognitif	768
3.3.2 Asimilasi sebagai Integrasi Informasi Baru.....	769

3.3.3 Akomodasi sebagai Modifikasi Struktur Pengetahuan	770
3.3.4 Keseimbangan dan Ketidakseimbangan Kognitif	771
3.3.5 Kontinum antara Asimilasi dan Akomodasi	772
3.3.6 Asimilasi Produktif dan Asimilasi Keliru	773
3.3.7 Akomodasi Parsial dan Akomodasi Mendalam	775
3.3.8 Diferensiasi Konsep yang Terlalu Umum.....	776
3.3.9 Integrasi Konsep yang Terpisah.....	777
3.3.10 Perluasan Domain Penerapan Konsep	778
3.3.11 Pembatasan Domain Konsep	779
3.3.12 Analogi Berjembatan dalam Akomodasi.....	780
3.3.13 Peran Contoh dan Noncontoh	782
3.3.14 Peran Refleksi dalam Penataan Skema	783
3.3.15 Asimilasi pada Pembelajaran Struktur Atom	784
3.3.16 Akomodasi pada Konsep Asam-Basa	785
3.3.17 Diagnosis Asimilasi dan Akomodasi	786
3.3.18 Implikasi bagi Urutan Pembelajaran	787
3.3.19 Sintesis Asimilasi dan Akomodasi Konsep.....	789
3.4 Ontological Shift dalam Pembelajaran Sains	789
3.4.1 Pengertian Kategori Ontologis	790
3.4.2 Entitas, Proses, dan Keadaan Mental.....	791
3.4.3 Kesalahan Kategorisasi Ontologis	792
3.4.4 Proses Langsung dan Proses Emergen	793
3.4.5 Sifat Emergen dalam Sistem Kimia.....	795
3.4.6 Kesetimbangan sebagai Proses Dinamis	796
3.4.7 Difusi dan Gerak Acak Partikel	797
3.4.8 Suhu dan Energi Kinetik Kolektif	798
3.4.9 Kalor sebagai Transfer Energi	799
3.4.10 Arus Listrik dalam Sistem Elektrokimia	800
3.4.11 Entropi dan Distribusi Mikrokeadaan	801
3.4.12 Bahasa Benda dalam Penjelasan Proses	802
3.4.13 Peran Simulasi dalam Pergeseran Ontologis.....	804
3.4.14 Representasi Kolektif dan Representasi Individual	805

3.4.15	Diagnosis Kesalahan Kategori	806
3.4.16	Strategi Pengajaran Proses Emergen	807
3.4.17	Kritik terhadap Kategori Ontologis Kaku	808
3.4.18	Implikasi bagi Konsep Kimia Abstrak.....	809
3.4.19	Sintesis Ontological Shift dalam Pembelajaran Sains	811
3.5	Knowledge in Pieces.....	811
3.5.1	Asal-usul Perspektif Knowledge in Pieces	812
3.5.2	Phenomenological Primitives atau P-Prims	813
3.5.3	Sumber Pengetahuan dan Aktivasi Kontekstual	814
3.5.4	Koordinasi Sumber menjadi Penjelasan	816
3.5.5	Fragmentasi dan Koherensi Pengetahuan	817
3.5.6	Intuisi Produktif dalam Belajar Kimia.....	818
3.5.7	Intuisi yang Menyesatkan	819
3.5.8	Aturan Intuitif dan Ciri Permukaan	820
3.5.9	Epistemological Resources.....	821
3.5.10	Coordination Classes.....	822
3.5.11	Perubahan Konsep sebagai Reorganisasi Sumber	823
3.5.12	Variasi Respons pada Konteks Berbeda	824
3.5.13	Konsistensi Lokal dan Inkonsistensi Global	826
3.5.14	Diagnosis Berbasis Pola Aktivasi	827
3.5.15	Desain Tugas untuk Mengungkap Sumber Penalaran	828
3.5.16	Pemanfaatan Sumber Produktif.....	829
3.5.17	Perbandingan dengan Teori Miskonsepsi Koheren	830
3.5.18	Implikasi bagi Remediasi Kimia	831
3.5.19	Sintesis Knowledge in Pieces	832
3.6	Mental Model Peserta Didik	833
3.6.1	Pengertian Mental Model	834
3.6.2	Model Mental sebagai Representasi Internal	835
3.6.3	Hubungan Model Mental dan Model Ilmiah	836
3.6.4	Model Mental Statis dan Dinamis.....	837
3.6.5	Model Mental Analogis.....	838
3.6.6	Model Mental Sintetik	839

3.6.7 Pembentukan Model dari Pengalaman dan Bahasa	841
3.6.8 Model Atom Peserta Didik	842
3.6.9 Model Ikatan Kimia	843
3.6.10 Model Pelarutan dan Disosiasi.....	844
3.6.11 Model Gas dan Tekanan.....	845
3.6.12 Model Keseimbangan Kimia	846
3.6.13 Model Asam-Basa dan Transfer Proton	847
3.6.14 Cara Mengungkap Model Mental	849
3.6.15 Konsistensi dan Variasi Model	850
3.6.16 Revisi Model melalui Pemodelan.....	851
3.6.17 Keterbatasan Inferensi terhadap Model Mental	852
3.6.18 Implikasi bagi Asesmen Representasional	853
3.6.19 Sintesis Mental Model Peserta Didik	854
3.7 Conceptual Ecology	855
3.7.1 Pengertian Ekologi Konseptual	856
3.7.2 Asal-usul Metafora Ekologi Konsep.....	857
3.7.3 Komponen dalam Conceptual Ecology	858
3.7.4 Keyakinan Epistemologis.....	859
3.7.5 Analogi dan Metafora	860
3.7.6 Pengetahuan Latar dan Pengalaman	861
3.7.7 Komitmen Ontologis	863
3.7.8 Nilai, Tujuan, dan Kepentingan	864
3.7.9 Status Konsepsi	865
3.7.10 Kompetisi dan Koeksistensi Konsep	866
3.7.11 Jangkar Konseptual Produktif	867
3.7.12 Hambatan dalam Ekologi Pengetahuan	868
3.7.13 Pemetaan Ekologi Konseptual.....	870
3.7.14 Perubahan Status Konsepsi.....	871
3.7.15 Peran Diskursus Kelas.....	872
3.7.16 Ekologi Konsep pada Asam-Basa	873
3.7.17 Ekologi Konsep pada Energi Kimia	874
3.7.18 Implikasi bagi Intervensi Diferensial	875

3.7.19 Sintesis Conceptual Ecology	876
3.8 Konflik Kognitif	877
3.8.1 Pengertian Konflik Kognitif.....	878
3.8.2 Ketidakseimbangan dan Anomali	879
3.8.3 Konflik antara Prediksi dan Pengamatan	880
3.8.4 Konflik antara Dua Penjelasan	881
3.8.5 Kesadaran terhadap Konflik	882
3.8.6 Tingkat Intensitas Konflik	883
3.8.7 Prasyarat Konflik Produktif.....	885
3.8.8 Respons terhadap Data Anomali	886
3.8.9 Penolakan dan Penafsiran Ulang Bukti	887
3.8.10 Discrepant Events dalam Kimia.....	888
3.8.11 Strategi Predict-Observe-Explain	889
3.8.12 Teks Refutasional.....	890
3.8.13 Argumentasi dan Debat Ilmiah	892
3.8.14 Konflik Kognitif dan Emosi	893
3.8.15 Konflik Produktif dan Kebingungan Destruktif.....	894
3.8.16 Contoh pada Kekekalan Massa	895
3.8.17 Contoh pada Keseimbangan dan Katalis	896
3.8.18 Implikasi bagi Perancangan Demonstrasi	897
3.8.19 Sintesis Konflik Kognitif	898
3.9 Ketidakpuasan terhadap Konsepsi Awal	899
3.9.1 Makna Ketidakpuasan Konseptual.....	900
3.9.2 Kesadaran akan Keterbatasan Konsepsi.....	901
3.9.3 Kegagalan Prediksi sebagai Sumber Ketidakpuasan	902
3.9.4 Inkonsistensi Internal dalam Penjelasan	903
3.9.5 Perbandingan Daya Jelas Model	904
3.9.6 Peran Bukti Kontradiktif	905
3.9.7 Peran Pertanyaan Diagnostik	907
3.9.8 Metakognisi dan Penilaian Diri	908
3.9.9 Keyakinan Tinggi dan Resistensi.....	909
3.9.10 Ketidakpuasan Semu.....	910

3.9.11 Ketidakpuasan dan Rasa Aman Intelektual.....	911
3.9.12 Penggunaan Kasus Batas.....	912
3.9.13 Penggunaan Noncontoh	914
3.9.14 Refleksi terhadap Kesalahan Prosedural.....	915
3.9.15 Contoh pada Aturan Oktet.....	916
3.9.16 Contoh pada Kekuatan dan Konsentrasi Asam	917
3.9.17 Indikator Ketidakpuasan yang Produktif.....	918
3.9.18 Implikasi bagi Umpan Balik Guru	919
3.9.19 Sintesis Ketidakpuasan terhadap Konsepsi Awal.....	920
3.10 Konsep Baru yang Dapat Dipahami.....	921
3.10.1 Pengertian Intelligibility	922
3.10.2 Peran Pengetahuan Prasyarat	923
3.10.3 Kejelasan Bahasa Ilmiah.....	924
3.10.4 Definisi Operasional dan Batas Konsep.....	925
3.10.5 Segmentasi Informasi Kompleks	926
3.10.6 Scaffolding Konseptual.....	927
3.10.7 Analogi dan Pemetaan Relasi.....	929
3.10.8 Representasi Visual dan Model Partikel.....	930
3.10.9 Representasi Simbolik dan Matematis.....	931
3.10.10 Integrasi Multiple Representations.....	932
3.10.11 Pengelolaan Beban Kognitif	933
3.10.12 Worked Examples dan Fading	934
3.10.13 Pertanyaan Penuntun	935
3.10.14 Pemeriksaan Keterpahaman	936
3.10.15 Contoh pada Konsep Mol.....	938
3.10.16 Contoh pada Orbital dan Probabilitas.....	939
3.10.17 Contoh pada Keseimbangan Dinamis	940
3.10.18 Implikasi bagi Desain Bahan Ajar	941
3.10.19 Sintesis Konsep Baru yang Dapat Dipahami	942
3.11 Konsep Baru yang Masuk Akal	943
3.11.1 Pengertian Plausibility.....	944
3.11.2 Koherensi dengan Pengetahuan yang Dipercaya	945

3.11.3 Konsistensi dengan Bukti Empiris	946
3.11.4 Daya Jelas dan Kesederhanaan Relatif	947
3.11.5 Kredibilitas Sumber Pengetahuan	948
3.11.6 Otoritas dan Evaluasi Mandiri	949
3.11.7 Argumentasi Klaim-Bukti-Penalaran	951
3.11.8 Perbandingan Model Alternatif	952
3.11.9 Pemetaan Hubungan Sebab-Akibat	953
3.11.10 Penjelasan Mekanistik	954
3.11.11 Prediksi sebagai Uji Kemasukakalan	955
3.11.12 Peran Jangkar Konseptual	956
3.11.13 Kemasukakalan dan Pengalaman Sehari-hari	957
3.11.14 Kemasukakalan dan Bahasa Ilmiah	958
3.11.15 Contoh pada Pelarutan Ionik	960
3.11.16 Contoh pada Pembentukan Ikatan	961
3.11.17 Contoh pada Reaksi Redoks	962
3.11.18 Implikasi bagi Diskusi Kelas	963
3.11.19 Sintesis Konsep Baru yang Masuk Akal	964
3.12 Konsep Baru yang Produktif	965
3.12.1 Pengertian Fruitfulness	966
3.12.2 Daya Prediksi Konsep	967
3.12.3 Daya Jelas pada Fenomena Baru	968
3.12.4 Pemecahan Masalah Konseptual	969
3.12.5 Pemecahan Masalah Kuantitatif Bermakna	970
3.12.6 Transfer Dekat dan Transfer Jauh	971
3.12.7 Generalisasi dan Kondisi Batas	973
3.12.8 Konsep sebagai Alat Menghasilkan Pertanyaan	974
3.12.9 Produktivitas dalam Pemodelan	975
3.12.10 Produktivitas dalam Praktikum	976
3.12.11 Produktivitas dan Argumentasi	977
3.12.12 Retensi dan Penggunaan Berulang	978
3.12.13 Asesmen Tugas Transfer	979
3.12.14 Contoh pada Laju Reaksi	980

3.12.15 Contoh pada Larutan Penyangga	981
3.12.16 Contoh pada Struktur-Sifat	982
3.12.17 Contoh pada Elektrokimia.....	983
3.12.18 Implikasi bagi Penilaian Autentik	985
3.12.19 Sintesis Konsep Baru yang Produktif.....	986
3.13 Perubahan Konseptual Dingin dan Perubahan Konseptual Hangat.....	987
3.13.1 Asal-usul Istilah Perubahan Konseptual Dingin	988
3.13.2 Keterbatasan Model Kognitif Murni	989
3.13.3 Munculnya Perspektif Perubahan Hangat	990
3.13.4 Tujuan Belajar dan Orientasi Penguasaan	991
3.13.5 Nilai Tugas dan Relevansi Personal	992
3.13.6 Minat Situasional dan Minat Individual	993
3.13.7 Efikasi Diri dalam Belajar Kimia.....	995
3.13.8 Keterlibatan Kognitif	996
3.13.9 Pengaturan Diri dan Strategi Belajar	997
3.13.10 Emosi Epistemik	998
3.13.11 Kebingungan Produktif.....	999
3.13.12 Kecemasan terhadap Kimia dan Matematika	1000
3.13.13 Dukungan Otonomi.....	1001
3.13.14 Peran Hubungan Guru-Peserta Didik.....	1002
3.13.15 Konteks Sosiosaintifik.....	1003
3.13.16 Perubahan Konsep yang Disengaja	1004
3.13.17 Integrasi Model Dingin dan Hangat	1005
3.13.18 Implikasi bagi Desain Pembelajaran	1006
3.13.19 Sintesis Perubahan Konseptual Dingin dan Perubahan Konseptual Hangat ..	1008
3.14 Pengaruh Motivasi, Emosi, dan Identitas terhadap Perubahan Konsep.....	1009
3.14.1 Motivasi sebagai Pengarah Aktivitas Kognitif	1010
3.14.2 Tujuan Penguasaan dan Tujuan Performa	1011
3.14.3 Nilai, Kegunaan, dan Relevansi Konsep	1012
3.14.4 Efikasi Diri dan Harapan Keberhasilan	1013
3.14.5 Minat terhadap Fenomena Kimia	1014
3.14.6 Rasa Ingin Tahu	1015

3.14.7 Kejutan dan Ketidakpastian	1016
3.14.8 Kebingungan sebagai Emosi Epistemik	1017
3.14.9 Kecemasan dan Beban Kognitif.....	1018
3.14.10 Malu, Takut Salah, dan Partisipasi	1020
3.14.11 Kebanggaan dan Penguatan Identitas	1021
3.14.12 Identitas sebagai Pembelajar Sains.....	1022
3.14.13 Rasa Memiliki dalam Kelas Kimia.....	1023
3.14.14 Pengaruh Stereotip dan Ekspektasi	1024
3.14.15 Iklim Kelas dan Keamanan Psikologis.....	1025
3.14.16 Umpan Balik yang Mendukung Perubahan	1026
3.14.17 Konteks Budaya dan Sosiosaintifik.....	1027
3.14.18 Implikasi bagi Pembelajaran Inklusif.....	1028
3.14.19 Sintesis Pengaruh Motivasi, Emosi, dan Identitas terhadap Perubahan Konsep	1030
3.15 Stabilitas dan Kemunculan Kembali Miskonsepsi	1030
3.15.1 Pengertian Stabilitas Konseptual	1032
3.15.2 Ketahanan Miskonsepsi	1033
3.15.3 Penekanan dan Penggantian Konsepsi	1034
3.15.4 Koeksistensi Gagasan Lama dan Baru	1035
3.15.5 Ketergantungan pada Konteks	1036
3.15.6 Ketergantungan pada Representasi	1037
3.15.7 Pengaruh Tekanan Waktu	1038
3.15.8 Pengaruh Bahasa Sehari-hari	1039
3.15.9 Transfer yang Tidak Sempurna.....	1040
3.15.10 Retensi Jangka Panjang	1041
3.15.11 Asesmen Tertunda	1043
3.15.12 Kemunculan Kembali pada Topik Lanjutan	1044
3.15.13 Retrieval Practice	1045
3.15.14 Pengulangan Berspasi	1046
3.15.15 Variasi Contoh dan Interleaving.....	1047
3.15.16 Isyarat Metakognitif	1048
3.15.17 Remediasi Berulang dan Spiral	1049

3.15.18 Implikasi bagi Evaluasi Program	1050
3.15.19 Sintesis Stabilitas dan Kemunculan Kembali Miskonsepsi	1052
Daftar Pustaka Bab 3	1054
BAB 4	1058
SUMBER DAN PENYEBAB MISKONSEPSI KIMIA	1058
4.1 Pengalaman Sehari-hari Peserta Didik	1059
4.1.1 Kedudukan Pengalaman Sehari-hari Peserta Didik sebagai Sumber Miskonsepsi ..	1060
4.1.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan	1061
4.1.3 Indikator pada Respons Peserta Didik	1061
4.1.4 Pembedaan dari Kesalahan Lain	1062
4.1.5 Materi, Zat, dan Perubahan	1062
4.1.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron	1063
4.1.7 Sistem Periodik dan Periodisitas	1064
4.1.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul.....	1066
4.1.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi	1067
4.1.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit	1068
4.1.11 Termokimia dan Termodinamika	1069
4.1.12 Laju Reaksi dan Kinetika	1070
4.1.13 Keseimbangan Kimia	1071
4.1.14 Asam, Basa, dan pH.....	1072
4.1.15 Redoks dan Elektrokimia.....	1073
4.1.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi	1074
4.1.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti	1076
4.1.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran	1076
4.1.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual	1077
4.1.20 Sintesis Subbab	1077
4.1.21 Checklist Audit Sumber	1078
4.2 Bahasa Sehari-hari dan Bahasa Ilmiah	1079
4.2.1 Kedudukan Bahasa Sehari-hari dan Bahasa Ilmiah sebagai Sumber Miskonsepsi ..	1080
4.2.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan	1081
4.2.3 Indikator pada Respons Peserta Didik	1081
4.2.4 Pembedaan dari Kesalahan Lain	1082

4.2.5 Materi, Zat, dan Perubahan	1082
4.2.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron	1083
4.2.7 Sistem Periodik dan Periodisitas	1084
4.2.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul.....	1086
4.2.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi	1087
4.2.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit	1088
4.2.11 Termokimia dan Termodinamika	1089
4.2.12 Laju Reaksi dan Kinetika.....	1090
4.2.13 Keseimbangan Kimia.....	1091
4.2.14 Asam, Basa, dan pH.....	1092
4.2.15 Redoks dan Elektrokimia.....	1093
4.2.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi	1094
4.2.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti	1096
4.2.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran	1096
4.2.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual.....	1097
4.2.20 Sintesis Subbab	1097
4.2.21 Checklist Audit Sumber	1098
4.3 Penjelasan Guru	1099
4.3.1 Kedudukan Penjelasan Guru sebagai Sumber Miskonsepsi	1100
4.3.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan	1101
4.3.3 Indikator pada Respons Peserta Didik	1101
4.3.4 Pembedaan dari Kesalahan Lain	1102
4.3.5 Materi, Zat, dan Perubahan	1102
4.3.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron	1103
4.3.7 Sistem Periodik dan Periodisitas	1104
4.3.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul.....	1106
4.3.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi	1107
4.3.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit	1108
4.3.11 Termokimia dan Termodinamika	1109
4.3.12 Laju Reaksi dan Kinetika.....	1110
4.3.13 Keseimbangan Kimia.....	1111
4.3.14 Asam, Basa, dan pH.....	1112

4.3.15 Redoks dan Elektrokimia.....	1113
4.3.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi	1114
4.3.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti	1116
4.3.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran	1116
4.3.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual	1117
4.3.20 Sintesis Subbab	1117
4.3.21 Checklist Audit Sumber	1118
4.4 Buku Teks dan Bahan Ajar	1119
4.4.1 Kedudukan Buku Teks dan Bahan Ajar sebagai Sumber Miskonsepsi	1120
4.4.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan	1121
4.4.3 Indikator pada Respons Peserta Didik	1121
4.4.4 Pembedaan dari Kesalahan Lain	1122
4.4.5 Materi, Zat, dan Perubahan	1122
4.4.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron	1123
4.4.7 Sistem Periodik dan Periodisitas	1124
4.4.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul.....	1125
4.4.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi	1126
4.4.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit	1127
4.4.11 Termokimia dan Termodinamika	1129
4.4.12 Laju Reaksi dan Kinetika.....	1130
4.4.13 Keseimbangan Kimia.....	1131
4.4.14 Asam, Basa, dan pH.....	1132
4.4.15 Redoks dan Elektrokimia.....	1133
4.4.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi	1134
4.4.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti	1135
4.4.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran	1136
4.4.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual	1136
4.4.20 Sintesis Subbab	1137
4.4.21 Checklist Audit Sumber	1138
4.5 Gambar, Diagram, dan Ilustrasi.....	1139
4.5.1 Kedudukan Gambar, Diagram, dan Ilustrasi sebagai Sumber Miskonsepsi	1140
4.5.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan	1140

4.5.3 Indikator pada Respons Peserta Didik	1141
4.5.4 Pembedaan dari Kesalahan Lain	1141
4.5.5 Materi, Zat, dan Perubahan	1142
4.5.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron	1143
4.5.7 Sistem Periodik dan Periodisitas	1144
4.5.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul.....	1145
4.5.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi	1146
4.5.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit	1147
4.5.11 Termokimia dan Termodinamika	1148
4.5.12 Laju Reaksi dan Kinetika	1149
4.5.13 Keseimbangan Kimia.....	1150
4.5.14 Asam, Basa, dan pH.....	1152
4.5.15 Redoks dan Elektrokimia.....	1153
4.5.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi	1154
4.5.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti	1155
4.5.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran	1156
4.5.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual	1156
4.5.20 Sintesis Subbab	1157
4.5.21 Checklist Audit Sumber	1157
4.6 Analogi yang Tidak Tepat	1158
4.6.1 Kedudukan Analogi yang Tidak Tepat sebagai Sumber Miskonsepsi.....	1159
4.6.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan	1160
4.6.3 Indikator pada Respons Peserta Didik	1160
4.6.4 Pembedaan dari Kesalahan Lain	1161
4.6.5 Materi, Zat, dan Perubahan	1161
4.6.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron	1162
4.6.7 Sistem Periodik dan Periodisitas	1163
4.6.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul.....	1165
4.6.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi	1166
4.6.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit	1167
4.6.11 Termokimia dan Termodinamika	1168
4.6.12 Laju Reaksi dan Kinetika.....	1169

4.6.13 Keseimbangan Kimia.....	1170
4.6.14 Asam, Basa, dan pH.....	1171
4.6.15 Redoks dan Elektrokimia.....	1172
4.6.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi	1173
4.6.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti	1175
4.6.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran	1175
4.6.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual	1176
4.6.20 Sintesis Subbab	1176
4.6.21 Checklist Audit Sumber	1177
4.7 Praktikum yang Tidak Terhubung dengan Konsep	1178
4.7.1 Kedudukan Praktikum yang Tidak Terhubung dengan Konsep sebagai Sumber Miskonsepsi.....	1179
4.7.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan	1180
4.7.3 Indikator pada Respons Peserta Didik	1180
4.7.4 Pembedaan dari Kesalahan Lain	1181
4.7.5 Materi, Zat, dan Perubahan	1181
4.7.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron	1182
4.7.7 Sistem Periodik dan Periodisitas	1183
4.7.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul.....	1185
4.7.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi	1186
4.7.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit	1187
4.7.11 Termokimia dan Termodinamika	1188
4.7.12 Laju Reaksi dan Kinetika.....	1189
4.7.13 Keseimbangan Kimia.....	1190
4.7.14 Asam, Basa, dan pH.....	1192
4.7.15 Redoks dan Elektrokimia.....	1193
4.7.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi	1194
4.7.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti	1195
4.7.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran	1196
4.7.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual	1196
4.7.20 Sintesis Subbab	1197
4.7.21 Checklist Audit Sumber	1197

4.8 Rumus dan Algoritma tanpa Pemahaman	1198
4.8.1 Kedudukan Rumus dan Algoritma tanpa Pemahaman sebagai Sumber Miskonsepsi	1199
4.8.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan	1200
4.8.3 Indikator pada Respons Peserta Didik	1201
4.8.4 Pembedaan dari Kesalahan Lain	1201
4.8.5 Materi, Zat, dan Perubahan	1202
4.8.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron	1203
4.8.7 Sistem Periodik dan Periodisitas	1204
4.8.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul.....	1205
4.8.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi	1206
4.8.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit	1207
4.8.11 Termokimia dan Termodinamika	1208
4.8.12 Laju Reaksi dan Kinetika	1209
4.8.13 Keseimbangan Kimia.....	1210
4.8.14 Asam, Basa, dan pH.....	1212
4.8.15 Redoks dan Elektrokimia.....	1213
4.8.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi	1214
4.8.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti	1215
4.8.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran	1216
4.8.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual	1216
4.8.20 Sintesis Subbab	1217
4.8.21 Checklist Audit Sumber	1217
4.9 Penyederhanaan Konsep secara Berlebihan.....	1218
4.9.1 Kedudukan Penyederhanaan Konsep secara Berlebihan sebagai Sumber Miskonsepsi	1219
4.9.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan	1220
4.9.3 Indikator pada Respons Peserta Didik	1220
4.9.4 Pembedaan dari Kesalahan Lain	1221
4.9.5 Materi, Zat, dan Perubahan	1221
4.9.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron	1222
4.9.7 Sistem Periodik dan Periodisitas	1223

4.9.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul.....	1225
4.9.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi	1226
4.9.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit	1227
4.9.11 Termokimia dan Termodinamika	1228
4.9.12 Laju Reaksi dan Kinetika.....	1229
4.9.13 Keseimbangan Kimia.....	1230
4.9.14 Asam, Basa, dan pH.....	1231
4.9.15 Redoks dan Elektrokimia.....	1232
4.9.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi	1233
4.9.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti	1235
4.9.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran	1235
4.9.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual	1236
4.9.20 Sintesis Subbab	1236
4.9.21 Checklist Audit Sumber	1237
4.10 Ketidakkonsistenan Istilah Kimia.....	1238
4.10.1 Kedudukan Ketidakkonsistenan Istilah Kimia sebagai Sumber Miskonsepsi	1239
4.10.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan	1240
4.10.3 Indikator pada Respons Peserta Didik	1240
4.10.4 Pembedaan dari Kesalahan Lain	1241
4.10.5 Materi, Zat, dan Perubahan	1241
4.10.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron	1242
4.10.7 Sistem Periodik dan Periodisitas	1243
4.10.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul.....	1244
4.10.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi	1245
4.10.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit	1246
4.10.11 Termokimia dan Termodinamika	1248
4.10.12 Laju Reaksi dan Kinetika.....	1249
4.10.13 Keseimbangan Kimia.....	1250
4.10.14 Asam, Basa, dan pH	1251
4.10.15 Redoks dan Elektrokimia.....	1252
4.10.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi	1253
4.10.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti	1254

4.10.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran	1255
4.10.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual	1255
4.10.20 Sintesis Subbab	1256
4.10.21 Checklist Audit Sumber	1256
4.11 Kesalahan dalam Media Digital dan Internet	1257
4.11.1 Kedudukan Kesalahan dalam Media Digital dan Internet sebagai Sumber Miskonsepsi	1258
4.11.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan	1259
4.11.3 Indikator pada Respons Peserta Didik	1260
4.11.4 Pembedaan dari Kesalahan Lain	1260
4.11.5 Materi, Zat, dan Perubahan	1261
4.11.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron	1262
4.11.7 Sistem Periodik dan Periodisitas	1263
4.11.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul	1264
4.11.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi	1265
4.11.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit	1266
4.11.11 Termokimia dan Termodinamika	1267
4.11.12 Laju Reaksi dan Kinetika	1268
4.11.13 Keseimbangan Kimia	1269
4.11.14 Asam, Basa, dan pH	1271
4.11.15 Redoks dan Elektrokimia	1272
4.11.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi	1273
4.11.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti	1274
4.11.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran	1275
4.11.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual	1275
4.11.20 Sintesis Subbab	1276
4.11.21 Checklist Audit Sumber	1276
4.12 Informasi Kimia dari Media Sosial	1277
4.12.1 Kedudukan Informasi Kimia dari Media Sosial sebagai Sumber Miskonsepsi	1278
4.12.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan	1279
4.12.3 Indikator pada Respons Peserta Didik	1280
4.12.4 Pembedaan dari Kesalahan Lain	1280

4.12.5 Materi, Zat, dan Perubahan	1281
4.12.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron	1282
4.12.7 Sistem Periodik dan Periodisitas	1283
4.12.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul.....	1284
4.12.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi	1285
4.12.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit	1286
4.12.11 Termokimia dan Termodinamika	1287
4.12.12 Laju Reaksi dan Kinetika.....	1288
4.12.13 Keseimbangan Kimia.....	1289
4.12.14 Asam, Basa, dan pH	1291
4.12.15 Redoks dan Elektrokimia.....	1291
4.12.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi	1292
4.12.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti	1294
4.12.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran	1294
4.12.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual.....	1295
4.12.20 Sintesis Subbab	1295
4.12.21 Checklist Audit Sumber	1296
4.13 Kesalahan Terjemahan Istilah	1297
4.13.1 Kedudukan Kesalahan Terjemahan Istilah sebagai Sumber Miskonsepsi	1298
4.13.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan	1299
4.13.3 Indikator pada Respons Peserta Didik	1299
4.13.4 Pembedaan dari Kesalahan Lain	1300
4.13.5 Materi, Zat, dan Perubahan	1300
4.13.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron	1301
4.13.7 Sistem Periodik dan Periodisitas	1302
4.13.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul.....	1304
4.13.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi	1305
4.13.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit	1306
4.13.11 Termokimia dan Termodinamika	1307
4.13.12 Laju Reaksi dan Kinetika.....	1308
4.13.13 Keseimbangan Kimia.....	1309
4.13.14 Asam, Basa, dan pH	1310

4.13.15 Redoks dan Elektrokimia.....	1311
4.13.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi	1312
4.13.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti	1314
4.13.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran	1314
4.13.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual	1315
4.13.20 Sintesis Subbab	1315
4.13.21 Checklist Audit Sumber	1316
4.14 Kurangnya Pengetahuan Prasyarat	1317
4.14.1 Kedudukan Kurangnya Pengetahuan Prasyarat sebagai Sumber Miskonsepsi	1318
4.14.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan	1319
4.14.3 Indikator pada Respons Peserta Didik	1319
4.14.4 Pembedaan dari Kesalahan Lain	1320
4.14.5 Materi, Zat, dan Perubahan	1320
4.14.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron	1321
4.14.7 Sistem Periodik dan Periodisitas	1322
4.14.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul.....	1323
4.14.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi	1324
4.14.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit	1325
4.14.11 Termokimia dan Termodinamika	1327
4.14.12 Laju Reaksi dan Kinetika.....	1328
4.14.13 Kesetimbangan Kimia.....	1329
4.14.14 Asam, Basa, dan pH	1330
4.14.15 Redoks dan Elektrokimia.....	1331
4.14.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi	1332
4.14.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti	1333
4.14.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran	1334
4.14.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual	1334
4.14.20 Sintesis Subbab	1335
4.14.21 Checklist Audit Sumber	1335
4.15 Faktor Kognitif dan Penalaran.....	1336
4.15.1 Kedudukan Faktor Kognitif dan Penalaran sebagai Sumber Miskonsepsi	1337
4.15.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan	1338

4.15.3 Indikator pada Respons Peserta Didik	1339
4.15.4 Perbedaan dari Kesalahan Lain	1339
4.15.5 Materi, Zat, dan Perubahan	1340
4.15.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron	1341
4.15.7 Sistem Periodik dan Periodisitas	1342
4.15.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul.....	1343
4.15.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi	1344
4.15.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit	1345
4.15.11 Termokimia dan Termodinamika	1346
4.15.12 Laju Reaksi dan Kinetika.....	1347
4.15.13 Keseimbangan Kimia.....	1348
4.15.14 Asam, Basa, dan pH	1349
4.15.15 Redoks dan Elektrokimia.....	1350
4.15.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi	1351
4.15.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti	1353
4.15.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran	1353
4.15.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual.....	1354
4.15.20 Sintesis Subbab	1354
4.15.21 Checklist Audit Sumber.....	1355
4.16 Faktor Kurikulum dan Urutan Materi.....	1356
4.16.1 Kedudukan Faktor Kurikulum dan Urutan Materi sebagai Sumber Miskonsepsi .	1357
4.16.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan	1358
4.16.3 Indikator pada Respons Peserta Didik	1358
4.16.4 Perbedaan dari Kesalahan Lain	1359
4.16.5 Materi, Zat, dan Perubahan	1359
4.16.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron	1360
4.16.7 Sistem Periodik dan Periodisitas	1361
4.16.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul.....	1362
4.16.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi	1363
4.16.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit	1364
4.16.11 Termokimia dan Termodinamika	1366
4.16.12 Laju Reaksi dan Kinetika.....	1367

4.16.13 Keseimbangan Kimia.....	1368
4.16.14 Asam, Basa, dan pH	1369
4.16.15 Redoks dan Elektrokimia.....	1370
4.16.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi	1371
4.16.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti	1372
4.16.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran	1373
4.16.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual	1373
4.16.20 Sintesis Subbab	1374
4.16.21 Checklist Audit Sumber	1375
4.17 Faktor Asesmen.....	1375
4.17.1 Kedudukan Faktor Asesmen sebagai Sumber Miskonsepsi	1376
4.17.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan	1377
4.17.3 Indikator pada Respons Peserta Didik	1378
4.17.4 Pembedaan dari Kesalahan Lain	1378
4.17.5 Materi, Zat, dan Perubahan	1379
4.17.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron	1380
4.17.7 Sistem Periodik dan Periodisitas	1381
4.17.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul.....	1382
4.17.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi	1383
4.17.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit	1384
4.17.11 Termokimia dan Termodinamika	1385
4.17.12 Laju Reaksi dan Kinetika.....	1386
4.17.13 Keseimbangan Kimia.....	1387
4.17.14 Asam, Basa, dan pH	1389
4.17.15 Redoks dan Elektrokimia.....	1389
4.17.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi	1390
4.17.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti	1392
4.17.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran	1392
4.17.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual.....	1393
4.17.20 Sintesis Subbab	1393
4.17.21 Checklist Audit Sumber	1394
4.18 Interaksi Antarsumber Miskonsepsi.....	1395

4.18.1 Kedudukan Interaksi Antarsumber Miskonsepsi sebagai Sumber Miskonsepsi ...	1396
4.18.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan	1397
4.18.3 Indikator pada Respons Peserta Didik	1397
4.18.4 Pembedaan dari Kesalahan Lain	1398
4.18.5 Materi, Zat, dan Perubahan	1398
4.18.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron	1399
4.18.7 Sistem Periodik dan Periodisitas	1400
4.18.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul.....	1402
4.18.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi	1403
4.18.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit	1404
4.18.11 Termokimia dan Termodinamika	1405
4.18.12 Laju Reaksi dan Kinetika.....	1406
4.18.13 Keseimbangan Kimia.....	1407
4.18.14 Asam, Basa, dan pH	1408
4.18.15 Redoks dan Elektrokimia.....	1409
4.18.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi	1410
4.18.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti	1412
4.18.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran	1412
4.18.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual.....	1413
4.18.20 Sintesis Subbab	1413
4.18.21 Checklist Audit Sumber	1414
4.19 Kerangka Sistemik Pencegahan Miskonsepsi	1415
4.19.1 Pemetaan Sumber–Proses–Konsepsi–Gejala	1415
4.19.2 Audit Keselarasan Pembelajaran	1416
4.19.3 Kolaborasi Guru, Penulis, dan Pengembang Media	1416
4.19.4 Literasi Epistemik Peserta Didik	1417
4.19.5 Program Sekolah untuk Pencegahan Berkelanjutan	1417
4.20 Penutup Bab.....	1418
Daftar Pustaka Bab 4	1419
GLOSARIUM	14195

BAGIAN I

LANDASAN KONSEPTUAL MISKONSEPSI DALAM PEMBELAJARAN KIMIA

BAB 1

KONSEP, KONSEPSI, DAN MISKONSEPSI

Pengantar Bab

Pembelajaran kimia pada hakikatnya merupakan proses membangun, menghubungkan, menggunakan, dan mengevaluasi konsep. Fakta kimia, seperti perubahan warna suatu larutan atau terbentuknya endapan, baru memiliki makna ilmiah ketika dihubungkan dengan konsep yang relevan. Rumus kimia, persamaan reaksi, grafik, data eksperimen, dan perhitungan stoikiometri juga tidak berdiri sendiri. Semuanya memperoleh makna melalui jaringan konsep yang menjelaskan jenis zat, struktur partikel, interaksi antarpartikel, perubahan materi, perpindahan energi, dan hubungan kuantitatif yang terlibat.

Oleh karena itu, kualitas pembelajaran kimia tidak cukup dinilai berdasarkan banyaknya istilah dan rumus yang dapat diingat peserta didik. Kemampuan menghafal konfigurasi elektron, menuliskan persamaan reaksi, atau memasukkan angka ke dalam suatu rumus belum tentu menunjukkan bahwa peserta didik memahami konsep yang mendasarinya. Peserta didik mungkin dapat memberikan jawaban yang benar secara algoritmik, tetapi menggunakan penalaran yang keliru. Sebaliknya, peserta didik mungkin memahami hubungan konseptual tertentu, tetapi melakukan kesalahan aritmetika atau simbolik dalam menyelesaikan soal.

Pembedaan antara pengetahuan konseptual dan keterampilan prosedural menjadi sangat penting dalam pembelajaran kimia. Pengetahuan konseptual berhubungan dengan pemahaman tentang makna, hubungan, prinsip, struktur, dan alasan ilmiah, sedangkan pengetahuan prosedural berkaitan dengan cara melakukan operasi atau mengikuti langkah penyelesaian tertentu. Keduanya dibutuhkan, tetapi prosedur yang tidak ditopang pemahaman konseptual mudah berubah menjadi hafalan mekanis. Penelitian pendidikan kimia menunjukkan bahwa keberhasilan menyelesaikan soal tidak selalu identik dengan penguasaan konsep karena peserta didik dapat menggunakan pola hitungan yang telah dilatihkan tanpa mampu menjelaskan fenomena kimia yang direpresentasikan oleh perhitungan tersebut.

Pembahasan mengenai miskonsepsi harus dimulai dari pemahaman yang tepat tentang apa yang dimaksud dengan konsep. Istilah *konsep*, *konsepsi*, dan *miskonsepsi* sering digunakan secara bergantian, padahal ketiganya memiliki kedudukan yang berbeda. Konsep merujuk pada konstruksi atau gagasan yang digunakan dalam ilmu untuk mengelompokkan, menjelaskan, memprediksi, dan menghubungkan fenomena. Konsepsi merujuk pada pemahaman yang dimiliki seseorang mengenai suatu konsep. Miskonsepsi merupakan konsepsi yang tidak selaras dengan pengetahuan ilmiah yang diterima, tetapi dianggap masuk akal atau benar oleh individu yang memilikinya.

Dengan demikian, miskonsepsi tidak melekat secara langsung pada istilah atau objek, melainkan pada cara seseorang memaknai suatu konsep dan menggunakannya dalam penalaran. Dua peserta didik dapat menggunakan istilah yang sama, seperti “ikatan kimia”, tetapi memberikan makna yang berbeda. Peserta didik pertama mungkin memandang ikatan sebagai interaksi elektrostatis yang menstabilkan suatu sistem, sedangkan peserta didik kedua membayangkannya sebagai tali fisik yang menghubungkan dua atom. Secara verbal keduanya menggunakan istilah yang sama, tetapi struktur konseptual yang mendasari penggunaan istilah tersebut berbeda.

Bab ini menjadi fondasi bagi seluruh pembahasan dalam buku. Subbab pertama membahas hakikat konsep dalam ilmu kimia. Subbab berikutnya akan menguraikan konsepsi peserta didik, pengertian miskonsepsi, karakteristiknya, hubungan antara miskonsepsi dan tingkat keyakinan, dampak miskonsepsi terhadap pembelajaran lanjutan, serta implikasinya bagi guru kimia. Pembahasan dimulai dari konsep karena tanpa kejelasan mengenai struktur dan karakter konsep kimia, diagnosis miskonsepsi berisiko hanya menjadi kegiatan mencatat jawaban salah tanpa memahami pola pemikiran yang melahirkannya.

1.1 Hakikat Konsep dalam Ilmu Kimia

1.1.1 Konsep sebagai Instrumen Berpikir

Konsep merupakan salah satu perangkat utama yang memungkinkan manusia mengorganisasikan pengalaman dan pengetahuan. Tanpa konsep, setiap objek atau peristiwa harus diperlakukan sebagai kejadian yang sepenuhnya terpisah. Manusia tidak akan dapat mengenali bahwa besi, tembaga, aluminium, dan emas memiliki sejumlah karakteristik yang memungkinkan semuanya dibicarakan dalam kategori “logam”. Manusia juga tidak dapat memahami bahwa pembakaran kayu, korosi besi, metabolisme glukosa, dan reaksi dalam baterai dapat dianalisis melalui konsep oksidasi-reduksi meskipun fenomena yang tampak sangat berbeda.

Dalam psikologi kognitif, konsep umumnya dipahami sebagai representasi mental yang memungkinkan seseorang mengelompokkan objek, peristiwa, sifat, atau hubungan berdasarkan kesamaan dan perbedaan yang dianggap bermakna. Konsep mendukung kegiatan kategorisasi, penalaran, generalisasi, komunikasi, prediksi, dan pengambilan keputusan. Kajian kognitif modern menunjukkan bahwa pembentukan dan penggunaan konsep jauh lebih kompleks daripada sekadar mencocokkan suatu objek dengan daftar ciri. Konsep dapat dibangun melalui aturan, prototipe, contoh-contoh yang tersimpan, hubungan antarkonsep, dan pengetahuan sebelumnya mengenai suatu domain.

Dalam konteks ilmu pengetahuan, konsep memiliki fungsi yang lebih khusus. Konsep ilmiah menjadi alat untuk:

1. mengklasifikasikan objek dan fenomena;

2. mengenali pola;
3. membangun hubungan sebab-akibat;
4. menyusun hukum dan teori;
5. mengembangkan model;
6. menafsirkan data;
7. merumuskan prediksi;
8. mengkomunikasikan hasil pengamatan;
9. menghubungkan fenomena yang tampak berbeda;
10. membatasi makna istilah secara lebih presisi.

Konsep “mol”, misalnya, memungkinkan kimiawan menghubungkan jumlah partikel pada tingkat atomik dengan massa zat yang dapat diukur di laboratorium. Konsep “energi aktivasi” memungkinkan kimiawan menjelaskan mengapa suatu reaksi yang secara termodinamika mungkin berlangsung tetap dapat berjalan sangat lambat. Konsep “kesetimbangan dinamis” memungkinkan dua proses yang berlawanan dipahami sebagai proses yang terus berlangsung meskipun secara makroskopik sistem tampak tidak berubah.

Konsep dengan demikian bukan sekadar nama. Istilah “atom”, “molekul”, “ion”, “asam”, atau “oksidasi” hanyalah label linguistik. Penguasaan label tidak otomatis menunjukkan penguasaan konsep. Seseorang dapat menghafal definisi asam menurut Brønsted–Lowry sebagai donor proton, tetapi belum tentu dapat menentukan pasangan asam-basa konjugasi, menjelaskan perpindahan proton dalam pelarut nonair, atau membedakan kekuatan asam dari konsentrasi asam. Pemahaman konsep menuntut lebih dari kemampuan mengulang definisi.

1.1.2 Perbedaan antara Istilah, Definisi, dan Konsep

Dalam pembelajaran kimia, istilah, definisi, dan konsep perlu dibedakan secara cermat.

Istilah adalah kata, frasa, lambang, atau notasi yang digunakan untuk menunjuk suatu gagasan. “Unsur”, “ikatan kovalen”, “pH”, dan “ ΔH ” merupakan contoh istilah atau simbol yang digunakan dalam komunikasi kimia.

Definisi adalah pernyataan yang membatasi atau menjelaskan makna suatu istilah dalam konteks tertentu. Definisi dapat memberikan ciri penting, kondisi penerapan, atau hubungan istilah tersebut dengan istilah lain.

Konsep adalah struktur makna yang lebih luas daripada istilah dan definisi verbal. Konsep mencakup atribut, hubungan, contoh, noncontoh, kondisi penggunaan, representasi, implikasi, serta keterkaitannya dengan konsep-konsep lain.

Perbedaan tersebut dapat digambarkan melalui konsep “unsur”. Peserta didik dapat menghafal definisi bahwa unsur merupakan zat yang tersusun atas satu jenis atom. Namun, pemahaman konsep unsur menuntut kemampuan yang lebih luas, antara lain:

- membedakan unsur dari senyawa dan campuran;
- memahami hubungan unsur dengan nomor atom;
- menjelaskan bahwa alotrop yang berbeda tetap termasuk unsur yang sama;
- memahami bahwa unsur dapat berada sebagai atom tunggal, molekul diatomik, molekul poliatomik, atau struktur raksasa;
- membedakan lambang unsur dari partikel penyusunnya;
- menjelaskan mengapa ion Na^+ masih berkaitan dengan unsur natrium meskipun jumlah elektronnya berubah;
- memahami bahwa isotop-isotop suatu unsur memiliki nomor atom sama tetapi jumlah neutron berbeda.

Peserta didik yang hanya menghafal definisi mungkin menyatakan bahwa O_2 adalah senyawa karena tersusun atas “dua atom”. Kesalahan ini menunjukkan bahwa peserta didik memusatkan perhatian pada jumlah atom, bukan jenis atom. Definisi telah diingat, tetapi atribut penentu konsep belum dipahami.

Definisi juga tidak selalu sepenuhnya menangkap kekayaan makna suatu konsep. Dalam kimia, definisi dapat berubah atau diperluas sesuai kerangka teoretis. Konsep asam, misalnya, dapat dijelaskan melalui teori Arrhenius, Brønsted–Lowry, atau Lewis. Ketiga kerangka tersebut tidak semata-mata memberikan tiga susunan kata yang berbeda, melainkan menyoroti hubungan dan domain penerapan yang berbeda. Definisi Arrhenius berguna dalam konteks larutan berair, definisi Brønsted–Lowry menekankan transfer proton, sedangkan definisi Lewis memperluas pembahasan menuju penerimaan pasangan elektron.

Karena itu, pembelajaran kimia tidak boleh memperlakukan definisi sebagai kalimat tertutup yang harus diterima tanpa konteks. Definisi harus ditempatkan sebagai bagian dari sistem konseptual yang memiliki ruang lingkup, asumsi, kekuatan, dan keterbatasan.

1.1.3 Perkembangan Pandangan tentang Konsep

Pandangan klasik mengenai konsep menekankan seperangkat ciri yang diperlukan dan mencukupi. Dalam pandangan ini, suatu entitas termasuk ke dalam kategori apabila memenuhi seluruh atribut yang ditetapkan. Pendekatan tersebut sangat berguna bagi konsep-konsep yang memiliki batas formal relatif tegas.

Sebagai contoh, dalam konteks kimia sekolah, isotop dapat didefinisikan sebagai atom-atom dari unsur yang sama yang memiliki nomor atom sama, tetapi nomor massa berbeda. Atribut penentunya dapat dirumuskan secara relatif jelas:

1. nomor atom sama;
2. jumlah proton sama;
3. jumlah neutron berbeda;
4. nomor massa berbeda.

Berdasarkan atribut tersebut, karbon-12 dan karbon-14 merupakan isotop, sedangkan karbon-14 dan nitrogen-14 bukan isotop karena nomor atomnya berbeda.

Namun, tidak semua konsep digunakan hanya melalui daftar atribut tegas. Psikologi kognitif kemudian mengembangkan pandangan prototipe dan eksemplar. Dalam pandangan prototipe, seseorang mengenali suatu kategori dengan membandingkan objek terhadap gambaran umum atau contoh yang dianggap paling mewakili kategori. Dalam pandangan eksemplar, seseorang menggunakan berbagai contoh spesifik yang pernah dijumpai sebagai dasar kategorisasi. Teori konsep kontemporer cenderung mengakui bahwa manusia dapat menggunakan aturan, prototipe, eksemplar, dan pengetahuan kausal secara fleksibel sesuai jenis konsep dan tuntutan tugas.

Pandangan ini sangat relevan untuk memahami pembelajaran kimia. Peserta didik sering membentuk prototipe tidak resmi berdasarkan contoh yang paling sering digunakan guru atau buku teks. Jika seluruh contoh asam yang diberikan berupa zat berbahaya, korosif, dan berasa masam, peserta didik dapat membentuk prototipe bahwa semua asam pasti sangat berbahaya dan berkonsentrasi tinggi. Jika contoh reaksi kimia selalu melibatkan perubahan warna, gas, atau endapan, peserta didik dapat menganggap bahwa reaksi tanpa gejala mencolok bukan reaksi kimia. Jika gambar molekul air selalu berbentuk model bola-dan-tongkat dengan warna tertentu, peserta didik dapat memperlakukan warna dan bentuk model sebagai sifat harfiah molekul.

Prototipe membantu pengenalan awal, tetapi juga dapat menyesatkan apabila dianggap sebagai definisi universal. Oleh sebab itu, guru perlu menyajikan variasi contoh dan noncontoh. Konsep asam sebaiknya tidak hanya diajarkan menggunakan asam klorida, asam sulfat, atau asam asetat, tetapi juga melalui spesies yang fungsi asam-basanya bergantung pada pasangan reaksi dan kerangka teori. Konsep reaksi redoks juga tidak boleh hanya diwakili oleh reaksi yang melibatkan oksigen karena transfer elektron dan perubahan bilangan oksidasi memiliki cakupan lebih luas.

1.1.4 Struktur Dasar Suatu Konsep

Untuk kepentingan pembelajaran, suatu konsep dapat dianalisis melalui beberapa komponen utama.

Komponen	Penjelasan	Contoh pada konsep "ion"
Label konsep	Istilah atau simbol yang digunakan	Ion

Referen	Entitas atau keadaan yang dirujuk	Atom atau gugus atom bermuatan
Atribut kritis	Ciri yang menentukan keanggotaan konsep	Jumlah proton dan elektron tidak seimbang
Atribut nonkritis	Ciri yang dapat berubah tanpa mengubah keanggotaan	Monoatomik atau poliatomik; positif atau negatif
Contoh	Entitas yang termasuk dalam konsep	Na^+ , Cl^- , NH_4^+ , SO_4^{2-}
Noncontoh	Entitas yang tidak termasuk	Na , Cl_2 , H_2O netral
Konsep superordinat	Kategori yang lebih umum	Spesies kimia atau partikel materi
Konsep subordinat	Bentuk yang lebih khusus	Kation, anion, ion monoatomik, ion poliatomik
Konsep koordinat	Konsep setingkat yang perlu dibedakan	Atom netral dan molekul netral
Hubungan proposisional	Pernyataan bermakna yang melibatkan konsep	Kation terbentuk ketika jumlah elektron lebih sedikit daripada jumlah proton
Representasi	Cara konsep digambarkan atau dituliskan	Na^+ , model partikel bermuatan, diagram elektron
Kondisi penerapan	Situasi tempat konsep digunakan	Larutan elektrolit, senyawa ionik, elektrokimia

Analisis tersebut menunjukkan bahwa mengajarkan konsep tidak cukup dengan menyampaikan label dan definisi. Guru perlu memperlihatkan atribut kritis, membandingkan contoh dengan noncontoh, menunjukkan variasi bentuk, dan menghubungkan konsep dengan konsep lain.

Konsep “molekul”, misalnya, sering diajarkan sebagai “gabungan dua atom atau lebih”. Definisi yang terlalu sederhana ini dapat memunculkan kesulitan. NaCl kemudian dianggap sebagai molekul karena rumusnya menunjukkan dua lambang unsur, padahal dalam kristal natrium klorida tidak terdapat unit molekul NaCl yang berdiri sendiri seperti molekul H_2O . Rumus NaCl menunjukkan perbandingan paling sederhana antara ion natrium dan ion klorida dalam kisi ionik. Di sisi lain, O_2 merupakan molekul meskipun tersusun hanya dari satu jenis unsur. Kesalahan tersebut dapat dicegah apabila konsep molekul dibahas bersama konsep struktur kovalen diskrit, kisi ionik, unit formula, dan gaya ikatan.

1.1.5 Konsep sebagai Bagian dari Jaringan Proposisi

Konsep tidak memiliki makna yang utuh ketika berdiri sendiri. Makna berkembang melalui hubungan dengan konsep lain. Novak dan Gowin menjelaskan bahwa konsep-konsep dapat dihubungkan melalui kata penghubung untuk membentuk proposisi, yaitu satuan makna yang menyatakan hubungan antarkonsep. Peta konsep dirancang untuk menampilkan hubungan tersebut sehingga struktur pengetahuan dapat diamati dan dievaluasi.

Sebagai contoh, konsep “katalis” baru memiliki makna yang kuat ketika dihubungkan dengan proposisi-proposisi berikut:

- katalis menyediakan jalur reaksi alternatif;
- jalur alternatif memiliki energi aktivasi lebih rendah;
- katalis dapat meningkatkan laju reaksi maju dan balik;
- katalis tidak mengubah perubahan entalpi reaksi;
- katalis tidak mengubah nilai tetapan kesetimbangan;
- katalis mempercepat tercapainya keadaan setimbang;
- katalis diregenerasi dalam mekanisme reaksi.

Apabila peserta didik hanya mengingat bahwa “katalis mempercepat reaksi”, konsep yang dimiliki masih sangat terbatas. Pernyataan tersebut dapat menimbulkan kesimpulan keliru bahwa katalis menambah energi kepada pereaksi, menaikkan jumlah produk kesetimbangan, atau membuat reaksi yang secara termodinamika tidak mungkin menjadi spontan.

Hal yang sama berlaku bagi konsep “ikatan kimia”. Maknanya tidak dapat dibangun hanya melalui definisi “gaya yang mengikat atom-atom”. Konsep tersebut perlu dihubungkan dengan energi potensial, distribusi elektron, gaya elektrostatik, kestabilan relatif, jarak antarnukleus, struktur, dan sifat zat. Pembelajaran yang memisahkan istilah-istilah tersebut menjadi bagian-bagian hafalan akan menghasilkan pengetahuan terfragmentasi.

Struktur pengetahuan kimia pada dasarnya bersifat jejaring sekaligus hierarkis. Konsep-konsep umum, seperti materi, partikel, energi, struktur, dan perubahan, menjadi landasan bagi konsep yang lebih khusus. Misalnya:

materi → zat → unsur dan senyawa → atom, molekul, dan ion → struktur zat → sifat zat → perubahan zat

Jalur tersebut bukan urutan tunggal yang kaku, tetapi memperlihatkan bahwa konsep lanjutan bergantung pada konsep prasyarat. Pemahaman tentang kesetimbangan asam-basa, misalnya, memerlukan pemahaman tentang mol, konsentrasi, reaksi reversibel, kesetimbangan dinamis, ionisasi, transfer proton, dan representasi simbolik.

Implikasinya, kesalahan pada satu konsep dasar dapat menjalar ke berbagai topik. Peserta didik yang menganggap konsentrasi selalu identik dengan kekuatan asam akan mengalami kesulitan pada pH, larutan penyangga, titrasi, dan kesetimbangan ion. Peserta didik yang tidak membedakan atom, ion, dan molekul akan menghadapi hambatan pada ikatan kimia, larutan elektrolit, reaksi redoks, dan elektrokimia.

1.1.6 Karakter Khusus Konsep Kimia

Konsep kimia memiliki sejumlah karakteristik yang membedakannya dari banyak konsep sehari-hari.

A. Banyak konsep kimia merujuk pada entitas yang tidak dapat diamati secara langsung

Atom, elektron, orbital, molekul, ion, energi aktivasi, dan distribusi kerapatan elektron tidak dapat diamati secara langsung oleh peserta didik sebagaimana mereka mengamati meja, air, atau nyala api. Entitas tersebut dipahami melalui model, data eksperimen, inferensi, dan representasi.

Ketika larutan perak nitrat dicampurkan dengan larutan natrium klorida, peserta didik dapat mengamati terbentuknya endapan putih. Namun, penjelasan bahwa ion Ag^+ berinteraksi dengan ion Cl^- membentuk AgCl padat merupakan penjelasan model pada tingkat partikulat. Peserta didik tidak melihat ion secara langsung. Mereka menghubungkan pengamatan makroskopik dengan model submikroskopik dan persamaan simbolik.

Sifat tidak langsung ini membuat pembelajaran kimia sangat bergantung pada kualitas model dan representasi. Taber menegaskan bahwa pembentukan konsep struktur kimia—seperti atom, molekul, dan kisi—memerlukan perhatian khusus karena peserta didik membangun model mental berdasarkan representasi yang tersedia, termasuk representasi yang tidak lengkap atau menyesatkan.

B. Konsep kimia bersifat model-teoretis

Banyak konsep kimia tidak sekadar merangkum pengamatan, tetapi merupakan bagian dari model teoretis. Orbital, hibridisasi, resonansi, dan ikatan kimia merupakan contoh konsep yang digunakan untuk menjelaskan pola data dan memprediksi perilaku zat. Model tersebut tidak boleh disamakan dengan objek fisik yang digambarkannya.

Model atom Bohr, misalnya, berguna untuk menjelaskan tingkat energi tertentu pada atom hidrogen, tetapi tidak memberikan gambaran lengkap mengenai atom berelektron banyak. Model bola-dan-tongkat membantu menunjukkan konektivitas dan geometri molekul, tetapi tidak menggambarkan ukuran atom, distribusi elektron, jarak, atau ruang kosong secara sepenuhnya realistis.

Kesalahan terjadi apabila peserta didik memperlakukan model sebagai salinan harfiah realitas. Elektron kemudian dibayangkan bergerak mengelilingi inti dalam lintasan seperti planet, ikatan digambarkan sebagai batang padat, atau molekul dianggap memiliki warna yang sama dengan model visualnya. Guru perlu menjelaskan fungsi, asumsi, dan keterbatasan setiap model.

C. Konsep kimia beroperasi pada beberapa tingkat representasi

Johnstone menunjukkan bahwa pembelajaran kimia melibatkan koordinasi antara dunia makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Kerangka ini kemudian dikenal luas sebagai *chemistry triplet* atau segitiga representasi kimia. Tingkat makroskopik berkaitan dengan fenomena yang dapat diamati; tingkat submikroskopik berkaitan dengan model atom,

molekul, ion, dan struktur; sedangkan tingkat simbolik mencakup lambang, rumus, persamaan, grafik, serta operasi matematis.

Sebagai contoh, reaksi antara magnesium dan asam klorida dapat dijelaskan melalui tiga tingkat berikut.

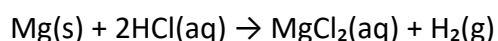
Makroskopik:

- pita magnesium berkurang;
- muncul gelembung gas;
- suhu campuran dapat meningkat;
- terbentuk larutan baru.

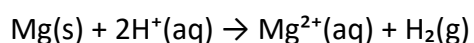
Submikroskopik:

- atom magnesium melepaskan elektron;
- ion H^+ menerima elektron;
- terbentuk ion Mg^{2+} ;
- atom hidrogen membentuk molekul H_2 ;
- ion Cl^- terutama berperan sebagai ion pengamat.

Simbolik:



atau melalui persamaan ion bersih:



Peserta didik yang hanya menguasai tingkat simbolik dapat menyetarakan persamaan tanpa memahami perpindahan elektron atau perubahan partikel. Peserta didik yang hanya mengamati gelembung mungkin menyimpulkan bahwa gelembung berasal dari “udara di dalam logam”. Pemahaman konseptual menuntut kemampuan menghubungkan ketiga representasi tersebut.

Kerangka triplet kimia sangat berpengaruh dalam penelitian dan desain pembelajaran, tetapi tidak boleh digunakan secara mekanis. Taber mengingatkan bahwa ketiga aspek tersebut bukan sekadar tiga gambar yang ditempatkan berdampingan. Hubungan antara fenomena, model teoretis, dan simbol perlu dibangun melalui penalaran. Representasi submikroskopik tetap merupakan model, bukan foto langsung dari realitas.

D. Konsep kimia memiliki dimensi kualitatif dan kuantitatif

Kimia menggabungkan penjelasan kualitatif dan hubungan kuantitatif. Konsep mol, konsentrasi, laju reaksi, entalpi, pH, dan potensial sel tidak dapat dipahami hanya secara verbal maupun hanya secara matematis.

Sebagai contoh, persamaan:

$$n = m/M$$

dapat digunakan untuk menghitung jumlah mol dari massa zat dan massa molarnya. Namun, pemahaman konsep mol memerlukan pengetahuan bahwa mol merupakan satuan jumlah zat yang menghubungkan skala makroskopik dengan jumlah entitas elementer. Peserta didik yang sekadar menghafal rumus dapat memperoleh nilai numerik, tetapi mungkin tetap menyatakan bahwa satu mol setiap zat memiliki massa yang sama.

Begitu pula, peserta didik dapat menghitung pH menggunakan operasi logaritmik tanpa memahami bahwa skala pH bersifat logaritmik dan berkaitan dengan aktivitas atau konsentrasi efektif ion hidrogen dalam pendekatan tertentu. Pemisahan antara operasi matematika dan makna kimia menjadi salah satu sumber utama pemahaman semu.

E. Konsep kimia bersifat relasional

Banyak konsep kimia tidak dapat ditentukan dari satu objek secara terpisah, melainkan dari hubungan antarkomponen atau kondisi sistem.

Konsep oksidator, misalnya, bersifat relasional. Suatu spesies disebut oksidator karena menerima elektron dari spesies lain dalam suatu reaksi. Zat yang bertindak sebagai oksidator pada satu kondisi belum tentu memainkan peran yang sama pada kondisi lain.

Konsep asam dan basa menurut Brønsted–Lowry juga bersifat relasional. Spesies H_2O dapat bertindak sebagai basa ketika menerima proton dari HCl , tetapi dapat bertindak sebagai asam ketika menyumbangkan proton kepada NH_3 . Dengan demikian, label asam atau basa tidak selalu merupakan sifat mutlak yang berdiri sendiri; perannya ditentukan dalam pasangan reaksi.

Konsep kesetimbangan juga bersifat sistemik. Keadaan setimbang bukan sifat satu zat, melainkan keadaan suatu sistem ketika laju proses maju dan balik sama dalam kondisi tertentu. Memahami konsep tersebut memerlukan perhatian terhadap batas sistem, komposisi, suhu, tekanan, dan sifat reaksi.

F. Konsep kimia bersifat hierarkis dan saling bergantung

Konsep kimia dibangun secara bertingkat. Penguasaan konsep tertentu menjadi prasyarat bagi konsep berikutnya. Johnstone mengaitkan kesulitan kimia dengan struktur konseptual bidang tersebut dan keterbatasan pemrosesan informasi peserta didik. Ketika terlalu banyak konsep

baru, simbol, dan hubungan diperkenalkan secara bersamaan, beban kognitif dapat menghambat pembentukan makna.

Pemahaman ikatan kimia, misalnya, mengandaikan pemahaman awal tentang:

- atom;
- proton dan elektron;
- muatan;
- gaya elektrostatik;
- konfigurasi elektron;
- energi;
- kestabilan relatif;
- orbital atau setidaknya distribusi elektron.

Apabila konsep prasyarat tidak kokoh, peserta didik akan mengisi kekosongan penalaran dengan intuisi atau aturan hafalan. Pernyataan “atom berikatan agar memenuhi oktet” kemudian dapat diperlakukan sebagai penyebab final yang berlaku universal, bukan sebagai aturan heuristik dengan sejumlah keterbatasan.

G. Konsep kimia berkembang secara historis

Konsep ilmiah tidak muncul dalam bentuk final sekaligus. Konsep atom, unsur, asam, oksidasi, ikatan, dan struktur materi mengalami perkembangan seiring perubahan bukti, metode eksperimen, dan kerangka teori. Sejarah perkembangan konsep menunjukkan bahwa ilmu bukan kumpulan definisi yang sepenuhnya tetap, melainkan sistem pengetahuan yang disempurnakan.

Konsep oksidasi pada awalnya sangat berkaitan dengan penggabungan suatu zat dengan oksigen. Perkembangan elektrokimia kemudian memperluasnya menjadi pelepasan elektron dan kenaikan bilangan oksidasi. Konsep asam berkembang dari pengenalan sifat zat tertentu menuju kerangka Arrhenius, Brønsted–Lowry, dan Lewis. Perubahan tersebut bukan sekadar pergantian istilah, tetapi perluasan ruang lingkup penjelasan.

Perspektif historis membantu peserta didik memahami mengapa lebih dari satu model atau definisi dapat digunakan. Namun, urutan historis tidak selalu identik dengan urutan pedagogis terbaik. Guru perlu menyeleksi konteks sejarah yang memperjelas perkembangan gagasan tanpa menambah beban konseptual yang tidak diperlukan.

1.1.7 Konsep, Fakta, Hukum, Model, Prinsip, dan Teori

Dalam pembelajaran kimia, konsep sering tercampur dengan fakta, hukum, model, prinsip, dan teori. Pembedaan ini diperlukan agar struktur pengetahuan lebih jelas.

A. Fakta

Fakta merupakan pernyataan mengenai hasil pengamatan atau data yang telah diperoleh dalam kondisi tertentu. Contohnya:

- pada tekanan tertentu, air murni membeku pada suhu tertentu;
- larutan AgNO_3 menghasilkan endapan ketika dicampurkan dengan larutan yang mengandung ion Cl^- ;
- gas hidrogen dapat terbakar dengan adanya oksigen.

Fakta tidak “berbicara sendiri”. Fakta ditafsirkan melalui konsep dan teori.

B. Konsep

Konsep merupakan gagasan yang digunakan untuk mengorganisasi dan memahami fakta, seperti zat, ion, endapan, reaksi, energi, atau kesetimbangan.

C. Hukum

Hukum menyatakan keteraturan atau hubungan yang ditemukan secara konsisten, sering kali dalam bentuk matematis. Hukum kekekalan massa, hukum perbandingan tetap, dan hukum gas merupakan contoh hukum dalam kimia. Hukum menjelaskan pola hubungan, tetapi tidak selalu memberikan mekanisme penyebab yang mendalam.

D. Model

Model merupakan representasi terpilih dari suatu sistem atau proses. Model menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Model atom, model partikel gas, struktur Lewis, dan model VSEPR digunakan untuk tujuan penjelasan dan prediksi tertentu.

E. Prinsip

Prinsip merupakan gagasan umum yang memandu penalaran dalam suatu domain. Prinsip Aufbau, asas Le Chatelier, dan prinsip kekekalan muatan digunakan untuk menata penjelasan dan penyelesaian masalah.

F. Teori

Teori merupakan sistem penjelasan yang terorganisasi dan didukung bukti, yang menghubungkan konsep, model, hukum, dan hasil eksperimen. Teori kinetik molekuler, teori ikatan valensi, dan teori orbital molekul memberikan kerangka untuk menjelaskan berbagai fenomena.

Pembedaan tersebut tidak dimaksudkan untuk membangun sekat kaku. Dalam praktik keilmuan, istilah dapat digunakan secara berbeda menurut tradisi bidang. Tujuan pedagogisnya adalah membantu peserta didik memahami bahwa pengetahuan kimia terdiri atas berbagai jenis konstruksi yang memiliki fungsi epistemik berbeda.

Sebagai contoh, model VSEPR bukan bentuk fisik yang dapat diamati secara langsung, melainkan model prediktif untuk memperkirakan susunan domain elektron dan geometri molekul. Apabila model diperlakukan sebagai hukum universal tanpa batasan, peserta didik tidak akan memahami mengapa prediksi tertentu memerlukan teori yang lebih maju.

1.1.8 Atribut Kritis, Contoh, dan Noncontoh

Pembelajaran konsep memerlukan identifikasi atribut kritis. Atribut kritis adalah ciri yang menentukan apakah suatu kasus termasuk atau tidak termasuk dalam konsep. Atribut nonkritis merupakan ciri yang mungkin umum ditemukan, tetapi bukan syarat penentu.

Konsep “elektrolit” dapat digunakan sebagai ilustrasi. Atribut kritisnya bukan rasa, warna, atau jenis wadah, melainkan kemampuan suatu zat menghasilkan spesies bermuatan yang bergerak dalam keadaan cair atau larutan sehingga sistem dapat menghantarkan arus listrik.

Contoh elektrolit meliputi:

- larutan NaCl;
- larutan HCl;
- larutan CH_3COOH ;
- lelehan NaCl.

Noncontohnya meliputi:

- larutan sukrosa;
- etanol murni;
- padatan NaCl kering dalam kondisi biasa.

Kasus padatan NaCl penting karena menunjukkan bahwa keberadaan ion saja tidak selalu cukup untuk menghasilkan konduktivitas listrik. Dalam kristal padat, ion-ion menempati posisi relatif tetap dan tidak bebas bergerak melalui bahan. Dengan demikian, mobilitas pembawa muatan merupakan bagian penting dari penjelasan.

Variasi contoh juga diperlukan untuk mencegah pembentukan asosiasi dangkal. Apabila elektrolit hanya dicontohkan melalui larutan garam, peserta didik dapat menyimpulkan bahwa semua elektrolit adalah garam dan semua senyawa kovalen adalah nonelektrolit. Padahal, HCl dan CH_3COOH merupakan senyawa molekuler yang menghasilkan ion ketika berada dalam air, meskipun derajat ionisasinya berbeda.

Noncontoh tidak boleh diperlakukan sebagai pelengkap. Noncontoh berfungsi memperjelas batas konsep. Dalam pembelajaran perubahan kimia, misalnya, penguapan air dapat dibandingkan dengan elektrolisis air. Keduanya melibatkan air, tetapi pada penguapan identitas kimia H_2O tetap, sedangkan pada elektrolisis terbentuk zat dengan identitas kimia berbeda.

1.1.9 Batas Konsep dan Konteks Penggunaan

Sebagian konsep kimia memiliki batas yang relatif jelas pada tingkat kurikulum tertentu, sedangkan konsep lain memerlukan penjelasan kontekstual. Kesulitan muncul ketika definisi yang berlaku dalam satu konteks dipaksakan ke semua situasi.

Sebagai contoh, pada pembelajaran awal, oksidasi sering diperkenalkan sebagai reaksi pengikatan oksigen. Definisi ini mudah dipahami melalui pembakaran atau pembentukan oksida. Namun, definisi tersebut tidak mencakup seluruh reaksi redoks. Ketika peserta didik kemudian mempelajari transfer elektron dan bilangan oksidasi, guru harus menjelaskan bahwa pengertian sebelumnya merupakan kasus khusus, bukan aturan yang salah sepenuhnya.

Pendekatan ini berbeda dari mengganti definisi lama secara tiba-tiba. Guru perlu memperlihatkan hubungan inklusif:

- pengikatan oksigen sering melibatkan oksidasi;
- pelepasan elektron merupakan cara yang lebih luas untuk memahami oksidasi;
- kenaikan bilangan oksidasi menjadi alat formal untuk mengidentifikasi oksidasi dalam banyak reaksi.

Konsep kimia juga dapat beroperasi pada tingkat idealisasi yang berbeda. “Gas ideal” bukan gas tertentu yang sepenuhnya memenuhi seluruh asumsi, melainkan model batas yang berguna. Peserta didik perlu memahami bahwa gas nyata dapat mendekati perilaku ideal pada kondisi tertentu, tetapi menyimpang ketika gaya antarmolekul dan volume partikel menjadi signifikan.

Taber menunjukkan bahwa representasi konsep dalam kurikulum dapat menimbulkan kebingungan apabila pengetahuan disiplin yang kompleks disajikan sebagai target belajar yang seolah-olah sederhana, final, dan bebas konteks. Penyederhanaan memang diperlukan, tetapi harus dirancang agar tidak membangun hambatan bagi pembelajaran lanjutan.

1.1.10 Pengetahuan Konseptual dan Pengetahuan Prosedural

Pengetahuan konseptual menjawab pertanyaan seperti:

- apa makna konsep tersebut;
- mengapa suatu hubungan berlaku;
- bagaimana konsep terhubung dengan konsep lain;
- dalam kondisi apa konsep dapat diterapkan;
- apa batas dan asumsi konsep;
- bagaimana konsep direpresentasikan.

Pengetahuan prosedural menjawab pertanyaan seperti:

- langkah apa yang harus dilakukan;
- rumus mana yang digunakan;
- bagaimana menyetarakan persamaan;
- bagaimana menghitung hasil;
- bagaimana menjalankan alat atau metode tertentu.

Dalam praktik pembelajaran, keduanya saling mendukung. Pemahaman konseptual tanpa keterampilan prosedural dapat membuat peserta didik kesulitan menerapkan pengetahuan. Sebaliknya, prosedur tanpa konsep menghasilkan pengetahuan rapuh.

Contoh yang sering ditemukan adalah penggunaan hubungan pengenceran:

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

Peserta didik dapat menggunakan persamaan tersebut secara benar, tetapi belum tentu memahami bahwa persamaan hanya berlaku ketika jumlah zat terlarut yang diperhitungkan tetap dan perubahan volume terjadi karena penambahan pelarut. Jika terjadi reaksi kimia, penguapan zat terlarut, atau perubahan jumlah spesies melalui kesetimbangan yang relevan, penggunaan persamaan tersebut memerlukan peninjauan kembali.

Demikian pula, metode “silang muatan” dapat membantu menuliskan rumus senyawa ionik, tetapi dapat berubah menjadi algoritma menyedatkan apabila peserta didik tidak memahami netralitas muatan dan rasio bilangan bulat paling sederhana. Peserta didik mungkin menulis Ca_2O_2 tanpa menyederhanakannya menjadi CaO , atau memperlakukan angka muatan seolah-olah selalu berpindah secara mekanis menjadi indeks.

Pengajaran yang baik perlu bergerak dua arah:

1. dari konsep menuju prosedur, sehingga langkah penyelesaian memiliki alasan;
2. dari prosedur kembali menuju konsep, sehingga hasil dapat ditafsirkan dan dievaluasi.

Pertanyaan “berapa hasilnya?” perlu dilengkapi dengan “apa makna hasilnya?”, “mengapa cara ini berlaku?”, dan “apakah jawaban tersebut masuk akal secara kimia?”

1.1.11 Pembentukan Konsep Kimia dalam Pikiran Peserta Didik

Konsep ilmiah yang diajarkan dalam kurikulum tidak dapat dipindahkan secara utuh dari pikiran guru ke pikiran peserta didik. Peserta didik membangun makna dengan menghubungkan informasi baru dengan pengetahuan yang telah dimiliki. Proses ini dipengaruhi oleh pengalaman, bahasa, analogi, contoh, gambar, interaksi sosial, dan cara materi disusun.

Penelitian pendidikan kimia telah menunjukkan bahwa peserta didik membawa berbagai gagasan awal ketika memasuki kelas. Gagasan tersebut dapat membantu, menghambat, atau mengarahkan interpretasi terhadap pembelajaran baru. Taber menekankan pentingnya menjembatani penelitian tentang gagasan peserta didik dengan praktik pembelajaran karena informasi mengenai cara peserta didik memahami konsep seharusnya menjadi dasar perancangan pengajaran.

Pembentukan konsep dapat dipahami sebagai proses yang melibatkan:

1. perhatian terhadap fenomena atau informasi;
2. aktivasi pengetahuan awal;
3. pengenalan pola;
4. pembentukan kategori;
5. pengaitan label dengan makna;
6. pengujian melalui contoh dan noncontoh;
7. integrasi dengan konsep yang telah dimiliki;
8. penggunaan konsep pada konteks baru;
9. evaluasi dan revisi pemahaman.

Proses tersebut tidak selalu sepenuhnya sadar. Sebagian pengetahuan yang digunakan seseorang dalam menafsirkan fenomena bersifat implisit sehingga tidak mudah diungkapkan secara langsung melalui pertanyaan definisional. Seorang peserta didik mungkin menyatakan bahwa partikel gas bergerak bebas, tetapi pada saat menjelaskan tekanan ia menggambar partikel berkumpul di bagian bawah wadah karena dianggap memiliki berat. Pengetahuan implisit perlu diungkap melalui tugas, gambar, prediksi, penjelasan, atau wawancara.

Dengan demikian, tes yang hanya meminta peserta didik memilih definisi yang benar belum tentu cukup untuk menilai pemahaman konsep. Diagnosis perlu menguji kemampuan peserta didik menggunakan konsep secara konsisten pada berbagai bentuk representasi dan konteks.

1.1.12 Contoh Analisis Konsep: “Keseimbangan Kimia”

Analisis konsep keseimbangan kimia dapat memperlihatkan kompleksitas suatu konsep kimia.

Label

Keseimbangan kimia.

Definisi operasional pada tingkat SMA

Keadaan dalam sistem tertutup ketika laju reaksi maju sama dengan laju reaksi balik sehingga komposisi makroskopik sistem relatif tetap pada kondisi tertentu.

Atribut kritis

1. terdapat proses yang dapat berlangsung dalam arah maju dan balik;
2. sistem berada dalam kondisi yang memungkinkan reaksi balik;
3. laju proses maju dan balik sama;
4. reaksi tetap berlangsung pada tingkat partikel;
5. sifat makroskopik sistem relatif tetap;
6. keadaan setimbang bergantung pada kondisi sistem.

Atribut nonkritis atau anggapan yang tidak menentukan

- konsentrasi pereaksi dan produk harus sama;
- jumlah mol pereaksi dan produk harus sama;
- reaksi berhenti;
- semua zat harus berada pada fase yang sama;
- warna sistem harus hilang;
- katalis harus ditambahkan.

Contoh

- kesetimbangan $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ dalam wadah tertutup;
- kesetimbangan ionisasi asam lemah dalam air;
- kesetimbangan kelarutan garam sukar larut;
- kesetimbangan antara cairan dan uap dalam wadah tertutup.

Noncontoh

- reaksi pembakaran dalam sistem terbuka yang berlangsung sampai pereaksi pembatas habis;
- air yang terus menguap dari wadah terbuka tanpa proses kondensasi yang sebanding;
- campuran yang secara kebetulan memiliki komposisi konstan karena tidak bereaksi.

Hubungan antarkonsep

Kesetimbangan kimia berkaitan dengan reaksi reversibel, laju reaksi, konsentrasi, tekanan, suhu, energi bebas, tetapan kesetimbangan, dan kuosien reaksi.

Analisis ini menunjukkan bahwa satu definisi singkat perlu diuraikan menjadi berbagai atribut, contoh, batas, dan hubungan. Tanpa analisis tersebut, peserta didik dapat menghafal “laju maju sama dengan laju balik” tetapi tetap membayangkan bahwa jumlah produk harus sama dengan jumlah pereaksi.

1.1.13 Peran Bahasa dalam Konsep Kimia

Bahasa memegang peranan ganda: bahasa memungkinkan konsep dikomunikasikan, tetapi juga dapat menjadi sumber penyimpangan makna. Banyak istilah kimia memiliki arti sehari-hari yang berbeda dari arti ilmiahnya.

Istilah “stabil”, misalnya, dalam bahasa sehari-hari dapat berarti tidak berubah atau tidak bergerak. Dalam kimia, stabilitas umumnya bersifat relatif terhadap kondisi, jalur reaksi, dan skala waktu. Suatu zat dapat stabil secara kinetik, tetapi tidak paling stabil secara termodinamika.

Istilah “jenuh” dapat dimaknai sebagai “penuh” secara harfiah. Peserta didik kemudian dapat membayangkan bahwa larutan jenuh tidak memiliki ruang untuk menerima partikel tambahan. Padahal, kejenuhan berkaitan dengan keadaan kesetimbangan antara proses pelarutan dan pengendapan pada suhu serta kondisi tertentu.

Istilah “ikatan kuat” juga dapat menimbulkan ambiguitas. Peserta didik dapat menyamakan kekuatan ikatan intramolekul dengan tingginya titik didih, padahal titik didih zat molekuler lebih langsung berkaitan dengan gaya antarmolekul yang harus diatasi ketika molekul berpindah ke fase gas. Ikatan kovalen di dalam molekul umumnya tidak diputus selama proses pendidihan biasa.

Simbol kimia menambah lapisan bahasa yang lain. Rumus, persamaan, grafik, dan notasi bukan sekadar bentuk singkat dari kata-kata, tetapi sistem representasi yang memiliki aturan. Kajian terhadap ekspresi simbolik kimia menunjukkan bahwa simbol digunakan untuk menyatakan komposisi, kuantitas, struktur, dan reaktivitas, tetapi juga menjadi sumber kesulitan ketika peserta didik belum memahami fungsi simbol dalam konteksnya.

Contohnya, angka “2” dapat memiliki makna berbeda:

- $2\text{H}_2\text{O}$ menunjukkan dua unit molekul air;
- H_2O menunjukkan dua atom H dalam setiap molekul air;
- Ca^{2+} menunjukkan muatan positif dua;
- ^2H menunjukkan isotop hidrogen dengan nomor massa dua.

Kesamaan bentuk simbol tidak berarti kesamaan fungsi. Penguasaan konsep memerlukan literasi simbolik yang presisi.

1.1.14 Analisis Kritis terhadap Penyederhanaan Konsep

Penyederhanaan diperlukan dalam pembelajaran SMA. Tidak semua kompleksitas teori kimia dapat disajikan sekaligus. Namun, penyederhanaan harus dibedakan dari distorsi.

Penyederhanaan yang produktif:

- memilih aspek yang sesuai dengan tujuan dan tingkat peserta didik;
- menyatakan asumsi yang digunakan;
- menjelaskan bahwa model memiliki keterbatasan;
- menyediakan jalur menuju pemahaman yang lebih lanjut;
- tidak bertentangan secara mendasar dengan konsep yang akan dipelajari kemudian.

Distorsi konseptual:

- menyajikan aturan pendekatan sebagai hukum universal;
- menggunakan analogi seolah-olah identik dengan objek ilmiah;
- menghilangkan syarat penerapan;
- menanamkan penjelasan teleologis yang keliru;
- menutupi pengecualian penting;
- mencampur tingkat makroskopik dan submikroskopik.

Pernyataan “atom berikatan karena ingin stabil” merupakan contoh bahasa teleologis yang perlu digunakan dengan sangat hati-hati. Atom tidak memiliki keinginan. Pembentukan ikatan perlu dijelaskan melalui perubahan energi sistem dan interaksi elektrostatis. Ungkapan tersebut mungkin memudahkan komunikasi awal, tetapi jika tidak direvisi dapat menjadi dasar miskonsepsi antropomorfis.

Pernyataan “elektron mencari pasangan” juga dapat membantu mengingat diagram orbital, tetapi tidak menjelaskan prinsip energi, spin, dan interaksi elektron. Demikian pula, “molekul air tertarik pada garam lalu memecahnya” dapat menghasilkan gambaran mekanis yang tidak memadai tentang hidrasi dan interaksi ion-dipol.

Guru perlu menilai apakah suatu penyederhanaan berfungsi sebagai jembatan konseptual atau justru menjadi hambatan pedagogis. Penelitian mengenai konsep struktural kimia menunjukkan bahwa sebagian kesulitan peserta didik dapat berasal dari cara materi diajarkan, termasuk penggunaan aturan dan model yang disederhanakan tanpa penjelasan batasnya.

1.1.15 Implikasi bagi Perencanaan Pembelajaran Kimia

Pemahaman mengenai hakikat konsep memberikan beberapa implikasi langsung bagi guru.

A. Guru perlu melakukan analisis konsep

Sebelum mengajar, guru perlu mengidentifikasi:

- definisi operasional;
- atribut kritis;
- atribut nonkritis;
- contoh dan noncontoh;
- konsep prasyarat;
- konsep subordinat dan superordinat;
- bentuk representasi;
- kemungkinan miskonsepsi;
- konteks penerapan;
- batas model atau definisi.

Analisis ini membantu guru menghindari pengajaran yang hanya mengikuti urutan halaman buku.

B. Pembelajaran harus membangun hubungan

Guru perlu menghubungkan konsep baru dengan konsep prasyarat. Sebelum mempelajari ikatan ion, peserta didik perlu memahami struktur atom, elektron valensi, pembentukan ion, gaya elektrostatik, dan perbedaan antara partikel dengan zat makroskopik.

C. Contoh harus bervariasi

Contoh sebaiknya mencakup kasus tipikal dan tidak tipikal. Konsep molekul tidak cukup dijelaskan dengan H_2O dan CO_2 ; perlu dibandingkan dengan O_2 , P_4 , NaCl , SiO_2 , dan logam agar batas konsep lebih jelas.

D. Noncontoh harus dibahas secara eksplisit

Guru tidak cukup bertanya, “Apakah ini termasuk senyawa?” Guru perlu meminta alasan mengapa suatu kasus termasuk atau tidak termasuk dan atribut mana yang menentukan.

E. Representasi perlu diterjemahkan

Peserta didik perlu dilatih berpindah antara fenomena, model partikel, persamaan kimia, grafik, dan perhitungan. Penggunaan representasi pada ketiga aspek triplet kimia dalam pembelajaran dapat mendukung pemahaman apabila hubungan antarrepresentasi dibuat eksplisit.

F. Definisi perlu digunakan dalam penalaran

Setelah memberikan definisi, guru perlu menguji apakah peserta didik dapat menerapkannya pada kasus baru, menjelaskan batasnya, dan membandingkannya dengan konsep yang berdekatan.

G. Penilaian harus mengungkap alasan

Pertanyaan pilihan ganda perlu dilengkapi dengan alasan, gambar, prediksi, atau tingkat keyakinan apabila tujuannya menilai pemahaman konsep. Jawaban benar belum menjamin alasan yang benar.

1.1.16 Contoh Penerapan Analisis Konsep di Kelas

Pada topik perubahan fisika dan kimia, guru dapat memulai dengan beberapa peristiwa:

1. es mencair;
2. gula larut dalam air;
3. besi berkarat;
4. lilin meleleh;
5. lilin terbakar;
6. air dielektrolisis;
7. alkohol menguap;
8. larutan asam dan basa dinetralkan.

Peserta didik diminta mengelompokkan peristiwa dan menjelaskan dasar klasifikasinya. Guru tidak langsung memberikan jawaban, tetapi menelusuri atribut yang digunakan peserta didik.

Peserta didik mungkin menggunakan atribut berikut:

- dapat atau tidak dapat kembali;
- menghasilkan panas;
- berubah warna;
- menghasilkan gas;
- berubah bentuk;
- terbentuk zat baru.

Guru kemudian mengevaluasi atribut tersebut. “Tidak dapat kembali” bukan atribut kritis karena sebagian perubahan fisika sulit dibalik secara praktis, sedangkan beberapa perubahan

kimia dapat berlangsung reversibel. “Menghasilkan panas” juga bukan penentu karena perubahan fisika dan kimia sama-sama dapat melibatkan perpindahan energi.

Atribut yang lebih mendasar adalah perubahan identitas kimia dan susunan partikel. Penggunaan model partikel dapat membantu membandingkan:

- pelelehan: jenis partikel tetap, susunan dan gerakannya berubah;
- pelarutan: partikel zat terdispersi dan berinteraksi dengan pelarut;
- pembakaran: atom-atom tersusun ulang membentuk spesies baru.

Kegiatan ini bukan hanya mengajarkan klasifikasi, tetapi juga memperlihatkan bahwa konsep ilmiah dibentuk melalui pemilihan atribut yang relevan, pengujian contoh, penolakan atribut semu, dan penyusunan hubungan penjelas.

1.1.17 Konsep Kimia sebagai Hasil Konstruksi Ilmiah dan Konstruksi Belajar

Konsep kimia memiliki dua dimensi yang perlu dibedakan.

Pertama, konsep merupakan hasil konstruksi komunitas ilmiah. Makna konsep dibentuk dan disempurnakan melalui eksperimen, perdebatan, model, teori, serta kesepakatan terminologis. Konsep ilmiah bukan pendapat individual yang bebas dari standar bukti.

Kedua, konsep harus direkonstruksi oleh peserta didik dalam proses belajar. Peserta didik tidak menemukan seluruh konsep kimia secara mandiri dari pengamatan karena banyak konsep bergantung pada tradisi teoretis dan representasi ilmiah. Namun, peserta didik tetap harus membangun makna dalam struktur kognitifnya sendiri.

Pembedaan tersebut mencegah dua ekstrem.

Ekstrem pertama adalah transmisi mutlak, yaitu anggapan bahwa konsep dapat dipindahkan secara langsung melalui ceramah. Ekstrem kedua adalah relativisme berlebihan, yaitu anggapan bahwa semua konsepsi peserta didik sama benarnya karena dibangun secara individual. Dalam pendidikan sains, konstruksi personal tetap perlu diuji terhadap bukti, koherensi, daya jelas, dan pengetahuan ilmiah yang diterima.

Guru berperan sebagai mediator antara struktur pengetahuan disipliner dan struktur pemahaman peserta didik. Peran ini menuntut penguasaan materi sekaligus pengetahuan tentang cara konsep dipelajari, direpresentasikan, dan sering disalahpahami. Kajian mutakhir tentang *pedagogical content knowledge* kimia tetap menempatkan pengetahuan tentang pemikiran peserta didik, representasi, dan strategi pembelajaran sebagai jembatan penting antara penguasaan konten dan praktik mengajar.

1.1.18 Sintesis

Hakikat konsep dalam ilmu kimia dapat diringkas melalui beberapa proposisi utama.

Pertama, konsep bukan sekadar istilah atau definisi, melainkan struktur makna yang mencakup atribut, hubungan, contoh, noncontoh, representasi, kondisi penerapan, dan batas.

Kedua, konsep kimia bersifat berjejaring. Makna suatu konsep ditentukan oleh hubungannya dengan konsep-konsep lain. Karena itu, pembelajaran yang memisahkan istilah menjadi hafalan terfragmentasi tidak cukup untuk membangun pemahaman.

Ketiga, banyak konsep kimia bersifat abstrak, model-teoretis, relasional, hierarkis, kuantitatif, dan beroperasi pada beberapa tingkat representasi. Karakter tersebut menjadikan kimia kaya secara intelektual sekaligus rentan terhadap miskonsepsi.

Keempat, konsep ilmiah berkembang secara historis dan memiliki ruang lingkup tertentu. Definisi yang digunakan di sekolah perlu dipahami sebagai bagian dari kerangka penjelasan, bukan kalimat yang selalu berlaku tanpa syarat.

Kelima, pembelajaran konsep memerlukan variasi contoh, noncontoh, analisis atribut, penerjemahan antarrepresentasi, dan penerapan pada konteks baru.

Keenam, kemampuan menyelesaikan prosedur tidak selalu menunjukkan penguasaan konsep. Penilaian perlu mengungkap alasan, model mental, dan konsistensi penggunaan konsep.

Ketujuh, peserta didik membangun makna berdasarkan pengetahuan awal dan pengalaman. Karena itu, konsep yang dimaksudkan dalam kurikulum belum tentu identik dengan konsepsi yang terbentuk dalam pikiran peserta didik.

Titik terakhir tersebut menjadi penghubung menuju pembahasan berikutnya. Setelah memahami konsep sebagai konstruksi ilmiah dan sebagai struktur makna, persoalan berikutnya adalah bagaimana peserta didik secara individual memahami konsep tersebut. Pemahaman personal inilah yang disebut konsepsi peserta didik. Konsepsi dapat selaras dengan konsep ilmiah, bersifat parsial, terfragmentasi, bergantung pada konteks, atau bertentangan dengan pengetahuan ilmiah.

1.2 Konsepsi Peserta Didik

1.2.1 Pengertian Konsepsi Peserta Didik

Konsepsi peserta didik adalah struktur pemahaman personal yang digunakan peserta didik untuk menafsirkan objek, fenomena, istilah, simbol, model, hukum, dan proses ilmiah. Konsepsi mencakup bukan hanya apa yang diketahui atau dinyatakan oleh peserta didik, tetapi juga bagaimana mereka menghubungkan gagasan, menjelaskan sebab suatu fenomena, membuat prediksi, memilih representasi, dan membenarkan jawabannya.

Konsepsi merupakan pemaknaan individual terhadap suatu konsep. Konsep ilmiah memiliki makna yang dikembangkan dan diterima dalam komunitas keilmuan, sedangkan konsepsi menunjukkan bagaimana konsep tersebut dipahami oleh seseorang. Konsep tentang kesetimbangan kimia, misalnya, mengacu pada keadaan dinamis ketika laju reaksi maju sama

dengan laju reaksi balik pada kondisi tertentu. Akan tetapi, konsepsi seorang peserta didik tentang kesetimbangan dapat berupa anggapan bahwa:

- reaksi telah berhenti;
- jumlah pereaksi sama dengan jumlah produk;
- konsentrasi semua zat menjadi sama;
- reaksi maju selesai terlebih dahulu, baru kemudian reaksi balik dimulai;
- katalis dapat menggeser kesetimbangan menuju produk;
- kesetimbangan hanya terjadi ketika zat-zat berada dalam fase yang sama.

Semua pernyataan tersebut memperlihatkan cara peserta didik memaknai kesetimbangan. Oleh karena itu, konsepsi tidak dapat diidentifikasi hanya dengan melihat apakah peserta didik mengenal istilah “kesetimbangan dinamis”. Guru perlu menelusuri makna yang diberikan peserta didik terhadap istilah tersebut dan melihat bagaimana makna itu digunakan dalam berbagai situasi.

Konsepsi peserta didik dapat sesuai dengan pengetahuan ilmiah, mendekati konsep ilmiah, bersifat parsial, mengandung campuran antara gagasan ilmiah dan intuitif, atau bertentangan dengan konsep ilmiah. Karena itu, istilah konsepsi tidak identik dengan miskonsepsi. Semua miskonsepsi merupakan konsepsi, tetapi tidak semua konsepsi merupakan miskonsepsi.

Perbedaan tersebut sangat penting. Ketika seorang peserta didik belum mampu menjelaskan proses ionisasi asam lemah secara lengkap, belum tentu ia memiliki miskonsepsi. Ia mungkin hanya memiliki pengetahuan yang belum lengkap. Sebaliknya, apabila peserta didik secara konsisten meyakini bahwa asam kuat selalu memiliki konsentrasi tinggi, ia telah membangun hubungan konseptual yang salah antara kekuatan asam dan konsentrasi. Kasus kedua lebih dekat dengan miskonsepsi karena terdapat struktur pemahaman yang salah dan digunakan dengan keyakinan tertentu.

Nakhleh mendeskripsikan miskonsepsi kimia sebagai pemahaman peserta didik yang tidak tepat terhadap konsep kimia dan menekankan bahwa kesulitan belajar kimia tidak dapat dilepaskan dari struktur kognitif yang telah dimiliki peserta didik. Penjelasan ilmiah yang disampaikan guru tidak masuk ke ruang kognitif yang kosong, melainkan berinteraksi dengan gagasan, pengalaman, bahasa, dan pola penalaran yang telah ada sebelumnya (Nakhleh, 1992).

Dengan demikian, konsepsi peserta didik dapat dirumuskan sebagai:

Keseluruhan representasi, hubungan makna, asumsi, penjelasan, model mental, dan pola penalaran yang digunakan peserta didik untuk memahami dan menggunakan suatu konsep dalam konteks tertentu.

Definisi ini mengandung beberapa unsur penting.

Pertama, konsepsi merupakan **representasi internal**. Konsepsi berada dalam struktur kognitif peserta didik dan tidak dapat diamati secara langsung.

Kedua, konsepsi diekspresikan melalui **representasi eksternal**, seperti jawaban lisan, tulisan, gambar, persamaan, diagram, pilihan jawaban, argumentasi, dan tindakan eksperimen.

Ketiga, konsepsi memiliki **hubungan makna**. Peserta didik tidak hanya menyimpan kata, tetapi menghubungkan satu gagasan dengan gagasan lain.

Keempat, konsepsi dapat dipengaruhi oleh **konteks**. Peserta didik dapat menggunakan penjelasan berbeda ketika konsep yang sama disajikan dalam bentuk soal, gambar, eksperimen, atau fenomena sehari-hari.

Kelima, konsepsi bersifat **dinamis**. Konsepsi dapat diperluas, direorganisasi, dipisahkan, digabungkan, atau digantikan selama proses belajar.

1.2.2 Latar Historis Kajian Konsepsi Peserta Didik

Kajian mengenai konsepsi peserta didik berkembang sebagai kritik terhadap pandangan transmisi pengetahuan. Dalam pandangan pembelajaran tradisional, peserta didik sering diasumsikan sebagai penerima informasi. Guru menjelaskan materi, peserta didik mendengarkan, kemudian keberhasilan belajar diukur dari kemampuan mengulang informasi atau menyelesaikan soal sesuai prosedur yang diajarkan.

Pandangan tersebut secara implisit mengasumsikan bahwa kegagalan belajar terutama disebabkan oleh kurangnya perhatian, kurangnya latihan, lemahnya kemampuan mengingat, atau tidak lengkapnya penjelasan guru. Apabila peserta didik memberikan jawaban salah, solusinya dianggap cukup dengan mengulang penjelasan, memberikan contoh tambahan, atau menambah latihan.

Penelitian pendidikan sains pada dekade 1960-an dan 1970-an mulai menunjukkan bahwa peserta didik tidak memasuki kelas dengan pikiran kosong. Mereka telah memiliki gagasan mengenai gerak, gaya, panas, cahaya, materi, kehidupan, dan berbagai fenomena alam. Gagasan tersebut dibentuk melalui interaksi sehari-hari dan dapat berbeda secara mendasar dari penjelasan ilmiah.

Kajian Driver dan Easley pada 1978 merupakan salah satu tonggak penting yang mengonsolidasikan penelitian tentang perkembangan konsep peserta didik dalam pendidikan sains. Kajian tersebut menunjukkan perlunya memandang pemikiran peserta didik sebagai sistem penjelasan yang layak diteliti, bukan sekadar kumpulan kesalahan acak. Mereka menggunakan gagasan tentang “paradigma peserta didik” untuk menekankan bahwa respons siswa dapat memiliki pola dan logika internal tertentu (Driver & Easley, 1978).

Perubahan orientasi ini menghasilkan pertanyaan penelitian baru. Peneliti tidak lagi hanya bertanya:

- Berapa peserta didik yang menjawab benar?
- Materi apa yang tidak dikuasai?
- Berapa nilai rata-rata kelas?

Peneliti mulai bertanya:

- Bagaimana peserta didik memahami suatu fenomena?
- Asumsi apa yang mendasari jawabannya?
- Mengapa suatu jawaban dianggap masuk akal?
- Apakah pola pemahaman tersebut konsisten?
- Dari mana konsepsi tersebut berasal?
- Mengapa konsepsi tertentu bertahan setelah pembelajaran?
- Bagaimana konsepsi berubah?

Dalam pendidikan kimia, perhatian terhadap konsepsi peserta didik berkembang kuat ketika penelitian memperlihatkan bahwa peserta didik dapat menguasai algoritma kimia tanpa memahami dasar konseptualnya. Mereka mampu menghitung mol, konsentrasi, pH, atau entalpi, tetapi tidak selalu mampu menjelaskan arti hasil perhitungan pada tingkat partikel. Nakhleh menunjukkan bahwa pemahaman terhadap sifat partikulat dan kinetik materi merupakan fondasi penting, tetapi banyak peserta didik tetap menggunakan gambaran materi yang kontinu atau makroskopik ketika menjelaskan fenomena kimia (Nakhleh, 1992).

Penelitian Gabel, Samuel, dan Hunn juga memperlihatkan kesulitan peserta didik dan calon guru dalam memahami sifat partikulat materi. Kesulitan tersebut bukan sekadar tidak hafal definisi atom atau molekul, melainkan kegagalan menggunakan model partikel secara tepat untuk menjelaskan zat dan perubahannya (Gabel, Samuel, & Hunn, 1987).

Perkembangan kajian tersebut mengubah posisi jawaban salah. Jawaban salah tidak lagi semata-mata dianggap kegagalan yang harus dihapus, tetapi dipandang sebagai bukti tentang cara berpikir peserta didik. Kesalahan dapat memberikan informasi mengenai atribut konsep yang dianggap penting, analogi yang digunakan, hubungan yang dibangun, dan bagian penjelasan ilmiah yang belum terintegrasi.

1.2.3 Perbedaan Konsep, Konsepsi, Pengetahuan Awal, dan Model Mental

Istilah konsep, konsepsi, pengetahuan awal, dan model mental sering berdekatan, tetapi perlu dibedakan.

Istilah	Makna utama	Contoh dalam kimia
Konsep	Gagasan ilmiah yang digunakan untuk mengklasifikasi, menjelaskan, atau memprediksi fenomena	Keseimbangan dinamis
Konsepsi	Pemahaman personal seseorang terhadap konsep	"Pada keadaan setimbang, reaksi berhenti"
Pengetahuan awal	Seluruh pengetahuan yang telah dimiliki sebelum pembelajaran tertentu	Peserta didik telah mengenal istilah reaksi bolak-balik
Prakonsepsi	Konsepsi yang terbentuk sebelum pembelajaran formal suatu konsep	Gas dianggap tidak memiliki massa
Model mental	Representasi internal mengenai struktur atau mekanisme suatu sistem	Atom dibayangkan sebagai tata surya kecil
Representasi eksternal	Wujud yang digunakan untuk mengungkapkan konsepsi	Gambar atom, diagram partikel, penjelasan tertulis
Kerangka konseptual	Jaringan gagasan yang saling mendukung	Aturan oktet digunakan untuk menjelaskan semua ikatan dan reaksi
Sumber daya kognitif	Potongan pengetahuan atau intuisi yang diaktifkan dalam konteks tertentu	"Semakin banyak tumbukan, semakin cepat reaksi"

Pengetahuan awal memiliki cakupan paling luas. Pengetahuan awal dapat berupa fakta yang benar, pengalaman sehari-hari, keterampilan matematika, istilah, intuisi, prosedur, maupun miskonsepsi. Pengetahuan awal bukan selalu pengetahuan yang salah.

Prakonsepsi lebih khusus, yaitu pemahaman yang telah terbentuk sebelum peserta didik memperoleh pembelajaran formal mengenai konsep tertentu. Prakonsepsi dapat selaras atau tidak selaras dengan konsep ilmiah.

Konsepsi dapat terbentuk sebelum, selama, atau setelah pembelajaran. Seorang peserta didik dapat mengembangkan konsepsi baru justru akibat penjelasan, gambar, analogi, atau latihan yang diterimanya di sekolah.

Model mental merupakan bentuk khusus dari konsepsi yang menggambarkan bagaimana peserta didik membayangkan struktur, hubungan, atau mekanisme suatu sistem. Model mental atom, misalnya, dapat berbentuk bola pejal, model tata surya, awan elektron, atau campuran beberapa model.

Pembedaan ini mencegah kesimpulan bahwa semua kesalahan peserta didik selalu berasal dari pengalaman sebelum sekolah. Penelitian pendidikan kimia menunjukkan bahwa pengajaran sendiri dapat menjadi sumber konsepsi alternatif. Penyederhanaan yang berlebihan, penggunaan aturan oktet sebagai penjelasan universal, gambar ikatan yang terlalu harfiah, atau bahasa antropomorfis dapat membangun pemahaman yang tidak diinginkan (Taber, 2001; Taber, 2019).

1.2.4 Perspektif Konstruktivisme

Perspektif konstruktivisme memandang belajar sebagai proses aktif membangun makna. Informasi yang diterima peserta didik ditafsirkan melalui pengetahuan, pengalaman, asumsi, dan pola penalaran yang telah dimilikinya. Peserta didik bukan sekadar menyimpan salinan penjelasan guru.

Pernyataan guru bahwa “partikel gas bergerak acak” dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik. Peserta didik yang telah menganggap semua benda jatuh ke bawah mungkin menggambar partikel gas berkumpul di bagian bawah wadah. Peserta didik yang mengasosiasikan panas dengan suatu zat dapat membayangkan bahwa pemanasan menambahkan “partikel panas” ke dalam gas. Peserta didik yang memandang atom sebagai benda hidup dapat menjelaskan geraknya sebagai akibat “keinginan mencari ruang”.

Konstruktivisme tidak berarti bahwa setiap pemahaman personal memiliki validitas ilmiah yang sama. Pengetahuan tetap perlu dinilai berdasarkan bukti, koherensi, ketepatan prediksi, dan kesesuaiannya dengan pengetahuan disipliner. Konstruktivisme menjelaskan proses pembentukan makna, bukan menghapus standar kebenaran ilmiah.

Dari perspektif konstruktivisme, keberhasilan komunikasi tidak menjamin kesamaan makna. Guru dan peserta didik dapat menggunakan kata yang sama, tetapi mengacu pada struktur konseptual yang berbeda. Ketika guru mengatakan “partikel zat bergerak lebih cepat saat suhu meningkat”, peserta didik dapat menafsirkan partikel sebagai potongan kecil zat yang masih memiliki semua sifat makroskopiknya. Molekul air kemudian dianggap “basah”, partikel gula dianggap “manis”, dan atom tembaga dianggap “berwarna kemerahan”.

Taber menegaskan bahwa hasil penelitian tentang gagasan peserta didik perlu digunakan untuk merancang pembelajaran kimia. Guru perlu mengetahui bukan hanya konsep target, tetapi juga cara peserta didik kemungkinan menafsirkan konsep tersebut dan jalur konseptual yang dapat membantu mereka membangun pemahaman ilmiah (Taber, 2001).

Konsekuensi pedagogis perspektif konstruktivisme meliputi:

1. pengetahuan awal harus diidentifikasi;
2. konsepsi peserta didik perlu dibuat eksplisit;
3. pembelajaran harus menghubungkan pengetahuan baru dengan struktur yang telah ada;
4. peserta didik perlu memperoleh kesempatan menguji gagasannya;
5. perbedaan antara prediksi dan bukti perlu didiskusikan;
6. konsep ilmiah harus dibangun melalui hubungan, bukan sekadar definisi;
7. perubahan jawaban perlu dibedakan dari perubahan pemahaman.

1.2.5 Konsepsi sebagai Bagian dari Ekologi Konseptual

Posner, Strike, Hewson, dan Gertzog mengembangkan teori perubahan konseptual dengan menggunakan gagasan tentang ekologi konseptual. Suatu konsepsi tidak berdiri sendiri, tetapi hidup di dalam jaringan keyakinan, analogi, komitmen epistemologis, pengalaman, dan konsep lain yang dimiliki peserta didik. Konsepsi baru akan dinilai berdasarkan keterpahaman, kemasukakalan, dan daya gunanya dalam ekologi tersebut (Posner et al., 1982).

Sebagai contoh, konsepsi bahwa “atom berikatan untuk memperoleh oktet” dapat didukung oleh beberapa unsur ekologi konseptual:

- buku teks sering menekankan aturan oktet;
- diagram menunjukkan perpindahan atau penggunaan bersama elektron;
- guru menggunakan ungkapan “atom ingin stabil”;
- gas mulia diperkenalkan sebagai unsur stabil;
- latihan soal meminta peserta didik menentukan jumlah elektron yang dibutuhkan untuk mencapai delapan;
- pengecualian terhadap oktet jarang dibahas;
- perubahan energi tidak digunakan sebagai dasar penjelasan.

Konsepsi tersebut menjadi kuat bukan hanya karena satu kalimat yang salah, tetapi karena memperoleh dukungan dari berbagai pengalaman belajar. Ketika peserta didik menghadapi BF_3 , PCl_5 , SF_6 , radikal, atau senyawa logam transisi, mereka dapat mengalami kesulitan karena seluruh jaringan penjelasannya berpusat pada oktet sebagai tujuan final.

Ekologi konseptual juga menjelaskan mengapa penjelasan guru yang benar belum tentu langsung diterima. Apabila konsep baru tidak terhubung dengan pengetahuan peserta didik, tidak dapat divisualisasikan, atau tampak bertentangan dengan pengalaman, peserta didik dapat menghafalnya untuk ujian tanpa menggunakannya dalam penalaran.

Duit dan Treagust menilai bahwa teori perubahan konseptual berkembang menjadi kerangka multiperspektif. Perubahan konseptual tidak hanya dipengaruhi oleh struktur kognitif, tetapi juga motivasi, konteks sosial, tujuan belajar, bahasa, dan cara peserta didik memandang pengetahuan ilmiah (Duit & Treagust, 2003).

1.2.6 Konsepsi sebagai Kerangka Teori Naif

Vosniadou mengusulkan bahwa peserta didik dapat memiliki teori kerangka yang terbentuk sejak awal dan berfungsi sebagai asumsi dasar untuk menafsirkan dunia. Dalam pandangan ini, konsepsi spesifik tidak selalu berdiri sebagai gagasan terpisah. Konsepsi dapat dibatasi oleh asumsi ontologis dan epistemologis yang lebih mendasar.

Teori kerangka tersebut berfungsi seperti lensa. Informasi baru tidak diterima secara netral, tetapi ditafsirkan agar cocok dengan asumsi yang telah ada. Perubahan kecil dapat terjadi melalui penambahan informasi, sedangkan perubahan yang menuntut revisi asumsi mendasar jauh lebih sulit dan berpotensi menghasilkan model sintetik—campuran antara gagasan awal dan penjelasan ilmiah (Vosniadou, 1994).

Dalam kimia, peserta didik dapat memiliki asumsi dasar bahwa:

- benda yang tidak terlihat berarti tidak ada;
- semua materi harus memiliki sifat yang dapat diamati langsung;
- zat tersusun dari bagian-bagian kecil yang tetap memiliki sifat zat tersebut;
- proses harus memiliki agen tunggal yang menggerakkan;
- keadaan setimbang berarti diam;
- energi adalah sejenis bahan yang tersimpan;
- perubahan hanya terjadi apabila terdapat penyebab eksternal yang terus bekerja.

Asumsi seperti itu memengaruhi banyak topik sekaligus. Apabila energi dipahami sebagai bahan yang tersimpan di dalam ikatan, peserta didik dapat menyimpulkan bahwa pemutusan ikatan melepaskan energi. Jika kesetimbangan dimaknai sebagai keadaan diam, peserta didik akan sulit memahami bahwa dua reaksi tetap berlangsung dengan laju sama. Jika sifat zat dianggap berasal langsung dari sifat atom individual, peserta didik dapat menyatakan bahwa atom logam berkilau atau molekul air bersifat basah.

Konsepsi yang muncul dari kerangka tersebut sering lebih sulit diperbaiki daripada kesalahan fakta. Menambahkan informasi bahwa “reaksi pada keadaan setimbang tetap berlangsung” mungkin tidak cukup apabila peserta didik masih berpegang pada asumsi bahwa keadaan stabil harus berarti tidak ada gerakan.

1.2.7 Perspektif Ontologis

Chi, Slotta, dan de Leeuw mengemukakan bahwa sebagian kesulitan konseptual terjadi karena peserta didik menempatkan suatu konsep dalam kategori ontologis yang tidak tepat. Suatu fenomena yang secara ilmiah seharusnya dipahami sebagai proses dapat diperlakukan sebagai benda atau zat. Perubahan konseptual kemudian memerlukan reorganisasi kategori, bukan sekadar penambahan fakta (Chi, Slotta, & de Leeuw, 1994).

Contoh dalam pembelajaran kimia adalah konsepsi tentang panas. Peserta didik dapat memperlakukan panas sebagai zat yang mengalir dan tersimpan di dalam benda. Dalam penjelasan ilmiah, kalor merupakan energi yang berpindah karena perbedaan suhu. Jika kalor diperlakukan sebagai bahan, peserta didik dapat mengatakan bahwa benda panas

“mengandung lebih banyak panas” tanpa membedakan energi internal, suhu, kapasitas kalor, dan perpindahan energi.

Kesalahan kategorisasi juga dapat terjadi pada kesetimbangan. Kesetimbangan diperlakukan sebagai lokasi atau titik yang “bergeser ke kanan”, seolah-olah terdapat benda bernama kesetimbangan yang berpindah. Ungkapan simbolik tersebut sebenarnya merupakan cara ringkas untuk menyatakan perubahan komposisi relatif sistem menuju keadaan setimbang baru.

Dalam laju reaksi, katalis dapat diperlakukan sebagai bahan pendorong yang memberikan energi kepada molekul. Penjelasan tersebut mengategorikan katalis sebagai sumber tenaga, padahal katalis terlibat dalam jalur mekanistik alternatif yang memiliki penghalang energi berbeda dan diregenerasi dalam siklus reaksi.

Perspektif ontologis memberikan peringatan bahwa koreksi terminologi belum tentu cukup. Peserta didik perlu mengubah cara dasar mengategorikan fenomena. Akan tetapi, kategorisasi peserta didik tidak selalu stabil. Dalam situasi tertentu mereka dapat menggunakan penjelasan sebagai benda, sedangkan pada situasi lain menggunakan penjelasan sebagai proses. Oleh karena itu, pendekatan ontologis sebaiknya dipadukan dengan analisis konteks dan sumber daya penalaran.

1.2.8 Konsepsi sebagai Pengetahuan yang Koheren atau Terfragmentasi

Terdapat perdebatan penting mengenai apakah konsepsi peserta didik membentuk teori yang koheren atau terdiri atas potongan pengetahuan yang diaktifkan secara kontekstual.

Pandangan koherensi menekankan bahwa peserta didik dapat memiliki kerangka penjelasan yang relatif stabil. Mereka menggunakan asumsi yang sama untuk menjelaskan berbagai fenomena. Contohnya, peserta didik dapat menggunakan gagasan “atom ingin memperoleh kulit penuh” untuk menjelaskan pembentukan ion, ikatan kovalen, kestabilan, dan reaktivitas.

Pandangan fragmentasi menekankan bahwa pemikiran peserta didik tidak selalu tersusun sebagai teori yang utuh. Peserta didik dapat mengaktifkan potongan gagasan yang berbeda sesuai ciri permukaan soal, bahasa pertanyaan, gambar, atau situasi eksperimen. Akibatnya, jawaban seseorang dapat tampak tidak konsisten.

Penelitian Zarkadis, Papageorgiou, dan Stamovlasis mengenai model mental struktur atom menunjukkan bahwa peserta didik tidak selalu menggunakan satu model atom secara konsisten di berbagai tugas. Konteks soal memengaruhi model yang diaktifkan, dan peserta didik dapat menggabungkan potongan pengetahuan dari beberapa model sekaligus (Zarkadis, Papageorgiou, & Stamovlasis, 2017).

Sebagai contoh, peserta didik dapat:

- menggambar atom dengan lintasan Bohr ketika diminta membuat diagram;

- menjelaskan elektron sebagai awan ketika mengulang definisi dari buku;
- menyatakan elektron berada di antara inti atom ketika membahas ikatan;
- membayangkan elektron mengelilingi inti seperti planet ketika menjelaskan kestabilan;
- menggunakan orbital hanya sebagai kotak tempat mengisi anak panah dalam konfigurasi elektron.

Respons tersebut tidak selalu menunjukkan satu model mental yang koheren. Peserta didik mungkin memiliki kumpulan representasi yang masing-masing diaktifkan oleh jenis tugas tertentu.

Taber melalui studi kasus perkembangan konseptual menunjukkan bahwa beberapa konsepsi alternatif dapat bersaing dalam pikiran peserta didik. Perubahan konseptual dapat berlangsung secara gradual ketika satu prinsip penjelas menjadi semakin sering dipilih dibandingkan prinsip lain, bukan melalui penggantian seketika (Taber, 2001).

Implikasinya, guru tidak boleh terlalu cepat menyimpulkan bahwa satu jawaban mewakili seluruh struktur pemahaman peserta didik. Diagnosis perlu menggunakan beberapa konteks, representasi, dan jenis pertanyaan. Konsistensi jawaban harus diuji, bukan diasumsikan.

1.2.9 Konsepsi Bersifat Kontekstual

Konsepsi dapat berubah sesuai konteks. Peserta didik mungkin memberikan jawaban ilmiah pada soal definisional, tetapi kembali menggunakan penalaran intuitif ketika menghadapi fenomena sehari-hari.

Sebagai contoh, peserta didik dapat menjawab bahwa gas tersusun atas partikel yang bergerak acak. Akan tetapi, ketika ditanya mengapa bau parfum menyebar di ruangan, ia dapat menjelaskan bahwa udara “menarik” bau atau bahwa bau menyebar karena “mencari tempat kosong”.

Pada topik asam-basa, peserta didik dapat menghafal bahwa kekuatan asam ditentukan oleh derajat ionisasi, tetapi ketika membandingkan dua larutan ia memilih larutan dengan konsentrasi lebih besar sebagai asam yang “lebih kuat”. Dalam konteks persamaan kimia, ia menggunakan K_a ; dalam konteks bahasa sehari-hari, ia menggunakan jumlah zat sebagai dasar.

Penelitian tentang aplikasi konsep kimia dalam konteks yang berbeda menunjukkan bahwa kemampuan memindahkan konsep tidak otomatis terjadi. Peserta didik dapat berhasil pada konteks yang familiar tetapi gagal menggunakan konsep yang sama ketika fitur permukaan masalah berubah (Broman & Parchmann, 2014).

Temuan mengenai model atom juga memperlihatkan bahwa distribusi model yang digunakan peserta didik berubah menurut konteks tugas. Hal ini menguatkan pandangan bahwa konsepsi yang diekspresikan merupakan hasil interaksi antara pengetahuan yang tersedia dan ciri situasi yang sedang dihadapi.

Kontekstualitas tidak berarti bahwa konsepsi tidak dapat dipelajari. Sebaliknya, konteks harus menjadi bagian dari diagnosis. Guru perlu membandingkan respons peserta didik pada:

- pertanyaan definisional;
- fenomena laboratorium;
- representasi partikel;
- persamaan simbolik;
- grafik;
- perhitungan;
- situasi sehari-hari;
- masalah baru.

Peserta didik dianggap memiliki pemahaman konseptual yang lebih kuat apabila mampu mempertahankan prinsip ilmiah yang relevan sekaligus menyesuaikan representasinya dengan konteks.

Kajian mutakhir tentang *conceptual reframing* menekankan pentingnya fleksibilitas menggunakan lensa konseptual yang berbeda secara tepat. Dalam kimia, satu fenomena dapat dianalisis melalui komposisi, struktur, energi, kinetika, kesetimbangan, atau interaksi partikel. Kepakaran bukan berarti menggunakan satu penjelasan untuk semua situasi, tetapi mampu memilih dan mengoordinasikan kerangka yang sesuai (Talanquer, 2026).

1.2.10 Konsepsi Eksplisit dan Implisit

Sebagian konsepsi bersifat eksplisit. Peserta didik dapat menyatakannya secara langsung, misalnya:

“Reaksi eksoterm terjadi karena pereaksi memiliki panas yang lebih banyak daripada produk.”

Konsepsi lain bersifat implisit. Peserta didik tidak pernah menyatakannya sebagai aturan, tetapi pola jawabannya memperlihatkan asumsi tertentu. Seorang peserta didik mungkin selalu memprediksi bahwa zat dengan atom lebih berat memiliki titik didih lebih tinggi tanpa menyatakan hubungan tersebut secara eksplisit.

Konsepsi implisit sering tampak dalam:

- pilihan representasi;
- urutan langkah penyelesaian;
- analogi spontan;
- penggunaan kata tertentu;
- gambar partikel;
- prediksi terhadap fenomena;
- penjelasan sebab-akibat;
- pengabaian variabel tertentu.

Contohnya, dalam menjelaskan sifat zat, peserta didik dapat berulang kali mengatribusikan sifat makroskopik langsung kepada atom individual. Ia menyatakan bahwa atom tembaga berwarna merah, molekul air basah, atau atom karbon pada intan bersifat keras. Pola ini menunjukkan asumsi implisit bahwa sifat kolektif suatu zat sudah dimiliki oleh komponen individualnya.

Talanquer menunjukkan bahwa penalaran mengenai hubungan struktur dan sifat sering dipandu oleh skema implisit nonnormatif. Peserta didik cenderung memprioritaskan komposisi dibandingkan struktur dan menggunakan kausalitas terpusat, yaitu menganggap sifat zat ditentukan langsung oleh jenis atom tertentu, bukan muncul dari struktur dan interaksi kolektif (Talanquer, 2018).

Konsepsi implisit sulit diubah apabila pembelajaran hanya meminta peserta didik menghafal pernyataan eksplisit. Peserta didik dapat mengulang bahwa “sifat zat ditentukan oleh struktur dan interaksi antarpartikel”, tetapi tetap menggunakan skema komposisional ketika menyelesaikan masalah.

1.2.11 Konsepsi Parsial, Sintetik, dan Hibrida

Konsepsi tidak selalu dapat diklasifikasikan secara sederhana menjadi benar atau salah. Banyak pemahaman peserta didik berada di antara keduanya.

A. Konsepsi ilmiah

Konsepsi ilmiah menunjukkan pemahaman yang selaras dengan konsep target, termasuk kemampuan menerapkannya pada konteks yang relevan.

Contoh:

“Katalis meningkatkan laju reaksi dengan menyediakan jalur reaksi alternatif yang memiliki energi aktivasi lebih rendah. Katalis tidak mengubah ΔH atau nilai tetapan kesetimbangan.”

B. Konsepsi parsial

Peserta didik memahami sebagian konsep, tetapi belum mengintegrasikan semua atribut penting.

Contoh:

“Katalis menurunkan energi aktivasi sehingga reaksi lebih cepat.”

Pernyataan ini benar, tetapi belum menunjukkan apakah peserta didik memahami regenerasi katalis, pengaruhnya terhadap reaksi maju dan balik, serta ketidakberubahannya terhadap kesetimbangan.

C. Konsepsi sintetik

Konsepsi sintetik menggabungkan informasi ilmiah dengan asumsi awal yang tidak ilmiah.

Contoh:

“Katalis menurunkan energi aktivasi dengan memberikan sebagian energinya kepada molekul pereaksi.”

Peserta didik telah memasukkan istilah energi aktivasi, tetapi tetap menggunakan konsepsi katalis sebagai sumber energi.

D. Konsepsi hibrida

Peserta didik menggunakan beberapa kerangka secara berdampingan. Kerangka ilmiah digunakan pada konteks tertentu, sedangkan kerangka intuitif digunakan pada konteks lain.

Contoh:

- pada soal pilihan ganda, peserta didik menyatakan katalis tidak menggeser kesetimbangan;
- pada pertanyaan terbuka, ia mengatakan penambahan katalis menghasilkan lebih banyak produk;
- pada grafik, ia menggambar energi produk menjadi lebih rendah setelah katalis ditambahkan.

E. Konsepsi terfragmentasi

Peserta didik memiliki potongan informasi yang belum terhubung.

Contoh:

- mengetahui istilah energi aktivasi;
- mengetahui katalis mempercepat reaksi;
- mengetahui ΔH berkaitan dengan energi;

- tetapi tidak mampu menjelaskan hubungan ketiganya.

F. Konsepsi prosedural

Pemahaman terutama berupa aturan operasi.

Contoh:

“Untuk menentukan pH asam lemah, gunakan akar Ka dikali konsentrasi.”

Peserta didik dapat menghitung, tetapi belum tentu memahami kesetimbangan ionisasi, asumsi pendekatan, atau perbedaan kekuatan dan konsentrasi.

Klasifikasi tersebut berguna karena tindakan pembelajaran harus disesuaikan dengan sifat konsepsi. Pengetahuan parsial memerlukan elaborasi, konsepsi sintetik memerlukan pemisahan unsur ilmiah dan nonilmiah, sedangkan konsepsi prosedural memerlukan pengaitan antara algoritma dan makna kimia.

1.2.12 Cara Konsepsi Kimia Terbentuk

Konsepsi peserta didik terbentuk melalui interaksi berbagai sumber.

A. Pengalaman inderawi

Peserta didik melihat bahwa zat padat tampak diam dan kaku. Dari pengalaman tersebut, mereka dapat menyimpulkan bahwa partikel dalam padatan tidak bergerak. Mereka melihat gula “menghilang” ketika larut dan menyimpulkan bahwa gula berubah menjadi air atau tidak lagi ada.

B. Bahasa sehari-hari

Ungkapan “panas masuk”, “asam kuat”, “ikatan putus lalu mengeluarkan energi”, atau “kesetimbangan bergeser” dapat ditafsirkan secara harfiah.

C. Analogi

Model tata surya dapat membantu memperkenalkan struktur atom, tetapi dapat menimbulkan gagasan bahwa elektron memiliki lintasan pasti seperti planet.

D. Gambar dan model

Bola berwarna dalam model molekul dapat dianggap sebagai warna nyata atom. Batang penghubung dapat dianggap sebagai benda fisik yang terdapat di antara atom.

E. Pembelajaran formal

Aturan cepat yang digunakan untuk menyelesaikan soal dapat menggantikan pemahaman. Metode silang muatan, aturan oktet, atau ungkapan “yang sama dicoret” dapat menjadi prosedur mekanis.

F. Buku teks dan media digital

Diagram yang tidak konsisten, animasi yang tidak menunjukkan skala, atau penjelasan digital yang tidak terverifikasi dapat membentuk representasi keliru.

G. Pengetahuan lintas mata pelajaran

Istilah yang sama dapat memiliki penggunaan berbeda. “Kerja”, “energi”, “kesetimbangan”, “larutan”, dan “organik” mempunyai makna ilmiah yang lebih khusus daripada penggunaannya dalam bahasa umum.

H. Penalaran intuitif

Peserta didik dapat menggunakan heuristik seperti:

- lebih banyak berarti lebih kuat;
- lebih besar berarti lebih berat;
- lebih cepat berarti menghasilkan lebih banyak;
- keadaan stabil berarti tidak bergerak;
- setiap perubahan harus memiliki agen pendorong;
- sifat keseluruhan dimiliki oleh bagian-bagiannya.

Konsepsi jarang berasal dari satu sumber saja. Sebuah gagasan dapat memperoleh dukungan dari pengalaman, bahasa, ilustrasi, dan pengajaran sekaligus. Karena itu, remediasi tidak cukup dengan mengganti satu definisi.

1.2.13 Contoh Konsepsi Peserta Didik dalam Berbagai Topik Kimia

A. Sifat partikulat materi

Peserta didik dapat memahami materi sebagai sesuatu yang kontinu. Ketika menggambar udara, mereka mewarnai seluruh ruang tanpa menunjukkan partikel. Ketika menggambar gas yang dimampatkan, mereka mengecilkan ukuran partikel, bukan jarak antaranya.

Konsepsi lain adalah bahwa partikel memiliki sifat makroskopik zat. Molekul air dianggap basah, partikel gula manis, atau atom logam keras. Kesulitan mengenai sifat partikulat materi telah ditemukan pada berbagai tingkat pendidikan dan dapat menghambat pemahaman terhadap perubahan wujud, pelarutan, reaksi, dan kesetimbangan.

B. Struktur atom

Peserta didik dapat menggabungkan model Dalton, Thomson, Rutherford, dan Bohr tanpa memahami fungsi historis dan batas masing-masing. Elektron dianggap bergerak dalam orbit pasti, tetapi pada saat yang sama dikatakan berada dalam orbital berbentuk kotak.

Penelitian menunjukkan bahwa model Bohr tetap dominan dan peserta didik dapat berpindah-pindah model sesuai konteks, sehingga penguasaan istilah model atom belum menjamin konsistensi model mental.

C. Ikatan kimia

Peserta didik dapat memandang ikatan sebagai:

- tali fisik;
- pasangan elektron yang dimiliki satu atom;
- hasil keinginan atom mencapai oktet;
- tempat penyimpanan energi;
- sesuatu yang hanya ada dalam molekul dan tidak berkaitan dengan struktur zat.

Aturan oktet dapat berkembang menjadi kerangka alternatif yang kuat apabila digunakan sebagai penjelasan universal. Taber menemukan bukti bahwa peserta didik kimia dapat memiliki kerangka alternatif yang terorganisasi mengenai ikatan dan kestabilan.

D. Stoikiometri

Peserta didik dapat menyetarakan persamaan reaksi dengan mengubah indeks rumus, menganggap koefisien sebagai jumlah atom dalam satu molekul, atau memperlakukan mol sebagai massa. Mereka mungkin mampu menggunakan rumus $n = m/M$ tanpa memahami hubungan antara jumlah zat dan entitas elementer.

E. Termokimia

Konsepsi yang sering muncul meliputi:

- suhu sama dengan kalor;
- benda bersuhu tinggi selalu memiliki kalor lebih besar;
- reaksi eksoterm berlangsung lebih cepat;
- reaksi eksoterm selalu spontan;
- pemutusan ikatan melepaskan energi;
- katalis menurunkan ΔH .

Konsepsi ini muncul karena peserta didik belum memisahkan suhu, energi internal, kalor, entalpi, energi aktivasi, dan spontanitas.

F. Laju reaksi

Peserta didik dapat menganggap bahwa:

- konsentrasi tinggi selalu menghasilkan lebih banyak produk;
- katalis meningkatkan jumlah produk;
- reaksi eksoterm pasti cepat;
- energi aktivasi adalah energi total pereaksi;
- pada suhu lebih tinggi partikel menjadi lebih besar;
- orde reaksi sama dengan koefisien reaksi.

Instrumen diagnostik bertingkat pada peserta didik kelas XII mengungkap berbagai konsepsi alternatif mengenai kinetika, termasuk banyak konsepsi yang muncul ketika peserta didik menafsirkan grafik. Temuan tersebut menunjukkan bahwa representasi grafik tidak hanya mengukur keterampilan membaca data, tetapi juga dapat mengungkap struktur konseptual yang berbeda (Yan & Subramaniam, 2018).

G. Keseimbangan kimia

Peserta didik dapat menganggap bahwa:

- reaksi maju berhenti ketika keseimbangan tercapai;
- konsentrasi pereaksi dan produk harus sama;
- reaksi maju dan balik terjadi bergantian;
- perubahan dilakukan hanya pada satu sisi persamaan;
- katalis menggeser keseimbangan;
- nilai K berubah karena perubahan konsentrasi.

Kesulitan tersebut menunjukkan lemahnya koordinasi antara tingkat makroskopik, partikulat, kinetik, dan simbolik.

H. Asam-basa

Peserta didik dapat menyamakan:

- asam kuat dengan asam pekat;
- basa kuat dengan pH yang selalu mendekati 14;
- netralisasi dengan terbentuknya larutan pH 7 pada semua kasus;
- indikator dengan zat yang menyebabkan perubahan pH;
- kekuatan asam dengan jumlah atom hidrogen dalam rumus.

Penelitian menggunakan instrumen empat tingkat pada peserta didik sekolah menengah menemukan konsepsi alternatif dengan tingkat kekuatan keyakinan yang berbeda pada sifat

asam-basa, kekuatan, pH, netralisasi, indikator, dan representasi submikroskopik. Hal ini menunjukkan bahwa bentuk jawaban perlu dianalisis bersama tingkat keyakinannya (Hoe & Subramaniam, 2016).

I. Kimia organik

Peserta didik tingkat lanjut pun dapat mempertahankan konsepsi yang berasal dari kimia dasar. Studi terhadap mahasiswa tahun keempat menemukan konsepsi alternatif pada konsep-konsep organik dan menunjukkan bahwa sebagian pola pemahaman tetap bertahan setelah pembelajaran kimia yang panjang (Rushton et al., 2008).

Temuan tersebut penting bagi kimia SMA. Konsepsi yang tidak ditangani pada tingkat dasar dapat terbawa ke pendidikan tinggi dan memengaruhi pemahaman mekanisme reaksi, struktur, energi, dan spektroskopi.

1.2.14 Konsepsi dan Tingkat Keyakinan

Dua peserta didik dapat memberikan jawaban salah yang sama, tetapi memiliki keadaan konseptual berbeda.

Peserta didik pertama menjawab salah sambil mengatakan:

“Saya menebak karena belum memahami materinya.”

Peserta didik kedua menjawab salah sambil mengatakan:

“Saya sangat yakin karena katalis selalu membuat lebih banyak produk.”

Jawaban pertama lebih mencerminkan ketidaktahuan atau pengetahuan yang belum terbentuk. Jawaban kedua menunjukkan konsepsi yang telah disertai keyakinan.

Tingkat keyakinan penting karena konsepsi yang diyakini kuat cenderung lebih tahan terhadap koreksi. Peserta didik mungkin mengabaikan bukti yang bertentangan, menafsirkan ulang eksperimen, atau menghafal jawaban guru tanpa mengubah penjelasan internalnya.

Namun, keyakinan tidak boleh diperlakukan sebagai bukti tunggal. Peserta didik dapat yakin karena menebak dengan percaya diri, salah memahami skala, atau merasa harus memilih jawaban. Karena itu, pengukuran keyakinan perlu dikombinasikan dengan alasan dan konsistensi respons.

Kajian diagnosis asam-basa menunjukkan bahwa penggunaan ukuran kognitif dan keyakinan dapat membedakan konsepsi alternatif berdasarkan kekuatannya. Konsepsi yang muncul dengan alasan salah dan keyakinan tinggi memiliki implikasi remediasi berbeda dari jawaban salah berkeyakinan rendah.

Hubungan antara jawaban, alasan, dan keyakinan dapat diringkas sebagai berikut.

Jawaban	Alasan	Keyakinan	Interpretasi awal
Benar	Benar	Tinggi	Pemahaman kuat, tetapi tetap perlu diuji lintas konteks
Benar	Salah	Tinggi	Jawaban kebetulan atau konsepsi alternatif tersembunyi
Benar	Tidak jelas	Rendah	Pengetahuan belum stabil
Salah	Benar sebagian	Rendah	Pengetahuan parsial
Salah	Salah	Rendah	Tidak tahu atau belum memahami
Salah	Salah sistematis	Tinggi	Indikasi kuat miskonsepsi

Tabel tersebut merupakan panduan interpretatif, bukan diagnosis final. Konsepsi perlu diperiksa melalui beberapa butir atau wawancara.

1.2.15 Konsepsi yang Terekspresikan dan Konsepsi yang Dimiliki

Guru hanya dapat mengamati ekspresi konsepsi, bukan konsepsi internal secara langsung. Jawaban peserta didik merupakan hasil interaksi antara:

- pengetahuan yang dimiliki;
- pertanyaan yang diberikan;
- bahasa soal;
- keterampilan membaca;
- kemampuan matematika;
- kondisi emosional;
- motivasi;
- tekanan waktu;
- format respons;
- persepsi tentang jawaban yang diinginkan guru.

Karena itu, jawaban tidak boleh diperlakukan sebagai cermin sempurna dari pikiran. Seorang peserta didik dapat memahami konsep tetapi gagal mengungkapkannya karena keterbatasan bahasa. Sebaliknya, ia dapat memberikan jawaban ilmiah dengan meniru kalimat buku tanpa memahami maknanya.

Gambar peserta didik dapat mengungkapkan aspek yang tidak muncul dalam jawaban verbal. Penelitian tentang animasi buatan mahasiswa calon guru menunjukkan bahwa representasi dinamis dapat menampilkan konsepsi mengenai gerak molekul yang sulit terlihat melalui gambar statis atau definisi tertulis.

Dalam pembelajaran, guru sebaiknya menggunakan beberapa bentuk ekspresi:

1. meminta peserta didik menjelaskan dengan kata-kata;
2. meminta gambar partikel;
3. meminta persamaan simbolik;
4. meminta prediksi;
5. meminta alasan;
6. meminta contoh dan noncontoh;
7. meminta perbandingan dua kasus;
8. meminta penjelasan perubahan setelah eksperimen.

Semakin konsisten suatu gagasan muncul dalam beragam tugas, semakin kuat dasar untuk menyimpulkan bahwa gagasan tersebut merupakan bagian penting dari konsepsi peserta didik.

1.2.16 Konsepsi sebagai Sumber Daya, Bukan Hanya Kekurangan

Pendekatan defisit memandang konsepsi peserta didik terutama sebagai sesuatu yang kurang atau salah. Pendekatan ini berisiko membuat guru hanya mencari kesalahan yang harus dihapus.

Sebaliknya, banyak konsepsi mengandung unsur produktif yang dapat menjadi titik awal pembelajaran. Peserta didik yang mengatakan “suhu tinggi membuat partikel lebih aktif” belum menggunakan istilah ilmiah secara tepat, tetapi telah mengenali hubungan antara suhu dan gerak partikel. Guru dapat mengembangkan gagasan tersebut menuju energi kinetik rata-rata dan distribusi energi.

Peserta didik yang menyatakan “larutan jenuh sudah penuh” menggunakan metafora ruang yang kurang tepat. Namun, pernyataan tersebut menunjukkan bahwa ia memahami adanya batas jumlah zat yang dapat larut pada kondisi tertentu. Guru dapat mempertahankan gagasan batas kelarutan sambil mengganti model “ruang penuh” dengan model kesetimbangan dinamis.

Peserta didik yang mengatakan “katalis membuat jalur lebih mudah” telah menangkap gagasan alternatif jalur reaksi, meskipun istilah “mudah” perlu dijelaskan melalui energi aktivasi dan mekanisme.

Pendekatan sumber daya memiliki beberapa keuntungan:

- mengurangi kecenderungan memperlakukan peserta didik;

- membantu guru menemukan jembatan konseptual;
- mempertahankan unsur penalaran yang produktif;
- memungkinkan perubahan bertahap;
- mendorong peserta didik mengevaluasi gagasannya sendiri.

Namun, pendekatan ini tidak berarti semua konsepsi harus dipertahankan. Unsur yang produktif perlu dibedakan dari asumsi yang menyesatkan. Tujuannya adalah rekonstruksi, bukan membenaran terhadap seluruh gagasan awal.

1.2.17 Konsepsi dan Cara Peserta Didik Memandang Belajar Kimia

Konsepsi peserta didik tidak hanya berkaitan dengan isi kimia, tetapi juga dengan hakikat belajar kimia. Peserta didik dapat memandang belajar kimia sebagai:

- menghafal simbol dan rumus;
- mengikuti contoh hitungan;
- mengingat warna endapan;
- menerima penjelasan guru;
- mengerjakan sebanyak mungkin soal;
- memahami fenomena;
- menghubungkan tingkat makro dan partikel;
- menggunakan model;
- membangun penjelasan berbasis bukti.

Cara memandang belajar memengaruhi pendekatan yang digunakan. Peserta didik yang menganggap kimia sebagai kumpulan rumus cenderung mencari prosedur tercepat. Ketika soal berubah bentuk, ia kesulitan karena tidak memiliki struktur konsep yang dapat digunakan.

Penelitian pada mahasiswa kimia menemukan hubungan antara konsepsi tentang belajar kimia dan pendekatan belajar yang digunakan. Pemahaman belajar sebagai proses memperluas atau mentransformasikan pengetahuan cenderung berkaitan dengan pendekatan yang lebih mendalam daripada pemahaman belajar sebagai menghafal dan menguji (Li, Liang, & Tsai, 2013).

Implikasinya, perubahan konsepsi kimia perlu disertai perubahan epistemologis. Guru perlu menunjukkan bahwa:

- rumus adalah representasi hubungan, bukan mantra hitung;

- model memiliki fungsi dan keterbatasan;
- jawaban memerlukan alasan;
- eksperimen menghasilkan bukti yang harus ditafsirkan;
- kesalahan dapat menjadi bahan evaluasi;
- pemahaman diuji melalui transfer ke konteks baru.

1.2.18 Analisis Kritis terhadap Penggunaan Istilah “Konsepsi Peserta Didik”

Penggunaan istilah konsepsi peserta didik memberikan penghargaan terhadap pemikiran peserta didik, tetapi juga memiliki risiko metodologis.

A. Risiko menganggap semua jawaban salah sebagai konsepsi stabil

Satu jawaban salah dapat muncul karena salah membaca, lupa, tidak teliti, atau keterbatasan bahasa. Tidak semua kesalahan menunjukkan konsepsi yang terorganisasi.

B. Risiko menganggap konsepsi selalu koheren

Penelitian menunjukkan bahwa peserta didik dapat menggunakan model berbeda pada konteks berbeda. Karena itu, peneliti atau guru perlu menguji stabilitas dan konsistensi.

C. Risiko mengabaikan konteks sosial

Jawaban peserta didik dapat dipengaruhi oleh interaksi dengan teman, ekspektasi guru, bahasa kelas, dan budaya asesmen. Konsepsi tidak hanya merupakan produk kognitif individual.

D. Risiko menggunakan label secara deterministik

Label “peserta didik memiliki konsepsi X” dapat membuat pemahaman dianggap tetap. Padahal, konsepsi dapat berubah dan bergantung pada situasi.

E. Risiko menyamakan bahasa tidak ilmiah dengan pemahaman salah

Peserta didik mungkin menggunakan istilah sehari-hari tetapi memiliki intuisi ilmiah yang cukup baik. Sebaliknya, penggunaan istilah ilmiah tidak menjamin pemahaman.

F. Risiko menilai konsepsi hanya melalui pilihan ganda

Pilihan ganda dapat menunjukkan pola respons, tetapi tidak selalu mengungkap alasan. Distraktor yang tidak mewakili pemikiran peserta didik dapat menghasilkan interpretasi yang keliru.

Analisis konsepsi karena itu memerlukan prinsip kehati-hatian:

1. gunakan lebih dari satu tugas;

2. minta alasan;
3. periksa konsistensi;
4. gunakan representasi yang beragam;
5. bedakan pengetahuan parsial dari keyakinan salah;
6. perhatikan bahasa;
7. hindari generalisasi berlebihan;
8. perlakukan diagnosis sebagai hipotesis yang perlu diuji.

1.2.19 Implikasi bagi Pembelajaran Kimia SMA

Pemahaman terhadap konsepsi peserta didik mengubah fungsi guru dari penyampai informasi menjadi perancang lingkungan belajar yang memungkinkan pemikiran peserta didik muncul, diuji, dan direkonstruksi.

A. Pembelajaran perlu diawali dengan elisitasi

Sebelum menjelaskan konsep, guru dapat meminta peserta didik:

- membuat prediksi;
- menggambar model partikel;
- menjelaskan fenomena;
- memilih di antara beberapa pendapat;
- mengemukakan alasan;
- membandingkan kasus.

B. Respons peserta didik harus digunakan untuk mengambil keputusan

Elisitasi tidak boleh menjadi kegiatan formal tanpa tindak lanjut. Jika sebagian besar peserta didik menganggap partikel padat tidak bergerak, guru perlu merancang aktivitas yang menghubungkan suhu, vibrasi partikel, dan perubahan wujud.

C. Pembelajaran harus menguji konsistensi

Konsep yang sama perlu disajikan dalam bentuk makroskopik, submikroskopik, simbolik, matematis, dan kontekstual.

D. Guru perlu membedakan koreksi jawaban dan perubahan konsepsi

Setelah diberi tahu jawaban benar, peserta didik mungkin mengubah pilihan tetapi belum mengubah penjelasannya. Guru perlu meminta penjelasan ulang dan penerapan pada situasi baru.

E. Bahasa guru harus diperiksa

Ungkapan seperti “atom ingin stabil”, “elektron mencari pasangan”, atau “kesetimbangan bergerak ke kanan” perlu diberi batas dan penjelasan ilmiah.

F. Kesalahan harus diperlakukan secara aman

Peserta didik perlu merasa bahwa mengemukakan gagasan awal tidak akan mempermalukannya. Apabila hanya jawaban benar yang dihargai, konsepsi awal akan tetap tersembunyi.

G. Asesmen formatif harus terintegrasi

Pertanyaan diagnostik singkat, gambar, kartu respons, jurnal refleksi, dan diskusi kelompok dapat digunakan selama pembelajaran, bukan hanya pada tes akhir.

H. Pembelajaran harus membangun progresi

Sevian dan Talanquer menekankan pentingnya perkembangan pemikiran kimia dari bentuk intuitif menuju penalaran yang semakin disiplin. Kurikulum perlu mengembangkan jalur kemajuan, bukan memperlakukan konsep sebagai kumpulan topik terpisah (Sevian & Talanquer, 2014).

1.2.20 Contoh Aplikasi: Mengungkap Konsepsi tentang Pelarutan

Guru dapat menunjukkan dua peristiwa:

1. gula dimasukkan ke dalam air;
2. pasir dimasukkan ke dalam air.

Peserta didik diminta menjawab:

- Ke mana gula pergi?
- Apakah gula masih ada?
- Apakah massa total berubah?
- Bagaimana susunan partikel sebelum dan sesudah?
- Apakah gula berubah menjadi air?
- Mengapa pasir tidak menunjukkan perilaku yang sama?

Respons peserta didik dapat memperlihatkan beberapa konsepsi:

Konsepsi 1: gula menghilang.

Peserta didik menganggap sesuatu yang tidak terlihat berarti tidak ada.

Konsepsi 2: gula meleleh.

Pelarutan disamakan dengan perubahan wujud.

Konsepsi 3: gula berubah menjadi air.

Pelarutan dianggap sebagai reaksi kimia.

Konsepsi 4: partikel gula masuk di antara partikel air.

Gagasan ini produktif, tetapi perlu dilengkapi dengan interaksi zat terlarut-pelarut dan gerak partikel.

Konsepsi 5: air memecah gula menjadi atom.

Peserta didik telah menggunakan model partikel, tetapi salah mengenai tingkat struktur yang terpisah.

Guru kemudian dapat merancang aktivitas penimbangan sebelum dan sesudah pelarutan, penguapan kembali larutan, pengujian rasa secara konseptual tanpa menjadikannya prosedur laboratorium, dan gambar partikel. Tujuannya bukan sekadar menyampaikan bahwa gula “masih ada”, tetapi membantu peserta didik membangun model yang menjelaskan konservasi massa, distribusi partikel, dan sifat larutan.

1.2.21 Contoh Aplikasi: Mengungkap Konsepsi tentang Ikatan dan Energi

Guru dapat memberikan dua pernyataan:

1. Pemutusan ikatan memerlukan energi.
2. Pembakaran bahan bakar melepaskan energi.

Peserta didik diminta menjelaskan bagaimana kedua pernyataan tersebut dapat berlaku bersamaan.

Respons dapat menunjukkan beberapa konsepsi:

- ikatan menyimpan energi yang keluar ketika diputus;
- hanya ikatan dalam pereaksi yang penting;
- pembentukan ikatan tidak melibatkan energi;
- energi aktivasi sama dengan perubahan entalpi;
- reaksi eksoterm tidak membutuhkan energi awal.

Guru dapat membangun analisis energi total:

- energi diserap untuk memutus interaksi dalam pereaksi;

- energi dilepaskan ketika terbentuk interaksi dalam produk;
- reaksi eksoterm terjadi apabila energi yang dilepaskan pada pembentukan ikatan produk lebih besar daripada energi yang diperlukan untuk memutus ikatan pereaksi;
- energi aktivasi berkaitan dengan jalur reaksi, bukan sama dengan ΔH .

Kegiatan tersebut menunjukkan bahwa konsepsi peserta didik dapat diketahui melalui konflik antara dua pernyataan yang keduanya benar. Pertanyaan yang baik tidak hanya menguji fakta, tetapi mengungkap hubungan yang dibangun peserta didik.

1.2.22 Sintesis

Konsepsi peserta didik merupakan pemahaman personal yang digunakan untuk memberi makna terhadap konsep dan fenomena kimia. Konsepsi bukan salinan langsung penjelasan ilmiah, melainkan hasil konstruksi yang dipengaruhi oleh pengalaman, bahasa, representasi, pembelajaran, intuisi, dan pengetahuan awal.

Konsepsi dapat:

- sesuai dengan konsep ilmiah;
- bersifat parsial;
- terfragmentasi;
- membentuk model sintetik;
- berubah menurut konteks;
- disertai keyakinan rendah atau tinggi;
- terorganisasi sebagai kerangka;
- muncul sebagai potongan pengetahuan;
- bertahan setelah pembelajaran;
- berubah secara bertahap.

Kajian konsepsi peserta didik mengingatkan bahwa jawaban salah tidak boleh diperlakukan secara seragam. Guru perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan sesaat, keterbatasan bahasa, pengetahuan parsial, kesalahan prosedural, dan keyakinan konseptual yang salah.

Konsepsi juga tidak hanya merupakan hambatan. Di dalamnya dapat terdapat intuisi atau hubungan produktif yang dapat dikembangkan menjadi pemahaman ilmiah. Tugas guru adalah mengidentifikasi struktur pemikiran tersebut, mempertahankan unsur yang produktif, menantang asumsi yang tidak tepat, dan menyediakan pengalaman belajar yang memungkinkan rekonstruksi.

Pembahasan tentang konsepsi peserta didik membawa pertanyaan berikutnya: kapan suatu konsepsi dapat disebut miskonsepsi? Pertanyaan tersebut tidak sederhana karena membutuhkan kriteria mengenai ketidaksesuaian dengan pengetahuan ilmiah, konsistensi, keyakinan, dan daya tahan konsepsi. Subbab berikutnya akan membahas pengertian miskonsepsi serta membedakannya dari ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan kekeliruan sesaat.

1.3 Pengertian Miskonsepsi

1.3.1 Mengapa Miskonsepsi Perlu Didefinisikan secara Cermat?

Istilah **miskonsepsi** sering digunakan untuk menyebut setiap jawaban peserta didik yang tidak sesuai dengan kunci jawaban. Penggunaan semacam itu terlalu longgar dan berpotensi menghasilkan diagnosis yang keliru. Jawaban salah tidak selalu menunjukkan bahwa peserta didik memiliki pemahaman konseptual yang salah. Kesalahan dapat muncul karena peserta didik belum pernah mempelajari materi, lupa terhadap informasi tertentu, keliru membaca soal, tidak teliti melakukan perhitungan, salah menuliskan simbol, tidak memahami bahasa pertanyaan, atau mengalami keterbatasan waktu.

Sebaliknya, jawaban yang benar juga tidak selalu membuktikan bahwa peserta didik memahami konsep secara ilmiah. Peserta didik dapat memilih jawaban benar karena menebak, menghafal pola soal, menggunakan algoritma tanpa memahami makna, mengikuti jawaban teman, atau menerapkan aturan yang kebetulan menghasilkan jawaban benar dalam kasus tertentu. Dengan demikian, klasifikasi benar-salah pada tingkat jawaban belum cukup untuk membedakan pemahaman ilmiah, pengetahuan parsial, ketidaktahuan, kesalahan prosedural, dan miskonsepsi.

Kebutuhan untuk mendefinisikan miskonsepsi secara hati-hati menjadi semakin penting dalam pendidikan kimia. Konsep kimia banyak beroperasi pada tingkat submikroskopik dan simbolik yang tidak dapat diamati secara langsung. Peserta didik harus menggunakan model untuk menghubungkan fenomena yang terlihat dengan atom, ion, molekul, elektron, energi, tumbukan, dan interaksi antarmolekul. Karena model yang sama dapat dimaknai berbeda oleh peserta didik, suatu jawaban yang tampak sederhana dapat ditopang oleh struktur penalaran yang kompleks.

Sebagai contoh, ketika peserta didik menyatakan bahwa katalis mempercepat reaksi, jawabannya secara umum benar. Namun, alasan di balik jawaban tersebut dapat berbeda:

1. katalis menyediakan jalur reaksi alternatif dengan energi aktivasi lebih rendah;
2. katalis memberikan energi kepada partikel pereaksi;
3. katalis meningkatkan suhu campuran;
4. katalis menambah jumlah produk;
5. katalis membuat reaksi eksoterm;

6. katalis menggeser kesetimbangan ke kanan.

Hanya alasan pertama yang sesuai dengan konsep ilmiah pada tingkat SMA. Oleh karena itu, jawaban benar tidak dapat dipisahkan dari alasan, representasi, dan pola penerapannya.

Nakhleh menempatkan miskonsepsi sebagai masalah utama dalam pembelajaran kimia karena peserta didik dapat mengembangkan pengetahuan yang tampak masuk akal bagi dirinya, tetapi berbeda dari penjelasan kimia yang diterima. Miskonsepsi kemudian memengaruhi cara peserta didik memproses informasi baru dan tidak selalu hilang hanya melalui penyampaian konsep yang benar (Nakhleh, 1992).

Definisi miskonsepsi juga memiliki konsekuensi pedagogis dan etis. Apabila semua jawaban salah diberi label miskonsepsi, guru dapat memberikan intervensi yang tidak sesuai. Peserta didik yang belum mengetahui konsep mungkin hanya memerlukan pengajaran awal yang jelas. Peserta didik yang salah menghitung memerlukan perbaikan prosedural. Peserta didik yang salah memahami simbol memerlukan penguatan literasi representasional. Sementara itu, peserta didik yang memiliki miskonsepsi memerlukan kegiatan yang membuat gagasannya muncul, diperiksa, dibandingkan dengan bukti, dan direkonstruksi.

Dengan demikian, definisi miskonsepsi bukan sekadar persoalan terminologi. Definisi tersebut menentukan:

- apa yang dicari dalam diagnosis;
- data apa yang perlu dikumpulkan;
- bagaimana jawaban peserta didik ditafsirkan;
- bentuk intervensi apa yang dipilih;
- bagaimana efektivitas remediasi dievaluasi;
- bagaimana peserta didik diperlakukan dalam proses pembelajaran.

1.3.2 Definisi Dasar Miskonsepsi

Secara etimologis, istilah *misconception* tersusun dari kata *mis-* yang menunjukkan ketidaktepatan dan *conception* yang berarti konsepsi atau pemahaman personal. Dalam konteks pendidikan sains, miskonsepsi secara umum merujuk pada pemahaman, penjelasan, model, atau hubungan konseptual yang tidak sesuai dengan pengetahuan ilmiah yang diterima.

Definisi sederhana tersebut perlu diperluas. Miskonsepsi tidak hanya berupa pernyataan faktual yang salah, tetapi dapat mencakup:

- definisi yang tidak tepat;

- atribut konsep yang keliru;
- hubungan sebab-akibat yang salah;
- model mental yang tidak memadai;
- penggunaan analogi secara harfiah;
- pencampuran dua konsep;
- generalisasi aturan di luar batas penerapannya;
- penerapan algoritma tanpa makna;
- interpretasi yang keliru terhadap representasi;
- kategorisasi ontologis yang tidak tepat;
- kerangka penjelasan yang bertentangan dengan konsep ilmiah.

Dalam buku ini, miskonsepsi didefinisikan sebagai berikut:

Miskonsepsi adalah konsepsi, model mental, hubungan makna, atau pola penalaran yang digunakan seseorang untuk menjelaskan, memprediksi, merepresentasikan, atau menyelesaikan persoalan, tetapi tidak selaras dengan pengetahuan ilmiah yang diterima dalam konteks dan tingkat pembahasan tertentu, serta menunjukkan tingkat keteraturan atau keyakinan yang melampaui kesalahan sesaat.

Definisi tersebut memuat enam komponen.

1. Miskonsepsi merupakan bagian dari struktur pemahaman

Miskonsepsi bukan hanya kata atau jawaban yang salah. Miskonsepsi terdapat pada hubungan makna yang digunakan untuk menghasilkan jawaban. Pernyataan “ikatan yang diputus melepaskan energi” menunjukkan hubungan yang salah antara pemutusan ikatan dan perubahan energi. Peserta didik mungkin menggunakan hubungan tersebut untuk menjelaskan pembakaran, reaksi eksoterm, energi makanan, atau energi bahan bakar.

2. Miskonsepsi digunakan secara fungsional

Miskonsepsi biasanya memiliki fungsi dalam penalaran peserta didik. Gagasan tersebut digunakan untuk menjelaskan fenomena, membuat prediksi, atau memilih prosedur. Karena berfungsi, miskonsepsi dapat terasa masuk akal bagi pemiliknya.

3. Miskonsepsi tidak selaras dengan konsep ilmiah

Ketidaksesuaian harus dinilai berdasarkan pengetahuan disipliner yang relevan, bukan semata-mata berdasarkan preferensi kata guru. Peserta didik dapat menggunakan bahasa sederhana, tetapi tetap memiliki penalaran yang secara substantif benar. Sebaliknya, peserta

didik dapat menggunakan istilah ilmiah dengan tepat secara verbal, tetapi membangun hubungan konseptual yang salah.

4. Ketidaksesuaian harus ditempatkan dalam konteks

Makna ilmiah dapat bergantung pada teori, asumsi, kondisi, dan tingkat pembelajaran. Pernyataan yang cukup memadai pada tahap awal dapat menjadi tidak memadai pada tingkat lanjut. Model Bohr, misalnya, dapat digunakan sebagai model historis dan pedagogis terbatas, tetapi menjadi miskonsepsi apabila dipahami sebagai gambaran literal semua atom dengan elektron yang memiliki lintasan pasti seperti planet.

5. Miskonsepsi menunjukkan keteraturan tertentu

Satu respons yang salah belum cukup. Indikasi miskonsepsi menjadi lebih kuat apabila gagasan yang sama muncul pada beberapa soal, representasi, atau konteks.

6. Miskonsepsi berbeda dari kekeliruan sesaat

Peserta didik yang segera mengenali dan memperbaiki kesalahannya setelah diminta memeriksa kembali mungkin hanya melakukan kekeliruan. Peserta didik yang mempertahankan alasan salah karena menganggapnya benar menunjukkan indikasi miskonsepsi yang lebih kuat.

Definisi tersebut tidak mensyaratkan bahwa setiap miskonsepsi selalu sepenuhnya koheren, digunakan pada semua konteks, atau diyakini dengan tingkat keyakinan yang sangat tinggi. Penelitian konsepsi peserta didik menunjukkan bahwa pengetahuan dapat tersusun sebagai kerangka yang relatif stabil, tetapi dapat pula bersifat parsial dan kontekstual. Karena itu, miskonsepsi sebaiknya dipahami sebagai suatu spektrum organisasi pengetahuan, bukan kategori biner yang sepenuhnya seragam.

1.3.3 Perkembangan Historis Kajian Miskonsepsi

Kajian miskonsepsi berkembang dari perubahan besar dalam cara peneliti memandang belajar sains. Dalam pendekatan transmisi, kesalahan peserta didik cenderung dipandang sebagai kekurangan informasi. Pikiran peserta didik diasumsikan belum berisi konsep ilmiah sehingga tugas pengajaran adalah memasukkan pengetahuan yang benar.

Penelitian pada paruh kedua abad ke-20 menunjukkan bahwa asumsi tersebut tidak memadai. Peserta didik datang ke kelas dengan gagasan sendiri tentang materi, energi, gerak, panas, gaya, kehidupan, dan berbagai fenomena alam. Gagasan tersebut bukan selalu tebakan acak. Gagasan dapat memiliki logika internal, berulang pada banyak peserta didik, dan bertahan setelah pembelajaran.

Kajian Driver dan Easley pada 1978 menjadi salah satu tonggak penting dalam literatur pendidikan sains. Mereka meninjau perkembangan konsep pada peserta didik dan

menunjukkan bahwa pemikiran peserta didik perlu dipelajari sebagai sistem yang memiliki pola, bukan hanya sebagai kegagalan mencapai jawaban ilmiah. Penggunaan istilah “paradigma peserta didik” menegaskan bahwa respons peserta didik dapat berasal dari kerangka pemaknaan yang relatif terorganisasi (Driver & Easley, 1978).

Pada awal dekade 1980-an, Posner, Strike, Hewson, dan Gertzog merumuskan teori perubahan konseptual. Menurut kerangka tersebut, pembelajaran konsep ilmiah tertentu dapat melibatkan proses yang menyerupai perubahan teori dalam ilmu. Peserta didik tidak hanya menambahkan informasi baru, tetapi kadang perlu mereorganisasi pemahamannya. Konsepsi baru lebih mungkin diterima apabila peserta didik merasa tidak puas dengan konsepsi lama dan konsep baru dapat dipahami, dianggap masuk akal, serta memiliki daya guna untuk menjelaskan fenomena (Posner et al., 1982).

Perkembangan ini mendorong penggunaan istilah seperti:

- *misconceptions*;
- *preconceptions*;
- *alternative conceptions*;
- *alternative frameworks*;
- *naive conceptions*;
- *intuitive conceptions*;
- *children's science*;
- *mental models*;
- *synthetic models*;
- *commonsense knowledge*.

Dalam pendidikan kimia, artikel Nakhleh pada 1992 memberi kontribusi penting dengan menjelaskan mengapa sebagian peserta didik tidak belajar kimia sebagaimana yang dimaksudkan oleh pengajaran. Ia menghubungkan model kognitif belajar kimia dengan berbagai miskonsepsi dan implikasinya bagi pembelajaran. Kajian tersebut memperlihatkan bahwa peserta didik dapat menghafal aturan dan memecahkan soal algoritmik tanpa membangun pemahaman konseptual yang memadai.

Pada dekade 1990-an, muncul kritik terhadap model miskonsepsi yang terlalu menekankan gagasan peserta didik sebagai pengetahuan salah yang harus dihapus. Smith, diSessa, dan Roschelle berpendapat bahwa pengetahuan awal peserta didik tidak hanya menjadi hambatan, tetapi juga mengandung sumber daya produktif untuk membangun keahlian. Mereka mengusulkan agar perubahan pengetahuan lebih sering dipahami sebagai proses

penyempurnaan, reorganisasi, dan pengaturan ulang, bukan sekadar penggantian gagasan lama oleh gagasan baru (Smith, diSessa, & Roschelle, 1993).

Vosniadou menjelaskan bahwa peserta didik dapat membangun model sintetik yang menggabungkan informasi ilmiah baru dengan asumsi awal. Perubahan konseptual tertentu hanya memerlukan penambahan informasi, sedangkan perubahan yang lebih mendasar menuntut revisi asumsi ontologis dan epistemologis yang membatasi pemahaman peserta didik (Vosniadou, 1994).

Chi kemudian menjelaskan bahwa sebagian miskonsepsi sangat kuat karena peserta didik mengategorikan proses ilmiah ke dalam kategori ontologis yang tidak sesuai. Proses emergen, seperti difusi, sering dipahami seolah-olah dikendalikan oleh agen atau mekanisme langsung. Kesalahan semacam ini tidak cukup diperbaiki melalui tambahan fakta karena menyangkut cara dasar peserta didik mengategorikan proses (Chi, 2005).

Duit dan Treagust menyintesis perkembangan teori perubahan konseptual dengan menunjukkan bahwa pembelajaran sains perlu dipahami melalui banyak perspektif. Perubahan konseptual tidak hanya menyangkut aspek kognitif, tetapi juga motivasi, epistemologi, konteks sosial, bahasa, dan pengalaman belajar. Kerangka perubahan konseptual berkembang dari model penggantian sederhana menuju pandangan yang lebih kompleks dan multiperspektif (Duit & Treagust, 2003).

Sejarah tersebut menunjukkan bahwa pengertian miskonsepsi mengalami perluasan. Miskonsepsi tidak lagi dipahami hanya sebagai pernyataan salah yang tersimpan secara utuh dalam pikiran, tetapi dapat berupa:

- kerangka alternatif yang terorganisasi;
- model mental sintetik;
- hubungan konsep yang salah;
- asumsi implisit;
- sumber daya kognitif yang digunakan tidak tepat;
- kategorisasi ontologis yang keliru;
- pola penalaran yang diaktifkan oleh konteks tertentu.

1.3.4 Miskonsepsi dan Ragam Istilah yang Berdekatan

Tidak ada satu istilah yang digunakan secara seragam dalam seluruh literatur pendidikan sains. Pemilihan istilah sering mencerminkan posisi teoretis peneliti.

A. Miskonsepsi

Istilah miskonsepsi menekankan ketidaksesuaian antara pemahaman peserta didik dan konsep ilmiah. Keunggulannya adalah ketegasan: terdapat aspek pemahaman yang perlu dikoreksi. Kelemahannya adalah kemungkinan memberi kesan bahwa seluruh pemikiran peserta didik tidak bernilai atau sepenuhnya salah.

B. Konsepsi alternatif

Istilah konsepsi alternatif menekankan bahwa peserta didik memiliki cara memahami yang berbeda dari konsep ilmiah. Istilah ini dianggap lebih netral dan tidak langsung memberi penilaian negatif.

Namun, kata “alternatif” tidak boleh ditafsirkan bahwa konsepsi peserta didik dan konsep ilmiah memiliki status epistemik yang sama. Konsep ilmiah telah dibangun melalui bukti, pengujian, argumentasi, dan validasi komunitas ilmiah. Konsepsi alternatif tetap perlu dievaluasi berdasarkan standar tersebut.

C. Prakonsepsi

Prakonsepsi adalah konsepsi yang telah dimiliki sebelum pembelajaran formal. Prakonsepsi dapat benar, parsial, atau salah. Karena itu, prakonsepsi tidak identik dengan miskonsepsi.

D. Kerangka alternatif

Istilah ini digunakan ketika gagasan peserta didik membentuk jaringan penjelasan yang relatif terorganisasi. Sebagai contoh, aturan oktet dapat berkembang menjadi kerangka alternatif untuk menjelaskan ikatan, kestabilan, pembentukan ion, dan reaksi.

E. Gagasan intuitif

Istilah ini menekankan penalaran yang muncul secara spontan dari pengalaman atau intuisi. Gagasan intuitif dapat produktif pada konteks tertentu, tetapi menghasilkan kesalahan ketika diterapkan terlalu luas.

F. Model mental

Model mental adalah representasi internal tentang struktur atau mekanisme suatu sistem. Model mental dapat memuat aspek ilmiah dan nonilmiah sekaligus.

G. Model sintetik

Model sintetik merupakan gabungan antara informasi ilmiah yang diajarkan dan asumsi awal peserta didik. Model ini bukan sekadar konsep lama atau konsep ilmiah, tetapi hasil integrasi yang tidak sepenuhnya sesuai dengan keduanya.

H. Kesulitan konseptual

Istilah ini lebih luas dan berhati-hati. Kesulitan konseptual dapat mencakup miskonsepsi, pengetahuan parsial, keterbatasan representasi, atau kegagalan menghubungkan konsep.

Taber menunjukkan bahwa literatur kimia menggunakan berbagai istilah untuk menggambarkan gagasan peserta didik. Pemilihan istilah perlu disesuaikan dengan bukti yang tersedia dan tingkat organisasi pemahaman yang ditemukan. Penelitian tentang konsep struktural kimia juga menunjukkan bahwa sebagian kesulitan peserta didik dapat berkembang menjadi kerangka alternatif yang cukup kuat, sedangkan sebagian lainnya lebih lokal dan kontekstual.

Dalam buku ini, istilah **miskonsepsi** tetap digunakan karena fokus utama pembahasan adalah ketidaksesuaian yang memiliki konsekuensi bagi pembelajaran. Namun, penggunaannya dibatasi oleh tiga prinsip:

1. istilah tersebut tidak digunakan untuk setiap jawaban salah;
2. diagnosis harus didukung oleh alasan, pola, atau bukti tambahan;
3. peserta didik tidak diberi identitas tetap sebagai “anak yang salah konsep”.

Yang mengalami miskonsepsi adalah pemahaman terhadap konsep tertentu, bukan keseluruhan kapasitas intelektual peserta didik.

1.3.5 Kriteria Utama Miskonsepsi

Miskonsepsi dapat dikenali melalui sejumlah kriteria. Tidak semua kriteria harus muncul dengan kekuatan yang sama, tetapi semakin banyak kriteria terpenuhi, semakin kuat dasar diagnosis.

1. Ketidaksesuaian dengan konsep ilmiah

Kriteria pertama adalah adanya perbedaan substantif dengan pengetahuan ilmiah yang diterima. Perbedaan tersebut harus menyangkut makna, hubungan, mekanisme, atau kondisi penerapan, bukan sekadar perbedaan pilihan kata.

Contoh:

“Pada keadaan setimbang, konsentrasi pereaksi sama dengan konsentrasi produk.”

Pernyataan tersebut tidak sesuai dengan konsep ilmiah. Pada keadaan setimbang, yang sama adalah laju reaksi maju dan balik, bukan harus konsentrasi pereaksi dan produk.

2. Adanya alasan atau struktur penjelasan

Miskonsepsi lebih dari jawaban salah tanpa alasan. Peserta didik biasanya dapat memberikan penjelasan yang menurutnya masuk akal.

Contoh:

“Konsentrasi pereaksi dan produk harus sama karena kata setimbang berarti kedua sisi sama banyak.”

Peserta didik memindahkan makna sehari-hari “seimbang” ke dalam sistem kimia.

3. Konsistensi atau keberulangan

Gagasan yang sama muncul pada beberapa pertanyaan atau situasi.

Contoh:

- menganggap konsentrasi sama pada kesetimbangan gas;
- menganggap jumlah ion sama pada kesetimbangan asam lemah;
- menganggap jumlah zat terlarut dan endapan sama pada kesetimbangan kelarutan.

Keberulangan menunjukkan bahwa peserta didik menggunakan prinsip umum yang salah.

4. Tingkat keyakinan

Peserta didik yakin bahwa konsepsinya benar. Keyakinan tinggi memperkuat indikasi miskonsepsi, meskipun tidak boleh menjadi satu-satunya dasar diagnosis.

Penelitian mengenai konsepsi alternatif asam-basa pada peserta didik sekolah menengah menunjukkan pentingnya menggabungkan jawaban, alasan, dan ukuran keyakinan. Respons salah dengan alasan salah dan keyakinan tinggi memiliki makna diagnostik berbeda dari respons salah berkeyakinan rendah.

5. Ketahanan terhadap koreksi sederhana

Miskonsepsi tidak langsung hilang ketika guru menyampaikan jawaban benar. Peserta didik dapat menghafal koreksi tetapi tetap menggunakan penalaran lama dalam konteks baru.

6. Daya generatif

Miskonsepsi dapat digunakan untuk menghasilkan berbagai prediksi dan penjelasan.

Gagasan “ikatan menyimpan energi yang dilepaskan ketika putus” dapat digunakan untuk menjelaskan:

- pembakaran;
- metabolisme;
- bahan peledak;
- bahan bakar;
- reaksi eksoterm;

- energi makanan.

Satu hubungan konseptual yang salah menghasilkan banyak kesimpulan turunan.

7. Keterhubungan dengan konsep lain

Miskonsepsi dapat tertanam dalam jaringan pengetahuan. Gagasan “atom berikatan untuk memperoleh oktet” dapat dikaitkan dengan konfigurasi elektron, ion, ikatan kovalen, kestabilan, dan reaktivitas.

8. Penerapan di luar batas

Peserta didik menggeneralisasi aturan yang benar pada konteks terbatas menjadi aturan universal.

Contoh:

“Koefisien reaksi selalu sama dengan orde reaksi.”

Hubungan tersebut dapat berlaku pada tahap elementer tertentu, tetapi tidak dapat digunakan sebagai aturan umum untuk persamaan reaksi keseluruhan.

9. Ketidakmampuan mengoordinasikan representasi

Peserta didik dapat menjawab benar pada tingkat simbolik tetapi memberikan gambar partikel yang salah. Ketidakselarasan ini dapat mengungkap miskonsepsi yang tersembunyi.

1.3.6 Membedakan Miskonsepsi dari Ketidaktahuan

Ketidaktahuan terjadi ketika peserta didik belum memiliki pengetahuan yang diperlukan untuk menjawab atau menjelaskan suatu persoalan. Peserta didik mungkin menyatakan “saya tidak tahu”, memberikan jawaban acak, atau tidak mampu memberikan alasan.

Perbedaan utamanya adalah bahwa ketidaktahuan menunjukkan **ketiadaan atau kekurangan pengetahuan**, sedangkan miskonsepsi menunjukkan **keberadaan pengetahuan yang digunakan tetapi tidak tepat**.

Contoh pertanyaan:

Apakah katalis mengubah nilai tetapan kesetimbangan?

Respons A:

“Saya tidak tahu apa yang dimaksud tetapan kesetimbangan.”

Respons ini menunjukkan ketidaktahuan atau belum terbentuknya konsep prasyarat.

Respons B:

“Ya. Katalis mempercepat reaksi ke arah produk sehingga nilai K menjadi lebih besar.”

Respons ini menunjukkan hubungan konseptual yang salah antara laju reaksi dan posisi kesetimbangan.

Intervensinya berbeda. Respons A memerlukan pengajaran dasar mengenai tetapan kesetimbangan dan perbedaannya dari laju. Respons B memerlukan pembongkaran hubungan salah yang telah terbentuk.

Ketidaktahuan dan miskonsepsi juga dapat hadir bersama. Peserta didik dapat tidak mengetahui definisi formal tetapi memiliki intuisi yang salah. Sebaliknya, ia dapat mengetahui banyak istilah tetapi menghubungkannya secara tidak tepat.

1.3.7 Membedakan Miskonsepsi dari Kesalahan Faktual

Kesalahan faktual terjadi ketika peserta didik salah mengingat data, nama, simbol, atau informasi tertentu tanpa membangun hubungan konseptual yang salah.

Contoh:

Peserta didik menulis simbol natrium sebagai N.

Kesalahan tersebut dapat terjadi karena lupa atau tertukar dengan nitrogen. Jika peserta didik memahami bahwa simbol unsur ditetapkan secara konvensional dan segera memperbaiki setelah diingatkan, kesalahan itu bukan miskonsepsi.

Namun, kesalahan faktual dapat berkaitan dengan miskonsepsi apabila ditopang alasan sistematis.

Contoh:

“Simbol natrium harus N karena semua simbol unsur berasal dari huruf pertama nama Indonesiannya.”

Dalam kasus ini, terdapat miskonsepsi mengenai dasar penetapan simbol unsur. Peserta didik belum memahami bahwa sebagian simbol berasal dari nama Latin atau nama historis.

Perbedaan tersebut memperlihatkan pentingnya pertanyaan lanjutan: **Mengapa Anda memilih jawaban itu?**

1.3.8 Membedakan Miskonsepsi dari Kekeliruan atau *Slip*

Kekeliruan sesaat terjadi ketika peserta didik sebenarnya memahami konsep, tetapi membuat kesalahan dalam pelaksanaan.

Contohnya:

- menuliskan tanda positif sebagai negatif;

- salah menjumlahkan angka;
- melewati satu koefisien;
- menyalin angka dengan keliru;
- salah membaca skala grafik;
- menekan tombol kalkulator yang tidak tepat.

Peserta didik yang melakukan *slip* biasanya dapat menemukan dan memperbaiki kesalahannya ketika diminta memeriksa kembali.

Misalnya, peserta didik memahami bahwa pH larutan asam kurang dari 7, tetapi menuliskan $\text{pH} = 12$ karena salah memasukkan tanda negatif dalam perhitungan logaritma. Ketika diminta menilai kemasukakalan hasil, ia segera menyadari kesalahannya. Ini bukan miskonsepsi tentang asam-basa, tetapi kesalahan prosedural atau aritmetika.

Sebaliknya, peserta didik yang mempertahankan $\text{pH} = 12$ karena percaya bahwa “semakin kuat asam, semakin besar angka pH” menunjukkan miskonsepsi mengenai skala pH.

Kemampuan mengevaluasi kemasukakalan jawaban menjadi indikator penting. Peserta didik dengan pemahaman konseptual dapat menggunakan konsep untuk memeriksa hasil proseduralnya.

1.3.9 Membedakan Miskonsepsi dari Kesalahan Prosedural

Kesalahan prosedural terjadi ketika peserta didik memilih atau menjalankan langkah penyelesaian yang tidak tepat. Kesalahan prosedural dapat berdiri sendiri, tetapi dapat pula berakar pada miskonsepsi.

Contoh pada stoikiometri:

Peserta didik tidak mengubah massa menjadi mol sebelum menggunakan perbandingan koefisien.

Kesalahan ini dapat terjadi karena lupa urutan langkah. Namun, jika peserta didik meyakini bahwa koefisien reaksi menunjukkan perbandingan massa, terdapat miskonsepsi mengenai makna persamaan reaksi.

Contoh pada penulisan rumus ionik:

Peserta didik menulis Al_2O_3 menjadi Al_3O_2 .

Ia mungkin hanya tertukar saat menggunakan metode silang muatan. Akan tetapi, jika ia beranggapan bahwa angka muatan selalu ditempatkan sebagai indeks pada ion yang sama, terdapat kesalahan konseptual tentang netralitas muatan.

Contoh pada pengenceran:

Peserta didik menggunakan $M_1V_1 = M_2V_2$ untuk semua pencampuran larutan.

Apabila hal itu dilakukan karena hafalan rumus tanpa mempertimbangkan reaksi, ia mengalami kesalahan prosedural yang berkaitan dengan miskonsepsi tentang kekekalan jumlah zat terlarut. Persamaan pengenceran hanya berlaku ketika jumlah zat terlarut yang diperhitungkan tetap.

Pembedaan antara kesalahan prosedural dan miskonsepsi membutuhkan pemeriksaan alasan. Kesalahan prosedural dapat diperbaiki melalui latihan terarah, tetapi miskonsepsi memerlukan rekonstruksi makna.

1.3.10 Membedakan Miskonsepsi dari Pengetahuan Parsial

Pengetahuan parsial terjadi ketika peserta didik telah memahami sebagian unsur konsep, tetapi belum memiliki struktur yang lengkap. Pengetahuan parsial bukan selalu miskonsepsi.

Contoh:

“Larutan penyangga mempertahankan pH ketika ditambahkan sedikit asam.”

Pernyataan tersebut benar, tetapi belum lengkap. Peserta didik belum menjelaskan pasangan asam-basa konjugasi, mekanisme konsumsi ion yang ditambahkan, batas kapasitas penyangga, atau perubahan rasio komponen.

Apabila peserta didik menyatakan:

“Larutan penyangga mempertahankan pH karena pH-nya tidak dapat berubah sama sekali,”

maka pengetahuan parsial telah disertai miskonsepsi. Larutan penyangga tidak mempertahankan pH secara mutlak; larutan hanya mengurangi perubahan pH dalam batas kapasitas tertentu.

Perbedaan antara pengetahuan parsial dan miskonsepsi dapat dianalisis melalui pertanyaan:

1. Apakah bagian yang belum disebutkan hanya belum lengkap?
2. Apakah terdapat hubungan yang secara eksplisit salah?
3. Apakah kekurangan tersebut menghasilkan prediksi yang keliru?
4. Apakah peserta didik mempertahankan batas konsep yang tidak tepat?

Pengetahuan parsial sering menjadi titik awal yang baik untuk elaborasi. Guru tidak harus menciptakan konflik besar apabila struktur awal sudah selaras dengan konsep ilmiah.

1.3.11 Membedakan Miskonsepsi dari Kesalahan Bahasa

Bahasa peserta didik tidak selalu memiliki ketepatan terminologis seperti bahasa ilmiah. Peserta didik dapat menggunakan kata sehari-hari untuk menyampaikan gagasan yang secara substantif cukup benar.

Contoh:

“Partikel bergerak lebih semangat ketika dipanaskan.”

Ungkapan “lebih semangat” tidak ilmiah, tetapi mungkin mengacu pada peningkatan energi kinetik rata-rata. Guru perlu meminta klarifikasi sebelum menyimpulkan adanya miskonsepsi.

Sebaliknya, penggunaan istilah ilmiah tidak menjamin pemahaman.

Contoh:

“Katalis menurunkan energi aktivasi dengan menambahkan energi aktivasi pada pereaksi.”

Peserta didik menggunakan istilah yang tepat, tetapi hubungan konseptualnya salah.

Bahasa kimia juga mengandung istilah yang mudah ditafsirkan secara harfiah:

- kuat;
- lemah;
- jenuh;
- stabil;
- spontan;
- bergeser;
- orbital;
- awan elektron;
- pasangan elektron;
- donor;
- penerima;
- gaya;
- afinitas.

Guru perlu membedakan keterbatasan ekspresi dari keterbatasan konsep. Wawancara atau pertanyaan penjelas dapat menghindari diagnosis berlebihan.

1.3.12 Membedakan Miskonsepsi dari Model yang Disederhanakan

Pembelajaran kimia menggunakan banyak model yang sengaja disederhanakan. Model tersebut tidak identik dengan realitas, tetapi tetap berguna dalam ruang lingkup tertentu.

Model Bohr, struktur Lewis, teori VSEPR, model bola-dan-tongkat, dan persamaan gas ideal merupakan contoh model pedagogis atau teoretis yang memiliki asumsi dan keterbatasan.

Penggunaan model Bohr tidak otomatis merupakan miskonsepsi apabila peserta didik memahami bahwa model tersebut:

- merupakan salah satu tahap perkembangan model atom;
- berguna untuk menjelaskan aspek tertentu;
- tidak menggambarkan lintasan elektron secara literal dalam teori kuantum modern;
- memiliki keterbatasan untuk atom berelektron banyak.

Model berubah menjadi sumber miskonsepsi apabila peserta didik menyamakan model dengan realitas dan menerapkannya tanpa batas.

Contoh lain adalah struktur Lewis. Struktur Lewis sangat berguna untuk menunjukkan elektron valensi, konektivitas, muatan formal, dan kemungkinan resonansi. Namun, struktur Lewis tidak menunjukkan distribusi kerapatan elektron secara penuh, geometri tiga dimensi, dinamika elektron, atau panjang ikatan secara presisi.

Taber menunjukkan bahwa pengembangan konsep struktur kimia sangat bergantung pada penggunaan model. Kesulitan muncul ketika peserta didik tidak memahami status model, menggabungkan model tanpa koordinasi, atau menganggap representasi sebagai gambaran literal entitas kimia.

Dengan demikian, guru perlu mengajarkan bukan hanya **melalui model**, tetapi juga **tentang model**:

- apa yang direpresentasikan;
- aspek apa yang disederhanakan;
- untuk tujuan apa model digunakan;
- kapan model tidak memadai;
- bagaimana model berbeda dari model lain.

1.3.13 Bentuk-Bentuk Miskonsepsi

Miskonsepsi dapat diklasifikasikan berdasarkan struktur kesalahannya.

A. Miskonsepsi definisional

Peserta didik menggunakan definisi yang salah atau terlalu sempit.

Contoh:

“Oksidasi adalah semua reaksi yang melibatkan oksigen.”

Definisi tersebut hanya mencakup sebagian kasus dan tidak memadai untuk menjelaskan seluruh reaksi redoks.

B. Miskonsepsi atribut

Peserta didik menggunakan ciri yang bukan atribut kritis.

Contoh:

“Senyawa tersusun atas lebih dari satu atom.”

Banyak molekul unsur tersusun atas lebih dari satu atom, sedangkan atribut penting senyawa adalah adanya lebih dari satu jenis unsur yang berikatan secara kimia dalam komposisi tertentu.

C. Miskonsepsi relasional

Peserta didik menghubungkan dua konsep secara salah.

Contoh:

“Semakin eksoterm suatu reaksi, semakin cepat reaksinya.”

Pernyataan ini mencampur perubahan entalpi dengan laju reaksi.

D. Miskonsepsi kausal

Peserta didik memberikan penyebab yang salah.

Contoh:

“Garam larut karena molekul air memecah ikatan ion dengan gaya mekanis.”

Pernyataan tersebut mengabaikan interaksi ion-dipol, energi kisi, hidrasi, dan perubahan energi serta entropi sistem.

E. Miskonsepsi representasional

Peserta didik salah menafsirkan simbol, gambar, grafik, atau model.

Contoh:

Menganggap koefisien 2 pada $2\text{H}_2\text{O}$ sebagai dua atom hidrogen dalam satu molekul air.

F. Miskonsepsi prosedural-konseptual

Peserta didik menggunakan prosedur yang dibangun atas makna salah.

Contoh:

Menggunakan metode silang muatan tanpa memahami netralitas listrik.

G. Miskonsepsi ontologis

Peserta didik menempatkan konsep dalam kategori yang keliru.

Contoh:

Kalor diperlakukan sebagai zat yang tersimpan di dalam benda.

H. Miskonsepsi teleologis

Fenomena dijelaskan melalui tujuan atau keinginan.

Contoh:

“Atom bereaksi karena ingin memiliki delapan elektron.”

I. Miskonsepsi antropomorfis

Entitas kimia diberi sifat mental atau kehendak manusia.

Contoh:

“Elektron memilih atom yang lebih elektronegatif karena lebih menyukainya.”

J. Miskonsepsi generalisasi

Aturan lokal diterapkan sebagai hukum universal.

Contoh:

“Semua senyawa yang mengandung atom H adalah asam.”

K. Miskonsepsi kategorisasi

Peserta didik memasukkan suatu entitas ke dalam kategori yang salah.

Contoh:

“NaCl merupakan molekul karena terdiri atas Na dan Cl.”

L. Miskonsepsi emergensi

Sifat kolektif dianggap sebagai sifat partikel individual.

Contoh:

“Satu molekul air bersifat basah.”

Sifat basah muncul dari interaksi banyak molekul dengan suatu permukaan, bukan atribut satu molekul terisolasi.

1.3.14 Miskonsepsi sebagai Kerangka yang Terorganisasi

Sebagian miskonsepsi tidak berdiri sebagai gagasan tunggal. Gagasan tersebut dapat menjadi pusat dari jaringan penjelasan.

Contoh penting dalam kimia adalah kerangka “atom berusaha mencapai oktet”. Kerangka ini dapat melahirkan proposisi berikut:

- atom yang belum oktet selalu tidak stabil;
- semua atom harus berikatan sampai memiliki delapan elektron;
- ikatan terbentuk karena atom membutuhkan elektron;
- gas mulia tidak pernah membentuk senyawa;
- molekul yang melanggar oktet tidak dapat ada;
- atom pusat dengan lebih dari delapan elektron pasti salah;
- reaksi terjadi agar semua atom mencapai oktet.

Kerangka tersebut tampak produktif karena dapat menjelaskan banyak contoh dasar. Namun, ia mengubah aturan oktet dari pola empiris dan alat prediksi terbatas menjadi sebab universal yang bersifat teleologis.

Penelitian tentang pembelajaran ikatan kimia menunjukkan bahwa berbagai miskonsepsi fundamental dapat bertahan pada peserta didik sekolah dan perguruan tinggi. Kesulitan tidak hanya menyangkut satu definisi, tetapi hubungan antara energi, kestabilan, elektron valensi, kisi, struktur, dan representasi ikatan.

Kerangka yang terorganisasi sulit diperbaiki dengan koreksi lokal. Apabila guru hanya menyatakan bahwa “ada pengecualian terhadap oktet”, peserta didik mungkin memperlakukan contoh tersebut sebagai anomali yang harus dihafal. Remediasi perlu membangun prinsip penjelas yang lebih kuat, yaitu hubungan antara struktur elektron, interaksi elektrostatik, dan energi relatif sistem.

1.3.15 Miskonsepsi sebagai Potongan Pengetahuan yang Kontekstual

Tidak semua miskonsepsi membentuk teori yang koheren. Peserta didik dapat memiliki potongan gagasan yang diaktifkan oleh ciri tertentu dalam soal.

Sebagai contoh, peserta didik mungkin menggunakan aturan:

“Semakin banyak berarti semakin kuat.”

Aturan intuitif tersebut dapat menghasilkan berbagai respons:

- larutan lebih pekat dianggap selalu merupakan asam lebih kuat;
- ikatan rangkap dianggap selalu lebih mudah diputus karena “lebih banyak ikatan”;
- massa zat lebih besar dianggap memiliki suhu lebih tinggi;
- lebih banyak katalis dianggap menghasilkan lebih banyak produk;
- koefisien lebih besar dianggap menunjukkan zat lebih reaktif.

Potongan pengetahuan tersebut tidak selalu membentuk satu teori kimia. Ia merupakan heuristik umum yang diterapkan ketika peserta didik melihat perbedaan kuantitas.

Perspektif ini penting karena remediasi tidak cukup dengan membahas satu topik. Guru perlu membantu peserta didik mengenali bahwa hubungan kuantitatif bergantung pada variabel yang sedang dibahas. “Lebih banyak”, “lebih besar”, dan “lebih kuat” tidak dapat dipertukarkan.

Kritik Smith, diSessa, dan Roschelle terhadap pandangan miskonsepsi tradisional menegaskan bahwa pengetahuan peserta didik dapat mengandung unsur produktif yang digunakan secara tidak tepat. Perubahan belajar kemudian mencakup penataan ulang kondisi kapan suatu intuisi digunakan, bukan selalu penghapusan total intuisi tersebut.

1.3.16 Konsistensi dan Ketergantungan pada Konteks

Miskonsepsi sering disebut konsisten, tetapi konsistensi perlu dipahami secara hati-hati. Peserta didik dapat memberikan respons berbeda terhadap konsep yang sama karena:

- bentuk representasi berubah;
- bahasa pertanyaan berubah;
- konteks familiar atau tidak familiar;
- soal bersifat kualitatif atau kuantitatif;
- peserta didik mengaktifkan model yang berbeda;
- peserta didik menebak;
- beban kognitif meningkat.

Sebagai contoh, peserta didik dapat memilih pernyataan bahwa larutan asam lemah mengalami ionisasi parsial, tetapi menggambar seluruh molekul asam terurai menjadi ion.

Secara verbal ia menggunakan konsep ilmiah, sedangkan secara visual ia menunjukkan miskonsepsi.

Peserta didik juga dapat menghitung pH asam lemah dengan benar, tetapi menyatakan bahwa asam lemah memiliki konsentrasi H^+ rendah karena larutannya selalu encer. Ia berhasil secara algoritmik, tetapi belum membedakan kekuatan dan konsentrasi.

Ketidakkonsistenan tidak membatalkan kemungkinan miskonsepsi. Ketidakkonsistenan dapat menunjukkan bahwa peserta didik memiliki beberapa model yang bersaing. Diagnosis harus memetakan kondisi ketika masing-masing model diaktifkan.

1.3.17 Tingkat Keyakinan dan Miskonsepsi

Tingkat keyakinan membantu membedakan pengetahuan yang belum stabil dari konsepsi yang diyakini. Namun, interpretasinya harus hati-hati.

Empat pola dasar dapat ditemukan.

Jawaban	Alasan	Keyakinan	Interpretasi
Benar	Benar	Tinggi	Indikasi pemahaman kuat
Benar	Salah	Tinggi	Jawaban benar dengan miskonsepsi tersembunyi
Salah	Salah	Rendah	Ketidaktahuan atau pengetahuan belum stabil
Salah	Salah	Tinggi	Indikasi kuat miskonsepsi

Contoh jawaban benar dengan alasan salah:

Pertanyaan: Apakah pH HCl 0,01 M lebih rendah daripada pH HCl 0,001 M?

Peserta didik menjawab “ya”, tetapi beralasan bahwa “semakin banyak air, semakin asam larutan”. Jawabannya benar, tetapi alasannya salah.

Tes diagnostik bertingkat dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan tes pilihan ganda biasa. Instrumen dua tingkat menggabungkan pilihan jawaban dengan pilihan alasan. Instrumen tiga dan empat tingkat menambahkan ukuran keyakinan terhadap jawaban dan alasan. Penelitian kimia menunjukkan bahwa pendekatan ini dapat mengungkap pola konsepsi yang tidak terlihat melalui skor benar-salah biasa.

Meski demikian, keyakinan tinggi bukan bukti final. Peserta didik dapat terlalu percaya diri, salah memahami skala keyakinan, atau menjawab berdasarkan persepsi terhadap tuntutan tes. Diagnosis perlu memeriksa pola pada beberapa butir.

1.3.18 Ketahanan Miskonsepsi

Miskonsepsi sering bertahan karena memiliki satu atau lebih sumber penguat.

1. Sesuai dengan pengalaman langsung

Benda padat tampak diam sehingga gagasan bahwa partikelnya tidak bergerak terasa masuk akal.

2. Didukung oleh bahasa sehari-hari

Ungkapan “asam kuat” mudah disamakan dengan larutan yang pekat atau berbahaya.

3. Didukung oleh analogi

Model atom seperti tata surya menguatkan gagasan lintasan elektron yang pasti.

4. Didukung oleh prosedur sekolah

Aturan oktet digunakan berulang-ulang tanpa membahas batasnya.

5. Berhasil pada sebagian soal

Rumus atau heuristik salah dapat memberikan jawaban benar pada contoh tertentu.

6. Terintegrasi dengan konsep lain

Perubahan satu gagasan menuntut perubahan beberapa hubungan sekaligus.

7. Konsep ilmiah bersifat abstrak

Penjelasan ilmiah dapat kurang intuitif daripada gagasan sehari-hari.

8. Koreksi hanya terjadi pada tingkat verbal

Peserta didik menghafal istilah baru, tetapi model mental lama tetap digunakan.

Chi menjelaskan bahwa miskonsepsi mengenai proses emergen dapat sangat kuat karena peserta didik cenderung menjelaskannya melalui mekanisme langsung dan terpusat. Difusi, misalnya, dapat dianggap terjadi karena partikel “ingin menyebar” atau didorong menuju tempat kosong, padahal pola makroskopik muncul dari gerak dan interaksi banyak partikel tanpa pengendali pusat.

1.3.19 Contoh Analisis: “Pemutusan Ikatan Melepaskan Energi”

Pernyataan bahwa pemutusan ikatan melepaskan energi merupakan salah satu miskonsepsi penting dalam termokimia.

Jawaban salah

“Ketika ikatan diputus, energi yang tersimpan di dalam ikatan keluar.”

Mengapa pernyataan ini tampak masuk akal?

Peserta didik mengenal:

- bahan bakar menyimpan energi kimia;
- makanan memberikan energi;
- pembakaran memerlukan pemutusan ikatan;
- reaksi eksoterm melepaskan energi.

Peserta didik kemudian menyimpulkan bahwa energi yang dilepaskan berasal langsung dari ikatan yang diputus.

Konsep ilmiah

Pemutusan ikatan memerlukan energi karena sistem harus bergerak menuju keadaan dengan energi potensial lebih tinggi. Pembentukan ikatan melepaskan energi karena sistem menuju keadaan dengan energi lebih rendah.

Reaksi secara keseluruhan bersifat eksoterm apabila energi yang dilepaskan ketika ikatan atau interaksi produk terbentuk lebih besar daripada energi yang dibutuhkan untuk memutus ikatan atau interaksi pereaksi.

Mengapa ini merupakan miskonsepsi, bukan sekadar salah istilah?

Gagasan tersebut memiliki struktur kausal:

1. ikatan adalah tempat penyimpanan energi;
2. ikatan diputus;
3. energi keluar;
4. reaksi menjadi eksoterm.

Struktur ini dapat digunakan untuk menjelaskan berbagai fenomena dan bertahan meskipun peserta didik dapat menghitung energi ikatan secara benar.

Diagnosis

Guru dapat meminta peserta didik membandingkan:

- pemutusan ikatan H–H;
- pembentukan ikatan H–H;
- profil energi;
- tanda perubahan energi;
- energi total pemutusan ikatan pereaksi;
- energi total pembentukan ikatan produk.

Pertanyaan yang hanya menanyakan definisi reaksi eksoterm tidak cukup mengungkap miskonsepsi tersebut.

1.3.20 Contoh Analisis: “Asam Kuat Berarti Asam Pekat”

Jawaban salah

“HCl 0,001 M lebih kuat daripada CH_3COOH 1 M karena HCl merupakan asam kuat.”

Pernyataan ini mencampur dua konsep:

- **kekuatan asam**, yang berkaitan dengan kecenderungan ionisasi atau transfer proton;
- **konsentrasi**, yang berkaitan dengan jumlah zat per volume larutan.

HCl 0,001 M tetap diklasifikasikan sebagai asam kuat karena terionisasi hampir sempurna dalam kondisi pembelajaran ideal, tetapi konsentrasinya rendah. CH_3COOH 1 M merupakan asam lemah, tetapi larutannya lebih pekat.

Pertanyaan “mana yang lebih asam?” juga dapat ambigu. Apakah yang dimaksud lebih kuat sebagai spesies asam, memiliki pH lebih rendah, atau memiliki konsentrasi lebih tinggi? Bahasa soal harus dibuat presisi.

Kajian terhadap pemahaman asam-basa peserta didik menunjukkan bahwa topik tersebut memerlukan koordinasi sifat partikulat materi, larutan, ionisasi, kesetimbangan, simbol, dan model asam-basa. Perbedaan kekuatan dan konsentrasi menjadi salah satu wilayah yang rentan terhadap konsepsi alternatif.

1.3.21 Contoh Analisis: “Pada Kesetimbangan Jumlah Kedua Sisi Sama”

Jawaban salah

“Reaksi mencapai kesetimbangan ketika jumlah pereaksi sama dengan jumlah produk.”

Miskonsepsi ini kemungkinan berasal dari:

- makna sehari-hari kata seimbang;
- bentuk persamaan reaksi dengan dua sisi;
- gambar timbangan;
- kurangnya penekanan pada laju;
- representasi grafik yang tidak dibaca secara tepat.

Pada kesetimbangan, konsentrasi pereaksi dan produk tetap terhadap waktu, tetapi tidak harus sama satu sama lain. Kesetimbangan dapat sangat berpihak kepada pereaksi atau produk.

Kesalahan juga dapat muncul dari bahasa “kesetimbangan bergeser ke kanan”. Peserta didik dapat membayangkan dua sisi persamaan seperti dua tempat fisik. Padahal, ungkapan tersebut menyatakan perubahan komposisi sistem menuju keadaan setimbang baru.

Penelitian tentang buku teks dan konsepsi alternatif kesetimbangan menunjukkan bahwa cara penyajian materi dapat berkaitan dengan cara peserta didik membangun pemahaman. Representasi dan istilah perlu digunakan secara hati-hati agar tidak memperkuat pandangan kesetimbangan sebagai dua sisi yang terpisah atau proses yang statis.

Miskonsepsi kesetimbangan tidak hanya ditemukan pada peserta didik. Penelitian menggunakan protokol berpikir lantang menemukan bahwa guru kimia sekolah menengah juga dapat mempertahankan gagasan tertentu yang tidak tepat, misalnya menganggap peningkatan konsentrasi pereaksi selalu menggeser kesetimbangan ke kanan tanpa memeriksa bentuk sistem dan kondisi yang relevan.

1.3.22 Contoh Analisis: “Senyawa Ionik Terdiri atas Molekul”

Peserta didik sering menggunakan istilah molekul untuk semua gabungan atom.

Contoh pernyataan:

“Satu molekul NaCl terdiri atas satu atom Na dan satu atom Cl.”

Dalam kristal NaCl, tidak terdapat molekul NaCl diskrit seperti molekul H₂O. Struktur tersebut berupa kisi ionik yang tersusun atas ion Na⁺ dan Cl⁻ dengan rasio keseluruhan 1:1. NaCl disebut unit formula, bukan rumus molekul.

Miskonsepsi ini dapat berasal dari:

- semua rumus kimia dibaca dengan cara yang sama;
- gambar dua bola Na–Cl ditampilkan sebagai pasangan;
- istilah molekul digunakan untuk semua partikel zat;
- struktur kisi tidak divisualisasikan;
- perbedaan senyawa molekuler dan ionik kurang ditekankan.

Konsekuensinya meluas ke:

- pemahaman titik leleh;
- konduktivitas;

- pelarutan;
- ikatan ion;
- representasi partikel;
- stoikiometri;
- sifat zat.

Penelitian tentang ikatan kimia menunjukkan bahwa peserta didik mengalami kesulitan mengoordinasikan rumus, struktur Lewis, model ruang, kisi, serta konsep ikatan ionik dan kovalen. Kesulitan representasional tersebut dapat menghasilkan miskonsepsi mengenai entitas penyusun zat.

1.3.23 Miskonsepsi pada Guru, Buku Teks, dan Sistem Pembelajaran

Miskonsepsi tidak hanya dimiliki peserta didik. Guru, calon guru, penulis bahan ajar, dan pengembang media juga dapat memiliki atau menyebarkan pemahaman yang tidak tepat.

Guru dapat secara tidak sengaja memperkuat miskonsepsi melalui:

- penggunaan bahasa antropomorfis;
- analogi tanpa batas;
- aturan cepat tanpa makna;
- gambar yang tidak konsisten;
- penjelasan teleologis;
- pencampuran representasi;
- penyederhanaan yang tidak direvisi;
- asesmen yang hanya menilai algoritma.

Contoh ungkapan bermasalah:

- “Atom ingin stabil.”
- “Elektron mencari pasangan.”
- “Katalis mendorong reaksi ke kanan.”
- “Ikatan menyimpan energi.”
- “Asam kuat pasti sangat berbahaya.”
- “Partikel membesar ketika dipanaskan.”

- “Keseimbangan berarti jumlah kedua sisi sama.”

Ungkapan tersebut dapat digunakan sebagai bahasa awal apabila segera diberi penjelasan, tetapi berbahaya apabila diperlakukan sebagai mekanisme ilmiah.

Buku teks juga dapat memperkuat konsepsi alternatif ketika:

- gambar model tidak diberi keterangan;
- aturan disajikan tanpa syarat;
- pengecualian hanya menjadi catatan kecil;
- aspek makroskopik dan submikroskopik tercampur;
- persamaan simbolik tidak dihubungkan dengan partikel;
- analogi diperlakukan sebagai fakta;
- soal hanya menuntut perhitungan.

Kajian pendidikan kimia menegaskan adanya kesenjangan antara penelitian mengenai konsepsi peserta didik dan praktik kelas. Informasi tentang miskonsepsi yang telah terdokumentasi belum selalu digunakan dalam pengembangan kurikulum dan pembelajaran.

Karena itu, tanggung jawab terhadap miskonsepsi tidak boleh dibebankan hanya kepada peserta didik. Miskonsepsi dapat menjadi hasil interaksi antara pengetahuan awal, bahasa, desain kurikulum, representasi, pengajaran, dan asesmen.

1.3.24 Diagnosis Miskonsepsi sebagai Proses Inferensi

Konsepsi internal tidak dapat diamati secara langsung. Guru hanya mengamati bukti eksternal, seperti:

- pilihan jawaban;
- alasan;
- gambar;
- persamaan;
- grafik;
- prediksi;
- tindakan dalam praktikum;
- percakapan;
- respons terhadap pertanyaan lanjutan;

- tingkat keyakinan.

Diagnosis miskonsepsi karena itu merupakan **inferensi berbasis bukti**, bukan pembacaan langsung terhadap pikiran peserta didik.

Proses diagnosis idealnya meliputi:

1. menentukan konsep target;
2. mengidentifikasi atribut kritis;
3. memetakan miskonsepsi potensial;
4. menyusun tugas yang dapat membedakan berbagai konsepsi;
5. meminta jawaban dan alasan;
6. menggunakan beberapa konteks;
7. memeriksa konsistensi;
8. menilai tingkat keyakinan;
9. melakukan klarifikasi;
10. menyusun interpretasi sementara;
11. menguji interpretasi melalui tugas tambahan.

Tes diagnostik dua tingkat digunakan untuk menggabungkan jawaban dengan alasan. Instrumen semacam ini telah diterapkan untuk menilai konsep sifat partikulat materi dan ikatan kimia, termasuk pada peserta didik yang memasuki kimia perguruan tinggi. Hasilnya menunjukkan bahwa skor jawaban saja dapat menyembunyikan struktur pemahaman yang berbeda.

Diagnosis sebaiknya menggunakan istilah probabilistik:

- “menunjukkan indikasi miskonsepsi”;
- “respons konsisten dengan konsepsi bahwa...”;
- “terdapat bukti kuat bahwa...”;
- “diperlukan klarifikasi lebih lanjut”.

Bahasa tersebut lebih tepat daripada menyimpulkan secara absolut berdasarkan satu jawaban.

1.3.25 Risiko Pelabelan Miskonsepsi

Label miskonsepsi memiliki kegunaan analitis, tetapi dapat berdampak negatif apabila digunakan secara tidak hati-hati.

A. Mereduksi peserta didik menjadi kesalahannya

Peserta didik bukan “anak miskonsepsi”. Ia memiliki konsepsi tertentu yang perlu dikembangkan.

B. Mengabaikan unsur pemikiran yang benar

Jawaban salah dapat mengandung bagian penalaran yang produktif.

C. Mendorong pembelajaran korektif yang otoriter

Guru dapat langsung mengganti jawaban tanpa menelusuri alasan.

D. Menutupi sumber dari pengajaran

Kesalahan dianggap berasal dari peserta didik, padahal mungkin diperkuat oleh buku atau penjelasan guru.

E. Membentuk ekspektasi rendah

Guru dapat menganggap konsepsi peserta didik tidak dapat berubah.

Smith, diSessa, dan Roschelle mengingatkan bahwa pandangan yang hanya melihat gagasan peserta didik sebagai pengetahuan buruk dapat mengabaikan kesinambungan antara pengetahuan awal dan keahlian. Konsep ilmiah sering dibangun dengan mengatur ulang unsur pengetahuan yang telah tersedia.

Pendekatan yang lebih konstruktif adalah:

“Penjelasan ini mengandung gagasan yang berguna, tetapi hubungan antara konsep A dan B perlu diperiksa kembali.”

Pendekatan tersebut tetap mempertahankan standar ilmiah tanpa merendahkan peserta didik.

1.3.26 Miskonsepsi sebagai Hambatan dan Sumber Belajar

Miskonsepsi memiliki dua sisi.

Sebagai hambatan

Miskonsepsi dapat:

- mengarahkan perhatian pada atribut yang salah;

- menyebabkan penolakan terhadap bukti;
- menghasilkan prediksi keliru;
- menghambat konsep lanjutan;
- membuat peserta didik hanya menghafal;
- muncul kembali setelah pembelajaran;
- berpindah ke konteks lain.

Sebagai sumber belajar

Miskonsepsi dapat:

- mengungkap struktur berpikir peserta didik;
- menjadi titik awal diskusi;
- menghasilkan konflik kognitif;
- membantu guru memilih contoh;
- menginformasikan desain asesmen;
- menunjukkan batas analogi;
- mendorong argumentasi ilmiah;
- melatih metakognisi.

Kesalahan peserta didik sebaiknya tidak langsung dihapus dari diskusi. Gagasan perlu dibuat eksplisit, dibandingkan dengan alternatif, diuji terhadap bukti, dan dievaluasi daya jelasnya.

Misalnya, peserta didik yang percaya bahwa partikel padat tidak bergerak dapat diminta memprediksi apa yang terjadi pada pemuaian padatan. Guru kemudian menggunakan model getaran partikel dan data pemuaian untuk menunjukkan bahwa susunan padat tidak berarti tidak ada gerakan.

Konflik tersebut harus bersifat produktif. Tujuannya bukan mempermalukan peserta didik, tetapi membantu mereka menyadari batas penjelasan awalnya.

1.3.27 Kerangka Operasional Identifikasi Miskonsepsi

Untuk keperluan buku ini, suatu respons akan dikategorikan sebagai indikasi miskonsepsi apabila memenuhi sekurang-kurangnya tiga unsur berikut:

1. Ketidaksesuaian substantif

Penjelasan bertentangan dengan konsep ilmiah yang menjadi target.

2. **Alasan yang dapat diidentifikasi**

Terdapat hubungan, asumsi, atau model yang menghasilkan respons.

3. **Keberulangan atau konsistensi**

Gagasan muncul pada lebih dari satu pertanyaan, representasi, atau konteks.

4. **Keyakinan**

Peserta didik menunjukkan keyakinan sedang atau tinggi terhadap gagasan tersebut.

5. **Daya generatif**

Gagasan digunakan untuk menjelaskan beberapa fenomena.

6. **Ketahanan**

Gagasan tidak segera berubah setelah koreksi sederhana.

Kerangka tersebut dapat dituangkan dalam tabel diagnosis.

Keadaan respons	Jawaban	Alasan	Keyakinan	Konsistensi	Kategori awal
Tidak mengetahui	Salah/kosong	Tidak ada	Rendah	Rendah	Ketidaktahuan
Kesalahan sesaat	Salah	Sebenarnya benar	Bervariasi	Rendah	<i>Slip</i>
Pengetahuan parsial	Sebagian benar	Belum lengkap	Sedang	Sedang	Pemahaman parsial
Kesalahan prosedural	Salah	Konsep dapat benar	Sedang	Terkait prosedur	Kesalahan prosedural
Miskonsepsi lemah	Salah	Salah	Rendah-sedang	Muncul terbatas	Indikasi miskonsepsi
Miskonsepsi kuat	Salah/benar kebetulan	Salah sistematis	Tinggi	Tinggi	Miskonsepsi kuat
Pemahaman ilmiah	Benar	Benar	Tinggi	Tinggi	Memahami konsep

Kategori tersebut bukan label permanen. Konsepsi dapat berubah selama pembelajaran dan perlu dinilai kembali.

1.3.28 Implikasi bagi Guru Kimia

Definisi miskonsepsi yang cermat menghasilkan beberapa implikasi.

1. **Jangan menyimpulkan dari satu jawaban**

Guru perlu meminta alasan atau bukti tambahan.

2. **Gunakan pertanyaan “mengapa”**

Pertanyaan alasan lebih informatif daripada sekadar benar-salah.

3. Bandingkan beberapa representasi

Peserta didik perlu menjelaskan fenomena secara makroskopik, submikroskopik, simbolik, grafis, dan matematis.

4. Bedakan jenis kesalahan

Intervensi harus disesuaikan dengan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, atau miskonsepsi.

5. Uji transfer konsep

Konsep yang benar-benar dipahami dapat digunakan pada situasi baru.

6. Perhatikan tingkat keyakinan

Jawaban salah berkeyakinan tinggi memerlukan penanganan berbeda dari jawaban salah berkeyakinan rendah.

7. Periksa bahasa dan analogi sendiri

Guru harus menilai apakah penjelasannya berpotensi memperkuat miskonsepsi.

8. Jadikan kesalahan sebagai data formatif

Respons peserta didik digunakan untuk mengubah langkah pembelajaran.

9. Evaluasi perubahan alasan

Keberhasilan remediasi tidak cukup ditunjukkan oleh perubahan pilihan jawaban. Alasan dan representasi juga harus berubah.

10. Lakukan pemeriksaan tertunda

Miskonsepsi dapat muncul kembali setelah beberapa waktu. Retensi perubahan konseptual perlu diperiksa.

1.3.29 Implikasi bagi Pengembangan Instrumen

Instrumen diagnosis miskonsepsi perlu dirancang untuk membedakan beberapa keadaan kognitif.

Butir yang baik seharusnya:

- berfokus pada satu hubungan konseptual;
- menggunakan distraktor berbasis penelitian atau respons nyata peserta didik;
- meminta alasan;
- menghindari bahasa ambigu;

- menguji lebih dari satu representasi;
- memeriksa konsep dalam beberapa konteks;
- memungkinkan peserta didik menuliskan jawaban alternatif;
- mengukur keyakinan bila diperlukan;
- tidak menyamakan kesalahan hitung dengan miskonsepsi;
- divalidasi oleh ahli konten dan pendidikan kimia.

Distraktor tidak boleh dibuat hanya agar tampak masuk akal bagi penyusun. Distraktor idealnya berasal dari:

- wawancara;
- jawaban terbuka;
- penelitian terdahulu;
- pengalaman guru yang terdokumentasi;
- uji coba awal.

Instrumen juga perlu memperhitungkan kemungkinan bahwa pilihan jawaban memunculkan gagasan yang sebelumnya tidak dimiliki peserta didik. Penyediaan ruang jawaban terbuka dapat membantu memeriksa hal tersebut.

1.3.30 Implikasi bagi Penelitian Miskonsepsi

Penelitian miskonsepsi tidak cukup hanya melaporkan persentase peserta didik yang memilih pilihan tertentu. Penelitian yang kuat perlu menjelaskan:

1. konsep ilmiah yang menjadi acuan;
2. alasan pilihan instrumen;
3. asal distraktor;
4. bukti validitas;
5. reliabilitas;
6. kriteria kategorisasi;
7. hubungan jawaban dan alasan;
8. konsistensi lintas butir;
9. tingkat keyakinan;

10. batas interpretasi.

Peneliti perlu menghindari pernyataan:

“Sebanyak 40% peserta didik mengalami miskonsepsi karena menjawab butir nomor 5 dengan salah.”

Pernyataan yang lebih tepat adalah:

“Sebanyak 40% peserta didik memilih opsi yang merepresentasikan gagasan bahwa katalis menggeser kesetimbangan ke arah produk. Sebagian besar kelompok tersebut juga memilih alasan yang konsisten dan menunjukkan keyakinan tinggi pada butir terkait, sehingga terdapat indikasi kuat adanya miskonsepsi.”

Perubahan redaksi tersebut menunjukkan kehati-hatian inferensial.

Penelitian juga perlu membedakan antara prevalensi respons dan kekuatan struktur konseptual. Persentase tinggi tidak otomatis menunjukkan bahwa miskonsepsi sangat terorganisasi. Sebaliknya, miskonsepsi yang hanya dimiliki sebagian kecil peserta didik dapat sangat kuat dan persisten.

1.3.31 Sintesis Konseptual

Miskonsepsi merupakan bentuk konsepsi yang tidak selaras dengan pengetahuan ilmiah dan digunakan peserta didik dalam menjelaskan, memprediksi, merepresentasikan, atau menyelesaikan persoalan. Miskonsepsi tidak dapat disamakan dengan semua jawaban salah karena kesalahan dapat bersumber dari ketidaktahuan, kelalaian, keterbatasan bahasa, kesalahan perhitungan, atau penggunaan prosedur yang keliru.

Miskonsepsi dapat berbentuk:

- definisi yang salah;
- atribut konsep yang tidak tepat;
- hubungan antarkonsep yang keliru;
- model mental yang tidak memadai;
- generalisasi berlebihan;
- interpretasi representasi yang salah;
- kerangka alternatif;
- asumsi implisit;
- kategorisasi ontologis yang tidak sesuai.

Sebagian miskonsepsi bersifat koheren dan digunakan secara luas, sedangkan sebagian lainnya terfragmentasi dan bergantung pada konteks. Karena itu, diagnosis harus menggunakan beberapa jenis bukti.

Kriteria utama miskonsepsi meliputi:

- ketidaksesuaian dengan konsep ilmiah;
- adanya alasan yang dapat diidentifikasi;
- keberulangan;
- keyakinan;
- daya generatif;
- ketahanan terhadap koreksi sederhana.

Miskonsepsi perlu dipandang secara kritis tetapi tidak merendahkan. Konsepsi salah memang perlu diperbaiki karena dapat menghambat pembelajaran, tetapi pemikiran peserta didik juga dapat mengandung unsur produktif yang menjadi bahan pembangunan konsep ilmiah.

Definisi pada subbab ini menjadi dasar untuk membahas karakteristik miskonsepsi secara lebih terperinci. Subbab berikutnya akan mengkaji mengapa miskonsepsi cenderung sistematis, terasa masuk akal, tahan terhadap perubahan, bergantung pada konteks, dan dapat muncul kembali meskipun peserta didik telah menerima pembelajaran formal.

1.4 Karakteristik Miskonsepsi

1.4.1 Miskonsepsi sebagai Struktur Pemahaman yang Memiliki Ciri Khas

Miskonsepsi bukan sekadar kumpulan jawaban salah yang berdiri secara acak. Miskonsepsi merupakan cara memahami, menjelaskan, menghubungkan, atau merepresentasikan suatu konsep yang berbeda dari pengetahuan ilmiah yang diterima. Oleh karena itu, miskonsepsi memiliki karakteristik tertentu yang membedakannya dari ketidaktahuan, kekeliruan sesaat, kesalahan hitung, keterbatasan bahasa, dan kekurangan informasi.

Identifikasi karakteristik miskonsepsi penting karena guru tidak dapat memilih tindakan remediasi hanya berdasarkan benar atau salahnya jawaban. Dua peserta didik dapat memberikan jawaban salah yang sama, tetapi keadaan kognitifnya berbeda. Peserta didik pertama mungkin belum pernah memahami konsep yang ditanyakan. Peserta didik kedua mungkin sebenarnya mengetahui konsep, tetapi kurang teliti. Peserta didik ketiga dapat memiliki penjelasan alternatif yang diyakininya benar. Hanya kasus terakhir yang menunjukkan indikasi kuat miskonsepsi.

Kajian konsepsi peserta didik sejak akhir dekade 1970-an menunjukkan bahwa gagasan peserta didik sering memiliki pola dan logika internal. Driver dan Easley mengkritik pandangan yang memperlakukan kesalahan peserta didik hanya sebagai kekurangan pengetahuan.

Mereka menunjukkan bahwa peserta didik dapat menggunakan kerangka pemaknaan tertentu ketika menafsirkan fenomena sains. Kerangka tersebut berbeda dari kerangka ilmiah, tetapi tidak selalu terasa tidak logis bagi peserta didik yang menggunakannya.

Dalam pendidikan kimia, Nakhleh menegaskan bahwa peserta didik dapat membangun pemahaman yang berbeda dari konsep yang dimaksudkan guru meskipun telah mengikuti pembelajaran formal. Mereka bahkan dapat berhasil menyelesaikan soal algoritmik sambil tetap mempertahankan pemahaman konseptual yang tidak tepat. Kondisi ini menunjukkan bahwa miskonsepsi dapat tersembunyi di balik keberhasilan prosedural.

Karakteristik miskonsepsi perlu dipahami sebagai kumpulan kecenderungan, bukan daftar syarat mutlak. Tidak semua miskonsepsi memiliki tingkat konsistensi, keyakinan, dan ketahanan yang sama. Sebagian miskonsepsi membentuk kerangka alternatif yang luas, sedangkan sebagian lain hanya muncul pada konteks tertentu. Sebagian dapat dinyatakan secara eksplisit, sedangkan sebagian lain bekerja secara implisit dan hanya dapat disimpulkan melalui pola respons.

Dengan demikian, pernyataan bahwa miskonsepsi bersifat sistematis, kuat, persisten, atau tahan terhadap perubahan harus digunakan secara proporsional. Ciri-ciri tersebut dapat muncul dengan derajat berbeda pada setiap peserta didik dan setiap konsep.

1.4.2 Miskonsepsi Terasa Masuk Akal bagi Peserta Didik

Karakteristik pertama miskonsepsi adalah **kemasukakalan subjektif**. Suatu konsepsi dapat salah menurut ilmu kimia, tetapi terasa benar bagi peserta didik karena sesuai dengan pengalaman, bahasa sehari-hari, intuisi, ilustrasi, atau pola soal yang pernah dipelajari.

Sebagai contoh, peserta didik dapat menyatakan:

“Partikel zat padat tidak bergerak karena benda padat terlihat diam.”

Kesimpulan tersebut tidak muncul tanpa dasar. Pada tingkat makroskopik, meja, batu, dan logam memang terlihat tidak bergerak serta mempertahankan bentuknya. Peserta didik kemudian memindahkan sifat makroskopik benda kepada partikel penyusunnya. Ia belum membedakan keadaan makroskopik yang tetap dari gerak vibrasional partikel pada tingkat submikroskopik.

Contoh lain adalah pernyataan:

“Pada keadaan setimbang, jumlah pereaksi dan produk harus sama karena kedua sisi harus seimbang.”

Kata *seimbang* dalam kehidupan sehari-hari sering dihubungkan dengan dua sisi yang memiliki berat atau jumlah sama. Pemaknaan tersebut kemudian dipindahkan kepada konsep

kesetimbangan kimia. Padahal, kesetimbangan kimia ditandai oleh kesamaan laju reaksi maju dan balik, bukan kesamaan konsentrasi pereaksi dan produk.

Miskonsepsi mengenai ikatan dan energi juga memiliki kemasukakalan intuitif. Peserta didik sering mendengar bahwa makanan dan bahan bakar “menyimpan energi kimia”. Ketika mengetahui bahwa reaksi melibatkan pemutusan ikatan, mereka dapat menyimpulkan bahwa pemutusan ikatan melepaskan energi yang sebelumnya tersimpan. Penjelasan ini tampak konsisten dengan penggunaan bahasa sehari-hari, meskipun secara ilmiah pemutusan ikatan memerlukan energi dan pembentukan ikatan melepaskan energi.

Kemasukakalan subjektif menjelaskan mengapa mengucapkan “jawabanmu salah” biasanya tidak cukup untuk mengubah miskonsepsi. Dari sudut pandang peserta didik, jawabannya mungkin lebih konsisten dengan pengalaman daripada penjelasan ilmiah yang bersifat abstrak. Konsep ilmiah harus dibangun sebagai penjelasan yang bukan hanya benar menurut guru, tetapi juga dapat dipahami, dianggap masuk akal, dan digunakan secara produktif oleh peserta didik.

Posner, Strike, Hewson, dan Gertzog menempatkan keterpahaman, kemasukakalan, dan daya guna sebagai kondisi penting dalam akomodasi konseptual. Konsepsi baru tidak otomatis diterima hanya karena disampaikan oleh otoritas. Peserta didik perlu melihat bahwa konsep baru mampu menjelaskan fenomena secara lebih koheren daripada konsepsi sebelumnya.

Implikasinya, guru perlu bertanya:

- Mengapa konsepsi tersebut terasa masuk akal?
- Pengalaman apa yang mendukungnya?
- Bahasa atau analogi apa yang memperkuatnya?
- Persoalan apa yang dapat dijelaskan oleh konsepsi itu?
- Pada kondisi apa keterbatasannya mulai terlihat?

Memahami sumber kemasukakalan bukan berarti membenarkan miskonsepsi. Langkah tersebut diperlukan untuk merancang jembatan konseptual yang efektif.

1.4.3 Miskonsepsi Merupakan Hasil Konstruksi, Bukan Sekadar Kekosongan Pengetahuan

Miskonsepsi terbentuk ketika peserta didik secara aktif menafsirkan pengalaman dan informasi. Peserta didik tidak menerima konsep ilmiah dalam bentuk yang sama persis dengan yang disampaikan guru. Informasi baru dihubungkan dengan pengetahuan yang telah dimiliki, kemudian diorganisasi menjadi makna personal.

Proses konstruksi ini dapat menghasilkan beberapa kemungkinan:

1. informasi baru terintegrasi secara tepat;

2. informasi baru hanya ditambahkan tanpa hubungan yang kuat;
3. sebagian konsep ilmiah digabungkan dengan intuisi awal;
4. istilah ilmiah baru digunakan untuk mempertahankan penjelasan lama;
5. informasi baru ditolak karena dianggap tidak masuk akal;
6. konsep ilmiah hanya digunakan pada situasi ujian;
7. konsepsi awal tetap digunakan pada situasi sehari-hari.

Vosniadou menjelaskan bahwa peserta didik dapat membentuk model sintetik ketika informasi ilmiah baru diasimilasikan ke dalam struktur pemahaman yang masih mengandung asumsi bertentangan dengan pandangan ilmiah. Perubahan konsep menjadi sulit ketika pembelajaran menuntut revisi asumsi mendasar, bukan hanya penambahan fakta.

Sebagai contoh, peserta didik semula membayangkan atom sebagai bola pejal. Setelah mempelajari elektron, proton, dan neutron, ia tidak selalu mengganti model tersebut dengan model yang lebih ilmiah. Ia dapat membangun model sintetik berupa bola pejal yang di dalamnya terdapat partikel-partikel kecil. Setelah mempelajari model Bohr, ia dapat menambahkan lintasan melingkar. Setelah mempelajari orbital, lintasan tersebut mungkin tetap dipertahankan, sedangkan orbital dipahami sebagai tempat atau kotak tambahan.

Akibatnya, peserta didik dapat menggunakan beberapa unsur model atom tanpa memahami hubungan historis dan teoretisnya. Ia bukan sekadar “belum tahu”, tetapi telah menyusun gabungan representasi yang berfungsi sebagai model mental.

Karakter konstruktif juga menjelaskan mengapa miskonsepsi dapat muncul setelah pembelajaran. Tidak semua miskonsepsi berasal dari pengalaman sebelum sekolah. Miskonsepsi dapat terbentuk dari:

- penjelasan yang disederhanakan secara berlebihan;
- diagram yang dimaknai secara harfiah;
- analogi yang tidak diberi batas;
- aturan cepat yang dipakai sebagai prinsip universal;
- istilah ilmiah yang tidak dijelaskan konteksnya;
- pencampuran tingkat makroskopik dan submikroskopik;
- kegagalan menghubungkan simbol dengan fenomena.

Taber menyebut adanya *pedagogic impediments*, yaitu hambatan konseptual yang justru dapat berkembang dari cara kimia diajarkan. Penjelasan, model, dan urutan pembelajaran

yang dimaksudkan untuk membantu dapat memperkuat konsepsi alternatif apabila status st. [?cite?turn140286search2?turn140286search4?](#)

1.4.4 Miskonsepsi Dapat Bersifat Sistematis dan Terorganisasi

Sebagian miskonsepsi membentuk jaringan gagasan yang saling mendukung. Dalam kondisi tersebut, miskonsepsi tidak hanya muncul sebagai satu pernyataan salah, tetapi menjadi kerangka untuk menjelaskan beberapa konsep.

Contoh yang sering ditemukan dalam pembelajaran kimia adalah **kerangka oktet**. Aturan oktet pada mulanya dapat digunakan sebagai pola sederhana untuk membantu menjelaskan struktur elektron beberapa unsur golongan utama. Namun, peserta didik dapat mengembangkannya menjadi kerangka teleologis:

- semua atom berusaha mencapai delapan elektron;
- atom bereaksi karena ingin stabil;
- ikatan terbentuk agar atom memenuhi oktet;
- setiap spesies yang tidak memenuhi oktet pasti tidak dapat ada;
- gas mulia sama sekali tidak dapat membentuk senyawa;
- reaksi kimia digerakkan oleh kebutuhan mencapai oktet;
- kestabilan selalu identik dengan konfigurasi gas mulia.

Kerangka tersebut tampak mampu menjelaskan pembentukan ion, ikatan kovalen, struktur Lewis, dan kereaktifan. Karena memiliki daya jelas yang luas, peserta didik dapat terus menggunakannya sekalipun menghadapi BF_3 , PCl_5 , SF_6 , radikal, resonansi, atau senyawa logam transisi.

Penelitian mengenai pembelajaran ikatan kimia menunjukkan bahwa kesulitan peserta didik tidak terbatas pada hafalan jenis ikatan. Kesulitan tersebut dapat meliputi hubungan antara struktur elektron, gaya elektrostatis, energi, kisi, molekul, kestabilan, dan representasi simbolik. Karena konsep-konsep itu saling berkaitan, konsepsi alternatif juga dapat relatif terorganisasi. [?cite?turn140286search8?](#)

Kerangka yang terorganisasi memiliki beberapa ciri:

1. digunakan untuk menjelaskan lebih dari satu fenomena;
2. memiliki proposisi yang saling menguatkan;
3. menyediakan aturan prediksi;
4. dapat mempertahankan diri dari koreksi lokal;

5. menafsirkan informasi baru agar sesuai dengan kerangka lama.

Jika guru hanya mengoreksi satu pernyataan, bagian lain dari kerangka dapat tetap utuh. Peserta didik mungkin menghafal bahwa " BF_3 merupakan pengecualian aturan oktet", tetapi masih mempertahankan keyakinan bahwa oktet merupakan penyebab utama semua ikatan.

Remediasi terhadap kerangka terorganisasi harus membangun prinsip penjas alternatif yang lebih kuat. Pada kasus ikatan kimia, pembelajaran perlu bergeser dari bahasa "keinginan atom" menuju interaksi elektrostatik, distribusi elektron, energi potensial, dan kestabilan relatif sistem.

1.4.5 Miskonsepsi Tidak Selalu Koheren dan Konsisten

Walaupun sebagian miskonsepsi bersifat terorganisasi, tidak tepat untuk menganggap bahwa setiap peserta didik memiliki satu teori alternatif yang utuh. Pemikiran peserta didik dapat terfragmentasi, berubah menurut konteks, dan mengandung beberapa model yang saling bertentangan.

Peserta didik dapat menyatakan secara verbal bahwa elektron tidak bergerak pada lintasan yang pasti, tetapi tetap menggambar atom dengan orbit melingkar. Ia dapat memilih definisi orbital dengan benar, tetapi menggunakan model tata surya ketika menjelaskan pembentukan ikatan. Ia dapat memahami bahwa zat tersusun atas partikel, tetapi menggambar larutan sebagai bidang berwarna kontinu.

Ketidakkonsistenan tersebut dapat disebabkan oleh beberapa hal:

- representasi berbeda mengaktifkan pengetahuan berbeda;
- jawaban definisional berasal dari hafalan;
- gambar merefleksikan model mental yang lebih lama;
- peserta didik belum mengintegrasikan beberapa model;
- tuntutan soal memicu aturan yang berbeda;
- konsep ilmiah dan intuitif hidup berdampingan.

Smith, diSessa, dan Roschelle mengkritik anggapan bahwa semua miskonsepsi merupakan teori salah yang stabil. Mereka menekankan bahwa pengetahuan awal juga dapat terdiri atas sumber daya kognitif yang lokal dan kontekstual. Sumber daya tersebut dapat produktif dalam satu situasi, tetapi ditet pada situasi lain. <https://doi.org/10.1080/00137909.2001.10555599>

Contohnya adalah intuisi:

"Semakin banyak sesuatu, semakin besar pengaruhnya."

Intuisi tersebut dapat bermanfaat dalam beberapa konteks, tetapi menimbulkan miskonsepsi ketika digeneralisasi:

- konsentrasi lebih tinggi dianggap selalu berarti asam lebih kuat;
- katalis lebih banyak dianggap selalu menghasilkan produk lebih banyak;
- koefisien lebih besar dianggap menunjukkan zat lebih reaktif;
- atom lebih besar dianggap selalu lebih berat;
- reaksi lebih eksoterm dianggap selalu lebih cepat.

Kesalahan-kesalahan tersebut mungkin tidak membentuk satu teori kimia tunggal. Kesamaannya terletak pada penggunaan heuristik kuantitatif secara tidak tepat.

Oleh karena itu, diagnosis harus menguji konsistensi, bukan mengasumsikannya. Satu jawaban salah hanya menunjukkan suatu respons; beberapa respons yang saling berkaitan baru memberikan bukti tentang struktur konseptual yang lebih stabil.

1.4.6 Miskonsepsi Bergantung pada Konteks

Peserta didik dapat menggunakan konsep ilmiah pada satu situasi dan kembali menggunakan penjelasan intuitif pada situasi lain. Karakter ini disebut ketergantungan kontekstual.

Konteks dapat berubah berdasarkan:

- bentuk pertanyaan;
- fenomena yang dibahas;
- familiaritas kasus;
- penggunaan gambar;
- penggunaan persamaan;
- keberadaan angka;
- situasi laboratorium;
- bahasa sehari-hari;
- tingkat kesulitan;
- tekanan waktu.

Pada topik asam-basa, peserta didik dapat menghafal bahwa kekuatan asam berbeda dari konsentrasi. Dalam soal perhitungan, ia mungkin mampu menggunakan K_a dengan benar.

Akan tetapi, ketika diberikan dua botol larutan dengan konsentrasi berbeda, ia kembali menyebut larutan yang lebih pekat sebagai “asam yang lebih kuat”.

Pada topik kesetimbangan, peserta didik dapat memilih definisi bahwa kesetimbangan bersifat dinamis. Namun, ketika menggambarkan keadaan setimbang, ia menggambarkan semua partikel berhenti. Pada topik gas, ia dapat mengatakan bahwa partikel bergerak acak, tetapi menggambarkan sebagian besar partikel berada di dasar wadah karena terpengaruh intuisi gravitasi pada benda makroskopik.

Broman dan Parchmann menunjukkan bahwa kemampuan menggunakan konsep kimia dalam berbagai konteks tidak terjadi secara otomatis. Perubahan konteks dapat mengubah strategi dan pengetahuan yang diaktifkan peserta didik. Penguasaan konsep perlu diukur melalui kemampuan menerapkan prinsip yang sama dalam bentuk persoalan berbeda, bukan hantik dengan latihan. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-51692-7search14>

Ketergantungan konteks juga menjelaskan mengapa hasil tes tertentu tidak selalu dapat digeneralisasikan. Peserta didik yang berhasil dalam soal pilihan ganda belum tentu dapat:

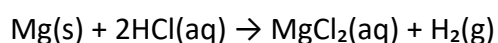
- menjelaskan fenomena secara lisan;
- menggambar model partikel;
- menafsirkan grafik;
- merancang eksperimen;
- menggunakan konsep dalam konteks baru;
- mengevaluasi argumen ilmiah.

Miskonsepsi mungkin tersembunyi ketika peserta didik mengenali pola soal. Ketika pola permukaan berubah, konsepsi awal dapat muncul kembali.

1.4.7 Miskonsepsi Bergantung pada Bentuk Representasi

Kimia dipelajari melalui representasi makroskopik, submikroskopik, simbolik, matematis, grafis, dan verbal. Seorang peserta didik dapat menunjukkan pemahaman berbeda pada setiap bentuk representasi.

Sebagai contoh, reaksi:



dapat dipahami pada beberapa tingkat.

Pada tingkat makroskopik, peserta didik melihat logam berkurang dan terbentuk gelembung. Pada tingkat simbolik, ia melihat rumus serta koefisien. Pada tingkat submikroskopik, ia

seharusnya memahami perpindahan elektron, pembentukan ion Mg^{2+} , reduksi ion H^+ , dan peran ion Cl^- sebagai ion pengamat.

Peserta didik dapat menyetarakan persamaan dengan benar, tetapi tetap beranggapan bahwa molekul HCl “menabrak dan memotong” logam magnesium menjadi bagian kecil. Ia dapat menggambar gelembung gas sebagai “udara yang keluar dari logam”. Jawaban simbolik yang benar dengan demikian tidak menjamin model submikroskopik yang benar.

Taber menegaskan bahwa tiga domain representasi kimia tidak cukup hanya ditampilkan berdampingan. Peserta didik harus dibantu memahami status epistemik dan hubungan antarrepresentasi. Representasi submikroskopik merupakan model teoretis, bukan foto langsung dari partikel, sedangkan persamaan simbolik merupa.

Representasi visual bahkan dapat menciptakan salah tafsir baru. Penelitian terhadap animasi reaksi redoks menemukan bahwa peserta didik dapat menafsirkan animasi yang sama secara berbeda dan membangun penjelasan yang tidak dimaksudkan oleh perancang media. Visualisasi tidak otomatis menghasilkan pemahaman; peserta didik tetap perlu diarahkan untuk membaca, dan batas model.

Karakter representasional miskonsepsi mengharuskan guru menguji satu konsep melalui beberapa bentuk:

Bentuk representasi	Pertanyaan diagnostik
Makroskopik	Apa yang dapat diamati?
Submikroskopik	Apa yang terjadi pada partikel?
Simbolik	Bagaimana proses dituliskan?
Matematis	Hubungan kuantitatif apa yang berlaku?
Grafis	Bagaimana variabel berubah?
Verbal	Mengapa proses tersebut terjadi?
Eksperimental	Bukti apa yang mendukung penjelasan?

Ketidaksesuaian antarbentuk merupakan informasi diagnostik yang penting.

1.4.8 Miskonsepsi Memiliki Daya Generatif

Miskonsepsi disebut generatif apabila dapat digunakan untuk menghasilkan berbagai kesimpulan, prediksi, dan penjelasan. Semakin tinggi daya generatifnya, semakin luas dampaknya terhadap pembelajaran.

Gagasan bahwa “pemutusan ikatan melepaskan energi” dapat menghasilkan kesimpulan berikut:

- pembakaran melepaskan energi karena ikatan bahan bakar diputus;
- makanan menghasilkan energi karena ikatannya dipecah;

- bahan peledak memiliki ikatan yang menyimpan banyak energi;
- ikatan kuat melepaskan lebih banyak energi ketika putus;
- katalis mempercepat reaksi dengan membantu melepaskan energi dari ikatan.

Satu miskonsepsi tentang energi ikatan menjalar ke termokimia, kinetika, biokimia, pembakaran, dan kimia organik.

Gagasan bahwa “katalis mendorong reaksi menuju produk” dapat menghasilkan prediksi bahwa:

- nilai K menjadi lebih besar;
- jumlah produk kesetimbangan meningkat;
- reaksi balik menjadi lebih lambat;
- ΔH berubah;
- produk menjadi lebih stabil;
- katalis dikonsumsi untuk membentuk produk.

Daya generatif menjelaskan mengapa beberapa miskonsepsi perlu diprioritaskan. Guru tidak hanya perlu menghitung berapa peserta didik yang memiliki suatu gagasan, tetapi juga menilai berapa banyak konsep lain yang terpengaruh.

Miskonsepsi mendasar mengenai sifat partikulat materi memiliki daya generatif sangat tinggi. Apabila peserta didik memandang materi sebagai kontinu atau menganggap partikel memiliki sifat makroskopik, kesulitan dapat muncul pada:

- perubahan wujud;
- pelarutan;
- difusi;
- tekanan gas;
- reaksi kimia;
- kesetimbangan;
- laju reaksi;
- ikatan;
- sifat zat.

Penelitian pendidikan kimia telah lama menunjukkan bahwa pemahaman sifat partikulat materi menjadi fondasi bagi konsep-konsep yang lebih maju. Pembelajaran yang

mengasumsikan fondasi tersebut telah dikuasai dapat
 [cite]turn140286search16[turn140286search19[

1.4.9 Miskonsepsi Cenderung Bertahan terhadap Pengajaran Biasa

Karakteristik yang paling sering dikaitkan dengan miskonsepsi adalah **persistensi** atau ketahanannya terhadap perubahan. Peserta didik dapat mempertahankan miskonsepsi meskipun telah:

- membaca buku;
- mendengarkan penjelasan guru;
- mengerjakan latihan;
- melakukan praktikum;
- mengikuti ujian;
- memperoleh nilai yang baik.

Persistensi terjadi karena pengajaran biasa sering hanya menambahkan informasi baru tanpa membongkar hubungan lama. Peserta didik menghafal jawaban ilmiah untuk digunakan pada ujian, sementara konsepsi awal tetap digunakan pada penalaran spontan.

Sebagai contoh, peserta didik dapat menghafal bahwa katalis tidak mengubah posisi kesetimbangan. Ia mampu memilih jawaban tersebut dalam tes. Akan tetapi, ketika ditanya mengapa industri menggunakan katalis, ia menjawab bahwa katalis “membuat hasil produk lebih banyak”. Pengetahuan ilmiah dan konsepsi lama hidup berdampingan.

Studi terhadap mahasiswa kimia tingkat lanjut menemukan bahwa beberapa konsepsi alternatif pada kimia organik menyerupai kesulitan yang sebelumnya dilaporkan pada kimia pengantar. Temuan ini menunjukkan bahwa sebagian pola pemahaman dapat berenang pembelajaran. [cite]turn516927search7[

Persistensi tidak berarti miskonsepsi mustahil diubah. Istilah “tahan” tidak boleh ditafsirkan sebagai “permanen”. Ketahanan menunjukkan bahwa koreksi sederhana atau pengulangan materi belum tentu cukup. Perubahan memerlukan intervensi yang menargetkan alasan, model mental, dan jaringan konsep yang mendukung miskonsepsi.

Posner dan koleganya menjelaskan bahwa perubahan konseptual yang mendasar memerlukan ketidakpuasan terhadap konsepsi awal serta tersedianya konsep baru yang akurat, dan produktif. [cite]turn501138search2[

Dalam praktiknya, peserta didik perlu:

1. mengungkapkan konsepsi awal;

2. menggunakan konsepsi tersebut untuk membuat prediksi;
3. membandingkan prediksi dengan bukti;
4. mengenali keterbatasan penjelasan awal;
5. memahami konsep ilmiah alternatif;
6. menggunakan konsep baru pada berbagai konteks;
7. merefleksikan perubahan pemahamannya.

1.4.10 Miskonsepsi Dapat Muncul Kembali

Setelah intervensi, peserta didik mungkin dapat menggunakan konsep ilmiah dalam situasi yang dilatihkan. Namun, konsepsi lama dapat muncul kembali ketika:

- waktu telah berlalu;
- konteks berubah;
- peserta didik berada di bawah tekanan;
- persoalan menjadi lebih kompleks;
- beban kognitif meningkat;
- representasi berbeda digunakan;
- konsep ilmiah belum sepenuhnya terintegrasi.

Kemunculan kembali tidak selalu berarti pembelajaran sebelumnya gagal total. Perubahan konseptual dapat berlangsung bertahap. Konsep ilmiah baru mungkin telah tersedia, tetapi belum menjadi pilihan utama dalam semua situasi.

Kerangka Vosniadou menunjukkan bahwa informasi baru dapat diintegrasikan secara parsial dan menghasilkan model sintetik. Revisi pada tingkat permukaan tidak otomatis mengubah asumsi mendasar. Karena itu, peserta didik dapat menggunakan model f secara bergantian. <https://doi.org/10.1080/00207179.2011.501138>

Pandangan bahwa beberapa cara berpikir dapat hidup berdampingan juga didukung oleh kerangka profil konseptual. Penelitian kontemporer mengenai cara peserta didik memahami analisis kimia menunjukkan bahwa individu dapat menggunakan beberapa mode pemikiran dengan bobot berbeda sesuai konteks. Tujuan belajar tidak selalu menghapus seluruh cara berpikir sebelumnya, tetapi meningkatkan kemampuan memilih kerangka yang. <https://doi.org/10.1080/00207179.2011.516927> <https://doi.org/10.1080/00207179.2011.516927>

Implikasinya, evaluasi remediasi perlu dilakukan dalam tiga tahap:

- **segera setelah pembelajaran**, untuk mengetahui perubahan awal;
- **setelah jeda waktu**, untuk mengukur retensi;
- **pada konteks baru**, untuk mengukur transfer.

Perubahan jawaban pada postes langsung belum cukup membuktikan perubahan konseptual yang stabil.

1.4.11 Miskonsepsi Dapat Bersifat Implisit

Peserta didik tidak selalu mampu menjelaskan semua asumsi yang digunakan dalam penalarannya. Sebagian pengetahuan bekerja secara implisit dan baru tampak melalui pola keputusan, gambar, analogi, atau prediksi.

Peserta didik mungkin tidak pernah menyatakan:

“Sifat makroskopik zat dimiliki oleh atom individual.”

Namun, asumsi tersebut tampak ketika ia mengatakan:

- atom tembaga berwarna merah;
- molekul air bersifat basah;
- satu atom besi bersifat keras;
- molekul gula memiliki rasa manis;
- atom logam dapat menghantarkan listrik.

Sifat warna, kekerasan, kebasahan, rasa, dan konduktivitas muncul dari struktur serta interaksi banyak partikel. Sifat tersebut tidak dapat secara langsung dilekatkan kepada satu atom atau molekul terisolasi.

Taber menjelaskan bahwa pengetahuan implisit memiliki peran penting dalam belajar kimia, tetapi tidak dapat diakses hanya dengan meminta peserta didik melaporkan apa yang dipikirkannya. Pengetahuan tersebut perlu diinf

Miskonsepsi implisit dapat terlihat melalui:

- pola gambar partikel;
- penggunaan skala;
- variabel yang diabaikan;
- arah panah dalam diagram;
- penempatan elektron;

- cara membaca grafik;
- pilihan analogi;
- prediksi terhadap fenomena;
- urutan langkah perhitungan.

Sebagai contoh, ketika diminta menggambar gas setelah dipanaskan dalam wadah tetap, peserta didik mungkin menggambar partikel menjadi lebih besar. Ia tidak mengatakan bahwa ukuran molekul bertambah, tetapi gambar menunjukkan asumsi tersebut.

Diagnosis pengetahuan implisit memerlukan pendekatan tidak langsung, seperti:

- menggambar;
- *think-aloud*;
- wawancara klinis;
- tugas prediksi;
- perbandingan kasus;
- animasi buatan peserta didik;
- penjelasan berbasis model.

1.4.12 Miskonsepsi Sering Disertai Tingkat Keyakinan Tertentu

Miskonsepsi memiliki tingkat kekuatan yang berbeda. Sebagian peserta didik ragu-ragu terhadap jawabannya, sedangkan sebagian lain sangat yakin. Keyakinan penting karena menunjukkan seberapa kuat suatu konsepsi dipandang sebagai penjelasan yang benar.

Perbandingan berikut menunjukkan perbedaannya.

Jawaban	Alasan	Keyakinan	Interpretasi awal
Salah	Tidak ada	Rendah	Belum tahu
Salah	Kurang lengkap	Rendah	Pengetahuan parsial
Salah	Salah tetapi tentatif	Sedang	Indikasi konsepsi alternatif
Salah	Salah sistematis	Tinggi	Indikasi kuat miskonsepsi
Benar	Salah	Tinggi	Miskonsepsi tersembunyi
Benar	Benar	Tinggi	Pemahaman yang relatif kuat

Penelitian menggunakan instrumen empat tingkat pada konsep asam-basa menunjukkan bahwa konsepsi alternatif peserta didik memiliki kekuatan berbeda. Penggabungan jawaban, alasan, dan keyakinan memberikan info. [cite]turn516927search4[turn516927search6]

Peserta didik yang berkeyakinan rendah dapat lebih terbuka terhadap penjelasan baru karena ia belum memiliki komitmen kuat. Peserta didik yang berkeyakinan tinggi mungkin

memerlukan bukti yang lebih kuat dan kesempatan lebih banyak untuk menguji penjelasannya.

Namun, keyakinan bukan ukuran tunggal. Keyakinan dapat dipengaruhi oleh:

- kepribadian;
- budaya kelas;
- pemahaman terhadap skala;
- kecenderungan menebak;
- pengalaman ujian;
- hubungan dengan guru.

Karena itu, miskonsepsi tidak boleh ditentukan hanya berdasarkan pernyataan “saya yakin”. Tingkat keyakinan harus dibaca bersama alasan, konsistensi, dan kemampuan menerapkan konsep.

1.4.13 Miskonsepsi Dapat Tersembunyi di Balik Jawaban Benar

Salah satu karakteristik yang paling penting bagi asesmen adalah kemungkinan munculnya **jawaban benar dengan alasan salah**.

Peserta didik dapat memperoleh jawaban benar melalui:

- menebak;
- menghafal;
- mengenali pola;
- menerapkan algoritma;
- menggunakan aturan yang kebetulan sesuai;
- mengeliminasi pilihan lain.

Contoh:

Pertanyaan: Apakah katalis mengubah nilai K?

Peserta didik menjawab “tidak”, tetapi beralasan:

“Katalis tidak mengubah K karena katalis habis sebelum kesetimbangan tercapai.”

Jawabannya benar, tetapi alasan tersebut salah. Katalis tidak mengubah nilai K karena nilai K pada sistem tertentu ditentukan oleh suhu, bukan karena katalis habis. Katalis justru diregenerasi dalam mekanisme reaksi.

Contoh lain:

Pertanyaan: Apakah O_2 merupakan unsur?

Peserta didik menjawab “ya”, tetapi beralasan:

“ O_2 merupakan unsur karena hanya terdiri atas dua atom.”

Kesimpulannya benar, tetapi atribut yang digunakan salah. H_2O juga memiliki lebih dari satu atom, tetapi merupakan senyawa. Atribut kritis unsur adalah tersusun atas satu jenis atom.

Jawaban benar dengan alasan salah sangat berbahaya apabila asesmen hanya menghitung skor. Guru dapat menganggap peserta didik memahami konsep, padahal ia memiliki dasar penalaran yang akan menghasilkan kesalahan pada kasus lain.

Oleh karena itu, asesmen konseptual perlu meminta:

- alasan;
- gambar;
- penjelasan mekanisme;
- contoh dan noncontoh;
- tingkat keyakinan;
- penerapan dalam kasus baru.

1.4.14 Miskonsepsi Dapat Dimiliki Bersama oleh Banyak Peserta Didik

Meskipun konsepsi dibangun secara personal, beberapa miskonsepsi ditemukan berulang pada kelompok peserta didik yang berbeda. Kesamaan tersebut dapat muncul karena manusia memiliki pengalaman inderawi, bahasa, intuisi, kurikulum, dan representasi yang serupa.

Contoh miskonsepsi yang sering dilaporkan meliputi:

- partikel zat padat tidak bergerak;
- atom digambarkan seperti tata surya kecil;
- ikatan kimia merupakan batang fisik;
- pemutusan ikatan melepaskan energi;
- asam kuat selalu pekat;
- katalis menggeser kesetimbangan;
- konsentrasi pereaksi dan produk sama pada kesetimbangan;

- elektron mengalir melalui jembatan garam;
- senyawa ionik tersusun atas molekul;
- reaksi eksoterm selalu spontan dan cepat.

Kesamaan tersebut memungkinkan peneliti mengembangkan distraktor diagnostik berdasarkan pola respons yang telah ditemukan. Guru juga dapat mengantisipasi kesulitan sebelum mengajarkan topik.

Namun, miskonsepsi yang umum tidak boleh dianggap universal. Peserta didik memiliki latar belakang, pengalaman, kemampuan bahasa, dan jalur belajar berbeda. Guru tetap perlu melakukan diagnosis di kelasnya sendiri.

Mavridi, Salta, dan Koulougliotis menunjukkan bahwa cara berpikir peserta didik dapat memiliki pola sosial yang sama karena pengalaman pendidikan dan budaya yang serupa, tetapi setiap individu memiliki bobot yang berbeda. [\[cite?turn516927search2?\]](#)

Dengan demikian, literatur miskonsepsi berfungsi sebagai **peta kemungkinan**, bukan sebagai pengganti diagnosis.

1.4.15 Miskonsepsi Dipengaruhi Bahasa dan Metafora

Bahasa ilmiah menggunakan banyak istilah yang juga terdapat dalam kehidupan sehari-hari. Perbedaan makna antara kedua konteks dapat memicu miskonsepsi.

Beberapa istilah kimia yang berpotensi menimbulkan salah tafsir adalah:

Istilah	Pemaknaan sehari-hari yang berpotensi keliru
Kuat	Pekat, berbahaya, atau memiliki jumlah besar
Lemah	Encer atau tidak berbahaya
Stabil	Diam, tidak bergerak, atau tidak dapat bereaksi
Jenuh	Penuh secara ruang
Spontan	Terjadi seketika
Setimbang	Jumlah kedua sisi sama
Bergeser	Benda berpindah tempat
Awan elektron	Kabut material di sekitar inti
Donor elektron	Atom secara sadar memberikan elektron
Pasangan elektron	Dua elektron yang “menyukai” satu sama lain

Metafora tidak selalu harus dihindari. Metafora dapat membantu peserta didik memahami konsep abstrak. Masalah muncul ketika metafora tidak diberi batas.

Ungkapan “kesetimbangan bergeser ke kanan” dapat berguna sebagai bahasa ringkas. Namun, guru perlu menjelaskan bahwa tidak ada benda bernama kesetimbangan yang bergerak. Yang berubah adalah komposisi sistem hingga tercapai keadaan setimbang baru.

Ungkapan “atom ingin stabil” dapat mempermudah komunikasi awal, tetapi harus segera diganti dengan penjelasan tentang energi relatif dan interaksi. Tanpa koreksi, peserta didik dapat membangun penjelasan teleologis bahwa atom memiliki keinginan atau tujuan.

Kajian terhadap buku teks kesetimbangan kimia menunjukkan bahwa bahasa yang digunakan dalam bahan ajar dapat memunculkan atau memperkuat konsepsi alternatif. Istilah serta metafora perlu ditinjau berdasarkan kemungkinan pemaknaan.

1.4.16 Miskonsepsi Dapat Diperkuat oleh Pembelajaran dan Asesmen

Miskonsepsi tidak selalu terbentuk karena peserta didik gagal mendengarkan. Pembelajaran dapat memperkuat miskonsepsi apabila terlalu berorientasi pada hafalan dan prosedur.

Beberapa praktik yang berpotensi memperkuat miskonsepsi adalah:

1. menggunakan aturan oktet sebagai sebab semua reaksi;
2. mengajarkan metode silang muatan tanpa netralitas listrik;
3. menjelaskan reaksi eksoterm hanya sebagai “reaksi yang menghasilkan panas”;
4. menggunakan istilah molekul untuk semua partikel zat;
5. menyajikan ionisasi dan disosiasi sebagai proses yang sama;
6. menunjukkan gambar atom tanpa menjelaskan status model;
7. menggunakan rumus pengenceran untuk semua pencampuran;
8. mengajarkan Le Chatelier sebagai aturan hafalan;
9. menilai keberhasilan hanya dari jawaban numerik;
10. menghindari pertanyaan alasan karena dianggap memakan waktu.

Asesmen juga dapat memperkuat miskonsepsi. Jika ujian hanya meminta hasil perhitungan, peserta didik belajar bahwa makna kimia tidak penting. Jika semua soal dapat diselesaikan dengan mengenali kata kunci, peserta didik mengembangkan strategi permukaan.

Sebagai contoh:

- kata “pengenceran” langsung memicu $M_1V_1 = M_2V_2$;
- kata “kalor” langsung memicu $q = m c \Delta T$;
- kata “kesetimbangan” langsung memicu asas Le Chatelier;
- kata “asam lemah” langsung memicu pendekatan akar K_a dikali konsentrasi.

Rumus tersebut berguna, tetapi penggunaannya harus didasarkan pada asumsi dan model yang tepat.

Taber menunjukkan adanya kesenjangan antara hasil penelitian mengenai konsepsi peserta didik dan praktik pengajaran kimia. Pengetahuan tentang miskonsepsi belum selalu digunakan untuk mengubah n. [cite?turn140286search1?turn140286search5](#)

1.4.17 Miskonsepsi Bersifat Hierarkis dan Dapat Menjalar

Konsep kimia disusun secara hierarkis. Kesalahan pada konsep dasar dapat memengaruhi konsep berikutnya.

Contoh jalur konseptual:

partikel materi → atom, molekul, dan ion → ikatan dan struktur → sifat zat → perubahan kimia → energi, laju, dan kesetimbangan

Jika peserta didik belum membedakan atom, molekul, ion, dan unit formula, ia dapat mengalami kesulitan pada:

- ikatan ionik;
- elektrolit;
- persamaan ion;
- redoks;
- elektrokimia;
- kelarutan;
- stoikiometri.

Jika peserta didik menganggap reaksi kimia sebagai hilangnya zat, ia dapat mengalami kesulitan pada:

- hukum kekekalan massa;
- penyetaraan reaksi;
- mol;
- pereaksi pembatas;
- kesetimbangan;
- elektrolisis.

Jika peserta didik mencampur kalor, suhu, entalpi, dan energi aktivasi, ia dapat mengalami kesulitan pada:

- termokimia;
- kinetika;
- spontanitas;
- kesetimbangan;
- katalisis.

Karakter hierarkis berarti guru perlu mencari miskonsepsi akar. Remediasi pada topik lanjutan dapat gagal apabila konsep prasyarat tidak diperbaiki.

Sebagai contoh, kesulitan memahami kesetimbangan tidak selalu berasal dari asas Le Chatelier. Akar masalah dapat berupa:

- ketidakpahaman reaksi reversibel;
- konsep laju yang lemah;
- model partikel statis;
- ketidakmampuan membaca grafik;
- anggapan bahwa reaksi berhenti ketika sifat makroskopik tetap.

Penelitian mengenai pengembangan pemahaman perubahan kimia menunjukkan bahwa kurikulum sering mengasumsikan penguasaan gagasan dasar yang sebenarnya belum dimiliki peserta didik. Konsep yang “hilang” dari pembelajaran kemudian men

1.4.18 Miskonsepsi Dapat Melibatkan Kesalahan Ontologis

Sebagian miskonsepsi terjadi karena peserta didik menempatkan konsep dalam kategori ontologis yang tidak tepat. Proses diperlakukan sebagai benda, sifat kolektif diperlakukan sebagai sifat individual, atau hubungan diperlakukan sebagai objek.

Chi, Slotta, dan de Leeuw menjelaskan bahwa perubahan konseptual menjadi lebih sulit ketika konsep awal dan konsep ilmiah berada dalam kategori ontologis berbeda. Pemahaman tidak cukup diubah dengan menambahkan fakta; peserta didik perlu mengubah kategori dasanafsirkan fenomena. [cite?turn501138search14]

Contoh dalam kimia:

Kalor sebagai zat

Peserta didik membayangkan kalor sebagai bahan yang masuk dan keluar dari benda. Dalam konsep ilmiah, kalor adalah energi yang berpindah karena perbedaan suhu.

Kesetimbangan sebagai benda atau posisi

Peserta didik membayangkan kesetimbangan sebagai sesuatu yang bergerak ke kiri atau kanan. Dalam konsep ilmiah, ungkapan tersebut menggambarkan perubahan komposisi sistem.

Ikatan sebagai batang fisik

Peserta didik memperlakukan garis pada struktur molekul sebagai benda material. Dalam konsep ilmiah, garis merupakan representasi interaksi dan distribusi elektron tertentu.

Energi sebagai bahan yang tersimpan

Peserta didik membayangkan energi sebagai zat di dalam ikatan. Dalam konsep ilmiah, energi merupakan besaran keadaan atau kemampuan sistem untuk menghasilkan perubahan, bukan bahan material.

Kebasahan sebagai sifat molekul

Peserta didik melekatkan sifat kolektif kepada satu molekul air.

Kesalahan ontologis cenderung tahan karena berakar pada cara dasar mengategorikan dunia. Remediasi memerlukan perbandingan eksplisit antara “benda”, “proses”, “interaksi”, “sifat”, dan “representasi”.

1.4.19 Miskonsepsi Dapat Bersifat Teleologis dan Antropomorfis

Penjelasan teleologis menerangkan fenomena berdasarkan tujuan akhir, sedangkan penjelasan antropomorfis memberikan kehendak atau sifat manusia kepada entitas kimia.

Contoh:

- atom bereaksi agar stabil;
- elektron mencari pasangan;
- molekul ingin memenuhi oktet;
- asam menyerang logam;
- air berusaha melarutkan garam;
- katalis membantu pereaksi mencapai produk;
- partikel bergerak menuju tempat kosong.

Ungkapan tersebut sering digunakan untuk menyederhanakan penjelasan. Namun, penggunaan tanpa batas dapat menggeser sebab ilmiah menuju tujuan imajiner.

Pernyataan:

“Natrium melepaskan elektron agar mencapai konfigurasi stabil”

dapat ditafsirkan bahwa atom natrium memiliki tujuan. Penjelasan yang lebih ilmiah perlu membahas perubahan energi dan kestabilan relatif spesies dalam konteks proses keseluruhan. Atom natrium terisolasi tidak serta-merta melepaskan elektron tanpa kondisi yang memungkinkan.

Penjelasan teleologis juga dapat menyembunyikan pertanyaan penting. Mengapa reaksi tertentu berlangsung, sedangkan reaksi lain tidak? Mengapa kondisi memengaruhi arah reaksi? Mengapa sebagian spesies dengan oktet tetap reaktif?

Bahasa antropomorfis tidak selalu dilarang, tetapi harus ditandai sebagai metafora. Guru perlu mengembalikan penjelasan kepada:

- gaya;
- energi;
- probabilitas;
- struktur;
- distribusi elektron;
- mekanisme;
- interaksi;
- kondisi sistem.

1.4.20 Miskonsepsi Berinteraksi dengan Motivasi dan Pandangan tentang Pengetahuan

Miskonsepsi bukan hanya persoalan isi kognitif. Cara peserta didik memandang belajar dan pengetahuan memengaruhi kesediaannya untuk mengevaluasi konsepsi.

Peserta didik yang memandang kimia sebagai kumpulan fakta dapat berpikir:

- definisi cukup dihafalkan;
- rumus digunakan berdasarkan kata kunci;
- jawaban guru tidak perlu dipertanyakan;
- praktikum hanya membuktikan teori;

- nilai lebih penting daripada alasan;
- satu soal memiliki satu prosedur tetap.

Pandangan tersebut membuat peserta didik kurang terdorong untuk:

- membandingkan model;
- mengevaluasi bukti;
- memeriksa asumsi;
- mencari hubungan;
- merevisi penjelasan;
- mengakui ketidakpastian.

Sebaliknya, perubahan konseptual lebih mungkin terjadi ketika peserta didik memandang pengetahuan ilmiah sebagai penjelasan yang dibangun, diuji, dan direvisi berdasarkan bukti.

Kerangka perubahan konseptual telah berkembang dari pendekatan yang terutama kognitif menuju pandangan yang juga memperhitungkan motivasi, konteks sosial, dan komitmen epistemologis. Konsepsi tidak berubah hanya karena peserta didik melihat anomali; ia juga perlu memiliki tujuan belajar dan. [\[cite?turn501138search2?turn501138search0\]](#)

Dalam kelas yang menghukum kesalahan, peserta didik cenderung menyembunyikan pemikirannya. Guru kehilangan kesempatan untuk mengetahui miskonsepsi. Budaya kelas perlu memandang kesalahan sebagai data untuk belajar, bukan identitas kegagalan.

1.4.21 Miskonsepsi Tidak Identik dengan Kemampuan Rendah

Miskonsepsi dapat ditemukan pada peserta didik dengan tingkat pencapaian akademik yang berbeda. Peserta didik berprestasi tinggi dapat mempertahankan miskonsepsi sambil berhasil menyelesaikan soal prosedural.

Hal ini terjadi karena sistem penilaian dapat memberi penghargaan kepada:

- hafalan;
- kecepatan berhitung;
- pengenalan pola;
- penggunaan rumus;
- kemampuan mengikuti contoh.

Peserta didik yang mahir secara algoritmik dapat menutupi kelemahan konseptualnya. Sebaliknya, peserta didik yang memahami konsep dapat memperoleh nilai rendah karena melakukan kesalahan matematika.

Temuan mengenai pemahaman kimia organik pada mahasiswa tahun keempat memperlihatkan bahwa pengalaman belajar panjang tidak otomatis menghapus konsepl dari konsep dasar. [\[cite?turn516927search7?\]](#)

Oleh karena itu, guru tidak boleh menganggap:

- nilai tinggi berarti bebas miskonsepsi;
- nilai rendah berarti pasti memiliki miskonsepsi;
- peserta didik cepat selalu memahami;
- peserta didik lambat tidak mampu memahami konsep.

Diagnosis perlu memisahkan kemampuan konseptual, prosedural, representasional, matematika, dan bahasa.

1.4.22 Spektrum Kekuatan Miskonsepsi

Miskonsepsi tidak selalu berada pada tingkat kekuatan yang sama. Miskonsepsi dapat dipetakan sebagai spektrum.

Tingkat 1: gagasan spontan

Gagasan muncul sekali dan peserta didik tidak yakin. Setelah diminta memeriksa kembali, ia dapat merevisi jawabannya.

Tingkat 2: konsepsi lokal

Gagasan digunakan pada satu jenis konteks atau representasi, tetapi tidak pada konteks lain.

Tingkat 3: konsepsi berulang

Gagasan muncul pada beberapa soal terkait dan disertai alasan yang sama.

Tingkat 4: kerangka alternatif

Gagasan terhubung dengan beberapa konsep dan digunakan untuk menjelaskan berbagai fenomena.

Tingkat 5: komitmen konseptual kuat

Peserta didik sangat yakin, menafsirkan bukti melalui kerangka tersebut, dan mempertahankannya setelah koreksi.

Spektrum ini lebih bermanfaat daripada kategorisasi sederhana “miskonsepsi” atau “tidak miskonsepsi”. Intervensi dapat disesuaikan dengan tingkat kekuatan.

Kekuatan miskonsepsi Intervensi yang mungkin

Gagasan spontan	Klarifikasi dan contoh pembandingan
Konsepsi lokal	Latihan lintas konteks
Konsepsi berulang	Konflik kognitif dan multipel representasi
Kerangka alternatif	Rekonstruksi jaringan konsep
Komitmen kuat	Intervensi berulang, refleksi, dan evaluasi retensi

Penelitian diagnostik asam-basa menunjukkan bahwa konsepsi alternatif memiliki tingkat kekuatan berbeda ketika dianalisis, dan keyakinan. <https://doi.org/10.1080/00207179.2017.1369277>

1.4.23 Contoh Terpadu Karakteristik Miskonsepsi dalam Kimia SMA

A. “Partikel membesar ketika dipanaskan”

Kemasukakalan: benda memuai ketika dipanaskan.

Generalisasi: perubahan volume benda dipindahkan kepada ukuran partikel.

Representasi: gambar partikel menjadi lebih besar.

Daya generatif: digunakan untuk menjelaskan pemuatan padat, cair, dan gas.

Persistensi: dapat bertahan walaupun peserta didik mengetahui bahwa jumlah partikel tetap.

Remediasi: membedakan ukuran partikel dari jarak serta amplitudo geraknya.

B. “Asam kuat berarti asam pekat”

Kemasukakalan: kata kuat diasosiasikan dengan jumlah atau bahaya.

Kesalahan relasional: kekuatan asam dicampur dengan konsentrasi.

Ketergantungan konteks: peserta didik dapat menghitung K_a tetapi salah dalam bahasa verbal.

Daya generatif: memengaruhi pH, titrasi, penyangga, dan kesetimbangan ion.

Remediasi: membandingkan asam kuat encer dan asam lemah pekat melalui model partikel.

C. “Katalis meningkatkan hasil produk”

Kemasukakalan: reaksi lebih cepat dianggap menghasilkan lebih banyak.

Kesalahan relasional: laju dicampur dengan kesetimbangan.

Daya generatif: nilai K , ΔH , dan komposisi produk dianggap berubah.

Jawaban tersembunyi: peserta didik mungkin tetap memilih bahwa katalis tidak mengubah

K karena hafalan.

Remediasi: membandingkan profil energi, laju maju-balik, dan komposisi kesetimbangan.

D. “Pada kesetimbangan reaksi berhenti”

Kemasukakalan: sifat makroskopik tidak berubah.

Kesalahan ontologis: keadaan tetap disamakan dengan tidak adanya proses.

Representasi: partikel digambar diam.

Bahasa: kata setimbang diasosiasikan dengan keadaan statis.

Remediasi: menggunakan model dinamis dan data laju.

E. “Pemutusan ikatan melepaskan energi”

Kemasukakalan: bahan bakar dikatakan menyimpan energi.

Kesalahan kausal: energi reaksi dianggap berasal langsung dari ikatan yang diputus.

Daya generatif: memengaruhi pembakaran, metabolisme, dan energi ikatan.

Persistensi: dapat bertahan di balik keberhasilan menghitung ΔH .

Remediasi: membedakan energi pemutusan dan pembentukan ikatan.

F. “NaCl terdiri atas molekul NaCl”

Kemasukakalan: rumus kimia dibaca sebagai satu unit molekul.

Kesalahan kategorisasi: kisi ionik diperlakukan seperti zat molekuler.

Representasi: gambar pasangan Na–Cl memperkuat gagasan.

Daya generatif: memengaruhi kelarutan, titik leleh, konduktivitas, dan ikatan.

Remediasi: membandingkan molekul diskrit, unit formula, dan kisi kristal.

1.4.24 Analisis Kritis: Apakah Semua Miskonsepsi Benar-Benar Stabil?

Pernyataan bahwa miskonsepsi selalu stabil dan koheren perlu dikritisi. Literatur menunjukkan setidaknya tiga kemungkinan struktur pemikiran.

1. Kerangka alternatif yang relatif stabil

Peserta didik memiliki jaringan konsep yang saling mendukung. Contohnya adalah kerangka oktet.

2. Model sintetik

Peserta didik menggabungkan bagian konsep ilmiah dengan asumsi awal. Model dapat berubah secara gradual.

3. Sumber daya kontekstual

Peserta didik menggunakan potongan pengetahuan berbeda sesuai tuntutan situasi.

Ketiga kemungkinan tersebut tidak saling meniadakan. Seorang peserta didik dapat memiliki kerangka yang kuat pada satu topik, tetapi pengetahuan terfragmentasi pada topik lain.

Smith, diSessa, dan Roschelle mengingatkan bahwa melihat semua gagasan awal sebagai objek salah yang harus diganti daoduktif di dalamnya. [cite?turn501138search9]

Sebaliknya, terlalu menekankan fragmentasi juga berisiko mengabaikan bukti bahwa sebagian miskonsepsi memang membentuk hubungan kuat dan berulang. Pendekatan yang seimbang perlu bertanya:

- Seberapa konsisten gagasan ini?
- Dalam konteks apa gagasan digunakan?
- Apa unsur produktifnya?
- Apa hubungan yang salah?
- Apakah gagasan terhubung dengan konsep lain?
- Seberapa yakin peserta didik?
- Seberapa mudah gagasan berubah?

Miskonsepsi sebaiknya dipahami melalui bukti empiris, bukan diasumsikan dari satu teori tunggal.

1.4.25 Implikasi bagi Diagnosis

Karakteristik miskonsepsi menghasilkan prinsip diagnosis berikut.

1. Gunakan beberapa butir

Satu jawaban tidak cukup untuk menguji konsistensi.

2. Minta alasan

Alasan mengungkap hubungan konseptual yang menghasilkan jawaban.

3. Gunakan beberapa representasi

Konsep perlu diuji secara verbal, visual, simbolik, grafis, dan matematis.

4. Uji konteks baru

Transfer menunjukkan apakah konsep ilmiah telah terintegrasi.

5. Ukur keyakinan secara hati-hati

Keyakinan membantu memperkirakan kekuatan konsepsi.

6. Gunakan wawancara ketika diperlukan

Respons tertulis dapat ambigu.

7. Bedakan miskonsepsi dan pengetahuan parsial

Jawaban yang belum lengkap tidak selalu salah secara konseptual.

8. Periksa kemungkinan kesalahan bahasa

Peserta didik dapat memiliki gagasan benar tetapi mengungkapkannya dengan istilah tidak formal.

9. Lakukan diagnosis tertunda

Konsepsi lama dapat muncul kembali.

10. Gunakan bahasa interpretatif

Lebih tepat menyatakan “terdapat indikasi” daripada memberi label absolut berdasarkan data terbatas.

Diagnosis miskonsepsi merupakan proses inferensi. Guru tidak melihat struktur kognitif secara langsung, tetapi menyimpulkannya dari pola bukti.

1.4.26 Implikasi bagi Strategi Remediasi

Setiap karakteristik miskonsepsi menuntut respons pedagogis berbeda.

Karakteristik	Implikasi remediasi
Terasa masuk akal	Tunjukkan batas penjelasan awal, bukan hanya menyalahkan
Terorganisasi	Rekonstruksi jaringan konsep, bukan koreksi satu fakta
Kontekstual	Gunakan variasi konteks
Representasional	Hubungkan makro, submikro, simbolik, dan matematika
Persisten	Lakukan intervensi berulang
Implisit	Gunakan gambar, prediksi, dan <i>think-aloud</i>
Berkeyakinan tinggi	Berikan bukti serta refleksi yang lebih kuat
Tersembunyi di balik jawaban benar	Nilai alasan, bukan hanya hasil
Berasal dari pengajaran	Tinjau bahasa, model, dan bahan ajar
Dapat muncul kembali	Lakukan asesmen retensi dan transfer

Remediasi tidak selalu harus dimulai dengan konflik kognitif yang dramatis. Jika konsepsi peserta didik bersifat parsial dan mengandung unsur ilmiah, guru dapat memperluas serta mengorganisasikannya.

Sebaliknya, konflik diperlukan ketika peserta didik memiliki keyakinan kuat yang bertentangan dengan bukti. Konflik tersebut harus dikelola agar peserta didik:

1. memahami perbedaan prediksi;
2. mempercayai bukti;
3. mengetahui alasan hasil berbeda;
4. memiliki konsep alternatif yang dapat digunakan;
5. tidak sekadar merasa bingung.

Intervensi yang hanya menunjukkan bahwa prediksi peserta didik salah dapat menghasilkan kebingungan tanpa perubahan konsep.

1.4.27 Implikasi bagi Kurikulum dan Bahan Ajar

Kurikulum perlu memperhatikan miskonsepsi yang bersifat fondasional dan berdaya generatif tinggi. Konsep dasar tidak boleh hanya diajarkan sekali lalu dianggap selesai.

Beberapa prinsip pengembangan kurikulum adalah:

1. mengidentifikasi konsep prasyarat;
2. memetakan miskonsepsi potensial;
3. menyediakan progresi konsep;
4. menggunakan representasi secara konsisten;
5. menjelaskan batas model;
6. menghindari aturan universal yang sebenarnya terbatas;
7. memasukkan asesmen diagnostik;
8. mengulang konsep pada tingkat kedalaman yang meningkat;
9. memberikan ruang untuk argumentasi;
10. menguji transfer dan retensi.

Bahan ajar perlu menampilkan:

- contoh dan noncontoh;
- perbandingan model;
- pertanyaan prediksi;
- representasi partikel;
- penjelasan simbol;
- catatan keterbatasan;

- kesalahan umum beserta analisisnya;
- kegiatan refleksi konseptual.

Bahasa buku teks harus ditinjau bukan hanya dari ketepatan ilmiah menurut ahli, tetapi juga dari kemungkinan penafsiran peserta didik. Penelitian pada kesetimbangan kimia menunjukkan bahwa bahasa bahan ajar dapat berkaitan langskonsepsi alternatif.
[?cite?turn516927search5?](https://turn516927search5)

1.4.28 Implikasi bagi Kompetensi Guru

Guru kimia perlu memiliki tiga jenis pengetahuan yang saling berhubungan.

A. Pengetahuan konten

Guru harus memahami konsep secara mendalam, termasuk asumsi, keterbatasan, dan keterkaitan antarkonsep.

B. Pengetahuan tentang konsepsi peserta didik

Guru perlu mengetahui pola miskonsepsi yang sering muncul, tetapi tidak boleh menganggap semuanya pasti dimiliki oleh setiap peserta didik.

C. Pengetahuan strategi representasi dan remediasi

Guru perlu mampu memilih analogi, model, praktikum, simulasi, pertanyaan, dan asesmen yang sesuai.

Kompetensi tersebut memungkinkan guru membaca jawaban salah sebagai informasi. Guru tidak hanya mengatakan “salah”, tetapi dapat mengidentifikasi:

- konsep mana yang tertukar;
- model apa yang digunakan;
- atribut apa yang dianggap penting;
- hubungan sebab-akibat apa yang dibangun;
- representasi mana yang belum dipahami;
- konsep prasyarat apa yang lemah.

Pengetahuan guru tentang miskonsepsi juga harus bersifat reflektif. Guru perlu memeriksa apakah bahasa dan penjelasannya sendiri berpotensi membentuk konsepsi yang tidak diinginkan.

1.4.29 Sintesis Karakteristik Miskonsepsi

Berdasarkan pembahasan di atas, miskonsepsi memiliki karakteristik utama sebagai berikut.

1. **Terasa masuk akal bagi pemiliknya.**
Miskonsepsi sesuai dengan pengalaman, bahasa, intuisi, atau pembelajaran sebelumnya.
2. **Merupakan hasil konstruksi aktif.**
Peserta didik membangun makna, bukan sekadar menerima atau kehilangan informasi.
3. **Dapat bersifat sistematis dan terorganisasi.**
Sebagian miskonsepsi membentuk kerangka penjelasan yang luas.
4. **Tidak selalu sepenuhnya koheren.**
Pengetahuan dapat terfragmentasi dan berubah menurut situasi.
5. **Bergantung pada konteks.**
Konsep ilmiah dapat digunakan pada satu konteks, sedangkan konsep intuitif digunakan pada konteks lain.
6. **Bergantung pada representasi.**
Pemahaman verbal, visual, simbolik, dan matematis dapat tidak selaras.
7. **Memiliki daya generatif.**
Satu hubungan yang salah dapat menghasilkan banyak prediksi dan kesimpulan.
8. **Cenderung persisten.**
Pengajaran biasa dan koreksi langsung belum tentu mengubah struktur pemahaman.
9. **Dapat muncul kembali.**
Konsep lama dapat aktif kembali ketika konteks atau tuntutan berubah.
10. **Dapat bersifat implisit.**
Peserta didik tidak selalu mampu menyatakan asumsi yang digunakannya.
11. **Memiliki tingkat kekuatan berbeda.**
Keyakinan, konsistensi, dan keterhubungan setiap miskonsepsi tidak sama.
12. **Dapat tersembunyi di balik jawaban benar.**
Hasil yang tepat tidak selalu dibangun oleh alasan yang tepat.
13. **Dapat dimiliki bersama oleh banyak peserta didik.**
Pengalaman, bahasa, dan pembelajaran serupa menghasilkan pola umum.
14. **Dapat dipengaruhi pengajaran.**
Model, analogi, buku teks, bahasa, dan asesmen dapat memperkuat konsep alternatif.

15. Dapat bersifat hierarkis.

Kesalahan pada konsep dasar menjalar ke konsep yang lebih kompleks.

16. Dapat melibatkan kategorisasi ontologis yang salah.

Proses, benda, sifat, dan interaksi dapat tertukar.

17. Dapat berhubungan dengan keyakinan epistemologis.

Cara peserta didik memandang ilmu dan belajar memengaruhi perubahan konsep.

Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa miskonsepsi bukan masalah sederhana yang dapat diselesaikan dengan mengulang definisi. Miskonsepsi perlu dianalisis sebagai bagian dari struktur pengetahuan yang dinamis, kontekstual, dan berlapis.

Pembahasan selanjutnya perlu membedakan lebih tegas antara miskonsepsi, prakonsepsi, dan konsepsi alternatif. Tidak semua gagasan yang dibawa peserta didik sebelum pembelajaran bersifat salah, dan tidak semua konsepsi yang berbeda dari bahasa buku langsung dapat dikategorikan sebagai miskonsepsi. Perbedaan terminologis dan teoretis tersebut akan dibahas pada subbab berikutnya.

1.5 Prakonsepsi dan Konsepsi Alternatif

1.5.1 Pentingnya Membedakan Istilah

Peserta didik tidak memasuki kelas kimia sebagai penerima informasi yang sepenuhnya kosong. Sebelum mempelajari materi secara formal, mereka telah mempunyai pengalaman tentang pembakaran, pelarutan, pengaratan, perubahan wujud, rasa asam, pemanasan, pendinginan, warna zat, bau, obat-obatan, bahan bakar, serta berbagai peristiwa lain yang berkaitan dengan kimia. Mereka juga telah mendengar istilah seperti atom, molekul, energi, asam, basa, gas, larutan, reaksi, dan ikatan melalui percakapan sehari-hari, media, buku, internet, maupun pembelajaran pada jenjang sebelumnya.

Pengalaman tersebut melahirkan gagasan awal yang digunakan peserta didik untuk menafsirkan pembelajaran baru. Gagasan awal dapat sesuai dengan pengetahuan ilmiah, hanya benar pada konteks terbatas, belum lengkap, atau bertentangan dengan konsep kimia yang diterima. Karena keragaman tersebut, istilah **prakonsepsi**, **pengetahuan awal**, **konsepsi alternatif**, dan **miskonsepsi** tidak boleh digunakan secara sembarangan atau dianggap sepenuhnya sama.

Pembedaan istilah memiliki konsekuensi langsung terhadap diagnosis dan pembelajaran. Apabila setiap gagasan awal disebut miskonsepsi, guru dapat mengabaikan unsur pengetahuan yang sebenarnya sudah benar dan produktif. Sebaliknya, apabila semua gagasan peserta didik disebut sekadar “alternatif” tanpa menilai ketepatan ilmiahnya, pembelajaran berisiko kehilangan standar epistemik. Konsepsi ilmiah dan konsepsi peserta didik memang sama-sama perlu didengar serta dianalisis, tetapi keduanya tidak otomatis memiliki daya jelas, bukti, dan ketepatan prediksi yang sama.

Penelitian pendidikan sains sejak akhir dekade 1970-an menunjukkan bahwa peserta didik membawa pola pemikiran yang memengaruhi interpretasi mereka terhadap pembelajaran. Driver dan Easley memperlihatkan bahwa respons peserta didik sering memiliki keteraturan dan tidak dapat dipandang hanya sebagai kekurangan informasi. Kajian tersebut ikut menggeser perhatian penelitian dari pertanyaan “apa yang tidak diketahui peserta didik?” menuju pertanyaan “bagaimana peserta didik memahami fenomena?”

Dalam pendidikan kimia, perhatian terhadap gagasan awal menjadi sangat penting karena konsep yang dipelajari bersifat abstrak, berjenjang, dan direpresentasikan melalui hubungan antara tingkat makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Nakhleh menunjukkan bahwa peserta didik dapat melakukan perhitungan kimia dengan benar tanpa memiliki pemahaman konseptual yang sejalan dengan konsep ilmiah. Pengetahuan yang telah dimiliki sebelumnya ikut menentukan bagaimana simbol, rumus, model, dan penjelasan baru dimaknai.

1.5.2 Pengertian Prakonsepsi

Prakonsepsi adalah konsepsi yang telah dimiliki peserta didik sebelum memperoleh pembelajaran formal yang secara khusus membahas konsep tertentu. Awalan *pra-* menunjukkan kedudukan temporal, yaitu gagasan tersebut hadir sebelum suatu tahap pengajaran, bukan menunjukkan bahwa gagasan itu pasti salah.

Prakonsepsi dapat berasal dari:

1. pengalaman sehari-hari;
2. pengamatan inderawi;
3. penggunaan bahasa;
4. informasi dari keluarga dan masyarakat;
5. media massa dan media sosial;
6. pembelajaran pada jenjang sebelumnya;
7. analogi spontan;
8. intuisi;
9. generalisasi dari pengalaman terbatas;
10. pengetahuan dari bidang lain.

Prakonsepsi tentang materi dapat terbentuk ketika seorang anak melihat bahwa gula “menghilang” setelah dilarutkan. Ia mungkin menyimpulkan bahwa gula telah berubah menjadi air atau tidak lagi berada dalam sistem. Sebelum mempelajari model partikel,

penjelasan tersebut dapat menjadi cara paling masuk akal untuk memahami fenomena yang diamati.

Prakonsepsi tentang gas dapat terbentuk karena gas tidak selalu terlihat. Peserta didik kemudian menyimpulkan bahwa gas bukan materi, tidak memiliki massa, atau tidak menempati ruang. Prakonsepsi ini lahir dari keterbatasan pengamatan inderawi, bukan dari keputusan sengaja untuk menolak ilmu.

Prakonsepsi tentang panas dapat muncul dari bahasa seperti “panas masuk ke benda” dan “benda menyimpan panas”. Peserta didik kemudian membayangkan kalor sebagai zat yang berpindah dan mengisi benda. Dalam pembelajaran formal, prakonsepsi tersebut dapat bertahan sebagai konsepsi alternatif apabila tidak dibedakan dari konsep energi internal, suhu, dan kalor.

Dengan demikian, prakonsepsi dapat didefinisikan sebagai:

Pemahaman awal yang telah dimiliki peserta didik sebelum mengikuti pembelajaran formal mengenai suatu konsep dan yang digunakan sebagai kerangka pertama untuk menafsirkan informasi baru.

Definisi ini menegaskan tiga hal.

Pertama, prakonsepsi merupakan **pengetahuan yang telah tersedia**, bukan ruang kosong. Kedua, prakonsepsi mempunyai fungsi interpretatif. Ketiga, status benar atau salahnya harus dinilai melalui analisis lebih lanjut.

Hewson dan Hewson menjelaskan bahwa pengetahuan sebelum pembelajaran dapat mencakup konsepsi ilmiah maupun konsepsi alternatif. Dalam penelitian mereka tentang massa, volume, dan massa jenis, strategi pembelajaran yang secara eksplisit menggunakan pengetahuan awal dan menangani konsepsi alternatif menghasilkan perkembangan konseptual yang lebih baik daripada pengajaran tradisional.

1.5.3 Prakonsepsi Tidak Selalu Salah

Salah satu kekeliruan dalam penggunaan istilah adalah menyamakan prakonsepsi dengan miskonsepsi. Padahal, prakonsepsi dapat memiliki beberapa status.

A. Prakonsepsi yang sesuai dengan konsep ilmiah

Peserta didik dapat memahami bahwa pemanasan menyebabkan suatu zat mengalami perubahan, bahwa logam tertentu dapat menghantarkan listrik, atau bahwa pencampuran dua zat dapat menghasilkan zat baru. Gagasan tersebut belum tentu terstruktur secara ilmiah, tetapi arah dasarnya dapat benar.

Sebagai contoh, seorang peserta didik mungkin mengatakan:

“Jika suhu dinaikkan, partikel bergerak lebih cepat.”

Pernyataan tersebut merupakan dasar produktif untuk menjelaskan kenaikan energi kinetik rata-rata partikel, peningkatan frekuensi tumbukan, dan perubahan laju reaksi.

B. Prakonsepsi yang benar tetapi terbatas

Peserta didik dapat mengetahui bahwa oksidasi melibatkan oksigen. Gagasan tersebut benar untuk banyak reaksi, tetapi tidak mencakup seluruh pengertian oksidasi dalam kerangka transfer elektron dan bilangan oksidasi.

Demikian pula, gagasan bahwa asam menghasilkan ion H^+ dalam air cukup memadai dalam kerangka Arrhenius, tetapi belum mencakup seluruh reaksi asam-basa menurut Brønsted–Lowry dan Lewis.

Prakonsepsi seperti ini tidak harus “dihapus”. Gagasan perlu diperluas, dibatasi ruang lingkungannya, dan dihubungkan dengan kerangka yang lebih umum.

C. Prakonsepsi yang belum lengkap

Peserta didik dapat mengatakan bahwa katalis mempercepat reaksi, tetapi belum mampu menjelaskan jalur reaksi alternatif, energi aktivasi, regenerasi katalis, atau pengaruh katalis terhadap reaksi maju dan balik.

Ketidaklengkapan bukan otomatis miskonsepsi. Guru perlu memeriksa apakah terdapat hubungan yang salah atau sekadar bagian penjelasan yang belum dibangun.

D. Prakonsepsi yang bertentangan dengan konsep ilmiah

Peserta didik dapat menyatakan bahwa partikel zat padat tidak bergerak, pemutusan ikatan melepaskan energi, atau pada kesetimbangan reaksi telah berhenti. Prakonsepsi semacam ini dapat dikategorikan sebagai konsepsi alternatif dan, apabila diyakini serta digunakan secara konsisten, dapat menjadi miskonsepsi.

E. Prakonsepsi yang produktif tetapi diterapkan secara berlebihan

Intuisi “semakin banyak tumbukan, semakin cepat reaksi” dapat menjadi dasar yang produktif dalam kinetika. Namun, jika peserta didik menyimpulkan bahwa setiap peningkatan jumlah zat otomatis mempercepat semua reaksi tanpa mempertimbangkan konsentrasi, fase, mekanisme, atau pereaksi pembatas, intuisi tersebut telah digunakan di luar batas.

Prakonsepsi seharusnya diperlakukan sebagai titik awal diagnosis. Guru perlu menentukan unsur mana yang dapat dipertahankan, diperluas, dibedakan, atau direkonstruksi.

1.5.4 Pengertian Konsepsi Alternatif

Konsepsi alternatif adalah pemahaman, model, hubungan, atau penjelasan yang digunakan peserta didik sebagai alternatif terhadap konsepsi ilmiah yang menjadi sasaran pembelajaran.

Istilah ini berkembang untuk menggambarkan bahwa jawaban peserta didik tidak selalu merupakan kesalahan acak. Peserta didik dapat memiliki cara menjelaskan fenomena yang berbeda dari ilmuwan, tetapi mempunyai keteraturan dan kemasukakalan internal. Driver dan Easley menempatkan gagasan peserta didik sebagai pola pemahaman yang layak diteliti. Hewson dan Hewson kemudian menggunakan istilah konsepsi alternatif untuk menggambarkan pengetahuan awal yang berbeda dari konsepsi ilmiah serta perlu ditangani secara langsung dalam pembelajaran.

Dalam konteks buku ini, konsepsi alternatif dirumuskan sebagai:

Konsepsi yang digunakan peserta didik untuk memahami suatu objek atau fenomena, tetapi berbeda sebagian atau seluruhnya dari konsepsi ilmiah yang ditargetkan dalam pembelajaran.

Kata *alternatif* menekankan perbedaan, bukan langsung menilai tingkat kekuatan atau penyebabnya. Sebuah konsepsi alternatif dapat berupa:

- gagasan awal sebelum pembelajaran;
- model yang terbentuk selama pembelajaran;
- hasil penggabungan antara intuisi dan konsep ilmiah;
- interpretasi yang keliru terhadap gambar atau simbol;
- generalisasi aturan;
- penjelasan yang hanya berlaku dalam konteks tertentu;
- kerangka pemahaman yang relatif terorganisasi.

Taber mencatat bahwa literatur pendidikan kimia telah mengidentifikasi beragam konsepsi alternatif yang dibawa peserta didik ke dalam kelas. Penelitian tersebut seharusnya tidak berhenti sebagai inventarisasi kesalahan, tetapi digunakan untuk menginformasikan kurikulum dan praktik pembelajaran.

1.5.5 Mengapa Istilah “Konsepsi Alternatif” Digunakan?

Penggunaan istilah konsepsi alternatif memiliki beberapa alasan pedagogis dan teoretis.

1. Mengakui adanya struktur pemahaman

Peserta didik yang memberikan jawaban berbeda dari konsep ilmiah mungkin sedang menggunakan suatu model atau aturan tertentu. Istilah konsepsi alternatif mendorong guru untuk mencari alasan di balik jawaban.

2. Menghindari pelabelan berlebihan

Istilah miskonsepsi dapat terdengar seolah-olah seluruh pemikiran peserta didik salah dan harus dihapus. Istilah konsepsi alternatif membuka kemungkinan bahwa di dalam gagasan tersebut terdapat unsur yang benar atau produktif.

3. Membedakan pemikiran dari identitas peserta didik

Peserta didik bukan “orang yang salah”. Ia sedang menggunakan konsepsi tertentu yang dapat diperiksa dan dikembangkan.

4. Menekankan bahwa pemahaman bersifat konstruktif

Peserta didik membangun makna berdasarkan pengalaman serta pengetahuan yang tersedia. Pemahamannya dapat berbeda dari maksud guru meskipun istilah yang digunakan sama.

5. Mendorong dialog

Guru lebih mungkin bertanya “mengapa Anda berpikir demikian?” daripada langsung menutup diskusi dengan menyatakan salah.

Namun, istilah alternatif juga mempunyai keterbatasan. Kata tersebut dapat disalahpahami seolah-olah semua penjelasan merupakan pilihan yang setara. Dalam sains, suatu konsep diterima bukan semata-mata karena merupakan pendapat mayoritas, melainkan karena didukung bukti, koherensi, kemampuan prediksi, dan pengujian komunitas ilmiah.

Oleh karena itu, penggunaan istilah konsepsi alternatif tidak boleh menghilangkan penilaian epistemik. Guru tetap perlu menjelaskan mengapa suatu konsepsi tidak memadai, bukti apa yang tidak dapat dijelaskannya, dan mengapa model ilmiah memiliki daya jelas yang lebih kuat.

1.5.6 Hubungan antara Prakonsepsi, Konsepsi Alternatif, dan Miskonsepsi

Hubungan ketiga istilah dapat dipahami melalui dimensi yang berbeda.

Istilah	Dimensi utama	Harus salah?	Waktu terbentuk	Contoh
Prakonsepsi	Waktu keberadaan sebelum pembelajaran	Tidak	Sebelum pembelajaran tertentu	“Pemanasan membuat partikel bergerak lebih aktif”

Konsepsi alternatif	Perbedaan dari konsep ilmiah target	Umumnya berbeda sebagian atau seluruhnya	Sebelum, selama, atau setelah pembelajaran	“Partikel membesar ketika zat dipanaskan”
Miskonsepsi	Ketidaktepatan konseptual yang memiliki pola atau keyakinan	Ya	Dapat terbentuk kapan saja	“Pemuaian terjadi karena ukuran atom membesar”
Pengetahuan awal	Semua pengetahuan yang telah dimiliki	Tidak	Sebelum tahap pembelajaran	Istilah, pengalaman, prosedur, intuisi
Pengetahuan parsial	Kelengkapan pemahaman	Tidak selalu	Kapan saja	Mengetahui fungsi katalis tetapi belum memahami mekanismenya
Model sintetik	Penggabungan konsep ilmiah dan gagasan awal	Biasanya belum ilmiah sepenuhnya	Selama perubahan konseptual	Elektron dianggap sebagai awan yang tetap bergerak pada orbit pasti

Dari tabel tersebut dapat disimpulkan:

1. tidak semua prakonsepsi merupakan miskonsepsi;
2. tidak semua konsepsi alternatif terbentuk sebelum pembelajaran;
3. miskonsepsi dapat berasal dari prakonsepsi maupun pembelajaran formal;
4. konsepsi alternatif dapat bersifat lemah, lokal, atau sangat terorganisasi;
5. diagnosis memerlukan lebih dari sekadar mengetahui kapan gagasan terbentuk.

Sebagai ilustrasi, sebelum belajar kesetimbangan kimia, peserta didik mungkin mempunyai prakonsepsi bahwa “setimbang berarti dua sisi sama”. Setelah mengikuti pembelajaran, ia dapat menggabungkan gagasan tersebut dengan istilah laju reaksi dan menyatakan:

“Pada kesetimbangan, laju reaksi maju dan balik sama karena jumlah pereaksi dan produk sudah sama.”

Konsepsi ini merupakan model sintetik. Peserta didik telah memasukkan sebagian istilah ilmiah, tetapi mempertahankan makna awal tentang kesamaan jumlah.

Jika gagasan tersebut digunakan secara konsisten dan diyakini benar, konsepsi alternatif itu dapat dikategorikan sebagai miskonsepsi.

1.5.7 Perkembangan Historis Terminologi

Perkembangan istilah dalam penelitian pendidikan sains mencerminkan perubahan cara memandang pikiran peserta didik.

Pada tahap awal, kesalahan belajar sering disebut sebagai kekurangan, kebingungan, atau pemahaman yang salah. Peserta didik dipandang belum memiliki pengetahuan ilmiah yang memadai.

Kajian Driver dan Easley pada 1978 menunjukkan bahwa gagasan peserta didik dapat memiliki organisasi tertentu. Istilah seperti *pupils' paradigms* dan kerangka alternatif digunakan untuk menekankan bahwa peserta didik mempunyai cara menafsirkan dunia yang tidak selalu identik dengan ilmu sekolah.

Posner, Strike, Hewson, dan Gertzog pada 1982 mengembangkan teori perubahan konseptual berdasarkan gagasan bahwa peserta didik memiliki ekologi konseptual. Konsepsi ilmiah baru harus berinteraksi dengan keyakinan, analogi, serta pengetahuan yang sudah ada. Perubahan tidak hanya berupa penambahan informasi, tetapi dapat menuntut akomodasi ketika konsepsi lama tidak mampu lagi menjelaskan fenomena.

Hewson dan Hewson memperlihatkan secara empiris bahwa pembelajaran yang secara eksplisit memperhitungkan pengetahuan awal dan konsepsi alternatif dapat menghasilkan perubahan konseptual yang lebih baik. Penelitian mereka memperkuat pandangan bahwa gagasan awal perlu dijadikan bagian dari desain pembelajaran, bukan hanya diukur pada tes awal.

Pada dekade berikutnya, Vosniadou mengembangkan kerangka teori yang menjelaskan bahwa peserta didik dapat membangun model sintetik. Informasi ilmiah baru diintegrasikan ke dalam teori kerangka awal yang mungkin mengandung asumsi bertentangan dengan sains. Perubahan konsep menjadi lebih sulit ketika memerlukan revisi asumsi ontologis dan epistemologis yang mendasar.

Smith, diSessa, dan Roschelle kemudian mengkritik pandangan yang memperlakukan seluruh konsepsi peserta didik sebagai “pengetahuan buruk” yang harus diganti. Mereka menekankan bahwa pengetahuan awal dapat mengandung sumber daya produktif yang menjadi bahan berkembangnya kepakaran. Perubahan konsep dapat melibatkan reorganisasi, penyempurnaan, dan perubahan kondisi penerapan suatu intuisi.

Perkembangan tersebut menghasilkan pandangan yang lebih seimbang. Konsepsi peserta didik dapat menjadi hambatan, tetapi juga dapat mengandung sumber daya. Sebagian pengetahuan terorganisasi seperti teori, sedangkan sebagian lain bersifat lokal dan kontekstual. Duit dan Treagust menyintesis perkembangan teori perubahan konseptual menuju pendekatan multiperspektif yang memperhitungkan dimensi kognitif, motivasional, epistemologis, sosial, dan kontekstual.

1.5.8 Prakonsepsi sebagai Bagian dari Pengetahuan Awal

Pengetahuan awal memiliki cakupan lebih luas daripada prakonsepsi. Pengetahuan awal dapat meliputi:

- fakta;
- konsep;
- pengalaman;
- prosedur;
- keterampilan matematika;
- kemampuan membaca grafik;
- pengetahuan bahasa;
- model mental;
- intuisi;
- sikap;
- keyakinan tentang ilmu;
- strategi pemecahan masalah.

Prakonsepsi merupakan bagian dari pengetahuan awal yang secara khusus berkaitan dengan pemahaman terhadap konsep atau fenomena tertentu sebelum pembelajaran.

Sebagai contoh, ketika peserta didik mulai mempelajari stoikiometri, pengetahuan awalnya dapat mencakup:

- kemampuan melakukan perbandingan;
- pemahaman bilangan;
- pengetahuan tentang atom dan molekul;
- kemampuan membaca rumus kimia;
- konsepsi tentang massa;
- pemahaman hukum kekekalan massa;
- pengalaman menyetarakan persamaan reaksi.

Prakonsepsinya dapat berupa anggapan bahwa koefisien reaksi menunjukkan perbandingan massa. Keterampilan perbandingannya mungkin baik, tetapi diterapkan pada makna koefisien yang salah.

Perbedaan tersebut penting karena kesulitan belajar tidak selalu berasal dari konsepsi kimia. Peserta didik dapat memahami konsep mol, tetapi gagal menyelesaikan soal karena kesulitan proporsi. Sebaliknya, peserta didik dapat mahir melakukan perhitungan proporsi, tetapi menganggap mol sebagai satuan massa.

Diagnosis perlu memetakan pengetahuan awal secara multidimensional, bukan hanya memberikan satu tes definisi.

1.5.9 Sumber Prakonsepsi dalam Pembelajaran Kimia

A. Pengalaman makroskopik

Peserta didik hidup di dunia makroskopik. Mereka melihat warna, bentuk, suhu, volume, gelembung, endapan, dan perubahan wujud, tetapi tidak melihat atom atau elektron secara langsung.

Akibatnya, sifat yang diamati dapat dipindahkan kepada partikel. Zat padat terlihat diam sehingga partikelnya dianggap tidak bergerak. Air terasa basah sehingga molekul air dianggap basah. Logam mengilap sehingga satu atom logam dianggap mengilap.

B. Bahasa sehari-hari

Kata “kuat”, “lemah”, “stabil”, “jenuh”, “spontan”, dan “setimbang” memiliki makna sehari-hari yang berbeda dari penggunaan kimianya.

“Asam kuat” dapat dimaknai sebagai asam pekat atau berbahaya. “Reaksi spontan” dapat dimaknai sebagai reaksi yang berlangsung sangat cepat. “Larutan jenuh” dapat dibayangkan sebagai wadah yang ruang kosongnya telah penuh.

C. Pengamatan yang terbatas

Peserta didik melihat bahwa gula tidak lagi terlihat setelah larut, sehingga menyimpulkan bahwa gula hilang. Ia belum memiliki bukti tentang kekekalan massa, pemulihan zat melalui penguapan, dan distribusi partikel zat terlarut.

D. Generalisasi pengalaman

Peserta didik mengetahui bahwa pemanasan dapat mempercepat reaksi, lalu menyimpulkan bahwa semua reaksi pada suhu tinggi pasti menghasilkan produk lebih banyak.

E. Pengaruh budaya dan sosial

Informasi mengenai bahan “alami”, “kimia”, “racun”, “organik”, atau “radiasi” sering membawa makna sosial yang berbeda dari makna ilmiah. Kata “kimia” bahkan dapat diasosiasikan hanya dengan zat buatan atau berbahaya.

F. Representasi visual

Gambar atom berwarna dapat menimbulkan anggapan bahwa atom memiliki warna tersebut. Model bola-dan-tongkat dapat membuat ikatan dianggap sebagai batang fisik. Diagram dua dimensi dapat dianggap sebagai bentuk molekul yang sebenarnya.

G. Pembelajaran terdahulu

Aturan sederhana yang bermanfaat pada tahap awal dapat menjadi prakonsepsi bermasalah pada tahap berikutnya. Contohnya:

- semua atom berusaha mencapai oktet;
- oksidasi berarti penambahan oksigen;
- asam adalah zat yang menghasilkan H^+ ;
- senyawa merupakan gabungan dua atom atau lebih;
- elektron bergerak pada lintasan melingkar.

H. Media digital dan kecerdasan artifisial

Penjelasan singkat, animasi, atau jawaban otomatis dapat memperkuat konsep yang terlalu disederhanakan. Media visual yang menarik tidak menjamin ketepatan interpretasi.

Sumber-sumber tersebut dapat berinteraksi. Konsepsi bahwa ikatan adalah batang fisik, misalnya, dapat diperkuat oleh gambar buku, model molekul, bahasa guru, dan animasi digital sekaligus. Kajian terhadap representasi ikatan dalam buku teks menunjukkan bahwa model yang digunakan untuk membantu pembelajaran dapat pula berkaitan dengan terbentuknya kesulitan dan konsepsi alternatif apabila tidak diberi penjelasan tentang fungsi serta keterbatasannya.

1.5.10 Konsepsi Alternatif sebagai Model Sintetik

Konsepsi alternatif sering tidak merupakan penolakan langsung terhadap penjelasan ilmiah. Peserta didik dapat menerima sebagian informasi baru, tetapi menafsirkannya melalui asumsi lama. Hasilnya adalah **model sintetik**.

Contoh pada struktur atom

Peserta didik awalnya membayangkan atom sebagai bola pejal. Setelah mempelajari model Rutherford dan Bohr, ia menggambar inti dengan elektron pada lintasan melingkar. Setelah mempelajari orbital, ia menyebut lintasan tersebut sebagai orbital.

Model akhirnya menggabungkan:

- bola pejal;
- inti atom;
- orbit planet;
- istilah orbital;

- kotak konfigurasi elektron.

Peserta didik dapat menggunakan istilah kuantum, tetapi masih membayangkan elektron bergerak pada lintasan pasti.

Contoh pada ikatan kimia

Peserta didik mengetahui bahwa ikatan melibatkan elektron. Namun, ia tetap membayangkan ikatan sebagai tali fisik. Ia kemudian menyatakan bahwa “pasangan elektron membentuk batang yang menyambungkan atom”.

Contoh pada kesetimbangan

Peserta didik menerima bahwa reaksi maju dan balik berlangsung. Namun, ia membayangkan reaksi maju berlangsung sampai selesai, lalu reaksi balik dimulai. Konsep ilmiah tentang dua proses simultan digabungkan dengan model tahapan berurutan.

Contoh pada larutan

Peserta didik menerima bahwa zat tersusun atas partikel. Akan tetapi, ketika gula larut, ia menggambar molekul gula pecah menjadi atom-atom karena menganggap semua pelarutan melibatkan pemecahan zat.

Vosniadou menjelaskan bahwa model sintetik muncul ketika informasi ilmiah diasimilasikan ke dalam struktur yang memiliki asumsi berbeda. Pembelajaran yang hanya menambahkan istilah baru dapat memperkaya model sintetik tanpa mengubah asumsi dasarnya.

1.5.11 Konsepsi Alternatif sebagai Sumber Daya Kognitif

Tidak semua gagasan awal harus dihapus. Sebagian dapat menjadi sumber daya untuk membangun konsep ilmiah.

Contoh pertama adalah gagasan:

“Partikel lebih sering bertumbukan ketika jumlahnya lebih banyak dalam ruang yang sama.”

Gagasan tersebut dapat dikembangkan menuju konsep konsentrasi dan frekuensi tumbukan.

Contoh kedua:

“Garam tetap ada meskipun tidak terlihat setelah larut.”

Gagasan ini dapat menjadi dasar bagi kekekalan materi dan representasi partikel dalam larutan.

Contoh ketiga:

“Katalis menyediakan jalan yang lebih mudah.”

Bahasa “jalan lebih mudah” belum ilmiah, tetapi dapat dijembatani menuju jalur reaksi alternatif dan energi aktivasi yang lebih rendah.

Contoh keempat:

“Larutan penyangga menahan perubahan pH.”

Istilah “menahan” dapat dikembangkan menjadi penjelasan reaksi komponen penyangga dengan asam atau basa yang ditambahkan.

Pandangan sumber daya menuntut guru memisahkan unsur produktif dan unsur yang keliru. Dalam pernyataan “partikel membesar dan bergerak lebih cepat ketika dipanaskan”, bagian tentang peningkatan gerak dapat dipertahankan, sedangkan gagasan perubahan ukuran partikel perlu direvisi.

Smith, diSessa, dan Roschelle menekankan bahwa perkembangan keahlian dapat dibangun melalui reorganisasi pengetahuan yang sudah dimiliki. Perlakuan terhadap semua gagasan awal sebagai penghalang dapat menghilangkan peluang menggunakan intuisi produktif sebagai jembatan belajar.

1.5.12 Konsepsi Alternatif yang Bersifat Lokal dan Terorganisasi

Konsepsi alternatif tidak mempunyai tingkat organisasi yang sama.

A. Konsepsi alternatif lokal

Gagasan muncul pada satu jenis persoalan atau representasi.

Contoh:

Peserta didik menggambar partikel gas menjadi lebih besar setelah dipanaskan, tetapi tidak pernah menyatakan secara verbal bahwa ukuran molekul berubah.

Konsepsi ini mungkin berasal dari konvensi gambar yang belum dipahami.

B. Konsepsi alternatif berulang

Gagasan yang sama muncul dalam beberapa situasi.

Contoh:

- partikel gas membesar ketika dipanaskan;
- partikel cair membesar ketika dipanaskan;
- atom logam membesar ketika logam memuai.

Terdapat aturan umum bahwa pemuaian makroskopik disebabkan pembesaran partikel.

C. Kerangka alternatif

Gagasan terhubung dengan beberapa konsep.

Contoh kerangka oktet:

- atom ingin stabil;
- kestabilan berarti delapan elektron;
- ikatan terbentuk agar oktet;
- reaksi terjadi untuk mencapai oktet;
- spesies yang tidak memenuhi oktet dianggap tidak mungkin.

Taber memperlihatkan bahwa kesulitan dalam membangun konsep struktur kimia dapat berkembang menjadi konsepsi dan kerangka alternatif mengenai atom, molekul, kisi, serta ikatan. Karena konsep struktural menjadi fondasi bagi banyak topik, kerangka yang tidak tepat dapat menghambat pembelajaran berikutnya.

D. Profil konseptual kontekstual

Peserta didik dapat memiliki beberapa cara berpikir dan mengaktifkannya sesuai konteks. Ia menggunakan konsep ilmiah pada soal ujian, tetapi menggunakan konsepsi sehari-hari ketika menjelaskan fenomena di rumah.

Pengelompokan ini penting karena intervensi harus disesuaikan. Konsepsi lokal mungkin cukup ditangani melalui klarifikasi representasi, sedangkan kerangka alternatif memerlukan rekonstruksi jaringan konsep.

1.5.13 Contoh Prakonsepsi dan Konsepsi Alternatif tentang Materi

Sifat partikulat materi merupakan fondasi kimia. Namun, pengalaman manusia secara langsung lebih banyak bersifat makroskopik. Peserta didik dapat membawa prakonsepsi bahwa materi bersifat kontinu.

Beberapa konsepsi alternatif yang mungkin muncul adalah:

1. partikel hanya terdapat pada zat padat;
2. gas tidak tersusun atas materi;
3. ruang di antara partikel berisi zat yang sama;
4. partikel padat tidak bergerak;
5. partikel cair bergerak hanya ketika cairan diaduk;
6. partikel gas tidak memiliki massa;

7. partikel membesar ketika dipanaskan;
8. satu molekul memiliki sifat makroskopik zat;
9. pelarutan membuat partikel hilang;
10. perubahan wujud mengubah identitas molekul.

Penelitian tentang sifat partikulat materi menunjukkan bahwa pemahaman pada konsep ini sangat penting bagi pembelajaran konsep kimia lanjutan. Instrumen gambar terbuka dikembangkan karena tes pilihan ganda belum tentu mengungkap kedalaman model yang digunakan peserta didik.

Sebagai contoh, peserta didik dapat memilih bahwa “zat tersusun atas partikel”, tetapi menggambar zat cair sebagai bidang berwarna tanpa ruang antarmolekul. Definisi verbalnya benar, sedangkan representasi internalnya masih kontinu.

Penelitian dari perspektif ontologis juga menunjukkan bahwa peserta didik dapat mengalami kesulitan mengategorikan materi, atom, molekul, unsur, senyawa, dan perubahan secara tepat. Konsepsi tentang sifat partikulat materi perlu didiagnosis karena menjadi dasar bagi konsep larutan, reaksi, kesetimbangan, dan ikatan.

1.5.14 Contoh Prakonsepsi dan Konsepsi Alternatif tentang Pelarutan

Pelarutan merupakan fenomena sehari-hari yang tampak sederhana, tetapi melibatkan hubungan kompleks antara tingkat makroskopik dan submikroskopik.

Prakonsepsi yang mungkin muncul meliputi:

- zat terlarut hilang;
- zat terlarut berubah menjadi pelarut;
- pelarutan sama dengan pelelehan;
- air memecah semua zat menjadi atom;
- ruang kosong air diisi partikel zat terlarut;
- massa berkurang karena zat tidak terlihat;
- zat yang larut telah mengalami reaksi kimia;
- larutan jenuh berarti wadah penuh secara fisik.

Sebagian gagasan tersebut berasal dari pengamatan yang wajar. Gula memang tidak terlihat setelah dilarutkan. Akan tetapi, konsep ilmiah memerlukan penjelasan bahwa partikel zat terdispersi dan berinteraksi dengan pelarut, sedangkan identitas kimia zat dapat tetap atau berubah bergantung pada proses yang terjadi.

Penelitian terhadap guru sekolah dasar dalam masa pendidikan menunjukkan adanya konsepsi bahwa molekul membawa sifat makroskopik materi dan bahwa pelarutan dipahami melalui perubahan molekul yang tidak tepat. Temuan tersebut menegaskan bahwa kesulitan pada sifat partikulat materi dapat bertahan sampai tingkat calon guru dan berpotensi ditransmisikan dalam pembelajaran.

Pemahaman sifat partikulat materi juga memengaruhi pemahaman kimia larutan. Penelitian pada calon guru kimia menunjukkan bahwa peserta dengan pemahaman partikel materi yang lebih baik lebih mungkin membangun pemahaman ilmiah mengenai konsep larutan.

Aplikasi pembelajaran

Guru dapat meminta peserta didik:

1. menggambar air sebelum gula ditambahkan;
2. menggambar keadaan sesudah gula larut;
3. memprediksi massa sistem;
4. menjelaskan kemungkinan memperoleh kembali gula;
5. membandingkan pelarutan gula dan reaksi logam dengan asam.

Kegiatan tersebut membantu membedakan pelarutan, perubahan wujud, dan reaksi kimia.

1.5.15 Contoh Prakonsepsi dan Konsepsi Alternatif tentang Struktur Atom

Struktur atom tidak dapat diamati secara langsung oleh peserta didik. Pemahaman dibangun melalui model. Akibatnya, prakonsepsi sangat dipengaruhi oleh gambar dan analogi.

Konsepsi alternatif yang sering mungkin terjadi adalah:

- atom merupakan bola pejal;
- elektron mengelilingi inti seperti planet;
- orbit dan orbital merupakan hal yang sama;
- elektron mempunyai posisi pasti di dalam orbital;
- orbital merupakan lintasan;
- kulit atom merupakan lapisan material;
- inti memenuhi sebagian besar volume atom;
- elektron yang lebih jauh selalu bergerak lebih lambat;
- elektron valensi berada pada “permukaan atom” seperti benda padat;

- konfigurasi elektron merupakan foto penempatan elektron.

Model Bohr memiliki nilai historis dan pedagogis, tetapi dapat menjadi prakonsepsi bermasalah apabila dipahami sebagai gambaran literal atom modern. Pembelajaran perlu membedakan:

- model sebagai representasi;
- fenomena yang dijelaskan;
- batas penerapan model;
- perubahan model berdasarkan bukti.

Peserta didik dapat menggunakan beberapa model sekaligus. Ketika diminta menggambar atom, ia memakai orbit Bohr. Ketika mengisi konfigurasi elektron, ia memakai kotak orbital. Ketika menjelaskan ikatan, ia membayangkan elektron berpindah dari kulit terluar seperti benda kecil. Konsepsi-konsepsi tersebut belum tentu terintegrasi.

Guru perlu menghindari anggapan bahwa penyebutan istilah “orbital” sudah membuktikan pemahaman kuantum. Pertanyaan diagnostik harus menelusuri makna yang diberikan terhadap istilah tersebut.

1.5.16 Contoh Prakonsepsi dan Konsepsi Alternatif tentang Ikatan Kimia

Ikatan kimia merupakan salah satu topik yang sangat rentan terhadap konsepsi alternatif karena menggabungkan struktur atom, elektron, energi, gaya, dan representasi.

Konsepsi alternatif yang dapat muncul meliputi:

1. atom berikatan karena ingin stabil;
2. semua atom harus memenuhi oktet;
3. ikatan kovalen merupakan batang fisik;
4. elektron ikatan berada diam di tengah dua atom;
5. ikatan ion hanya terjadi antara satu pasang ion;
6. kristal NaCl tersusun atas molekul NaCl;
7. ion Na^+ dan Cl^- tetap berpasangan secara eksklusif;
8. ikatan ion lebih lemah karena dapat larut dalam air;
9. ikatan kovalen putus ketika zat mendidih;
10. gaya antarmolekul adalah jenis ikatan di dalam molekul;
11. ikatan yang kuat melepaskan energi ketika diputus;

12. ikatan polar berarti molekul selalu polar.

Penelitian terhadap model ikatan yang dibuat peserta didik menunjukkan bahwa mereka dapat menghafal definisi ikatan ion dan kovalen, tetapi model serta penjelasannya masih mengandung berbagai miskonsepsi. Hal ini menunjukkan bahwa definisi verbal tidak cukup untuk mengungkap konsepsi yang digunakan.

Kajian terhadap pembelajaran ikatan kimia juga menunjukkan bahwa konsepsi tentang ikatan berhubungan dengan urutan kurikulum, penggunaan model, dan penyajian buku teks. Dikotomi yang terlalu kaku antara ikatan ion dan kovalen dapat menghambat pemahaman bahwa karakter ikatan berada dalam suatu spektrum distribusi elektron dan interaksi elektrostatik.

Analisis kritis aturan oktet

Aturan oktet dapat berfungsi sebagai alat prediksi awal, tetapi tidak seharusnya diposisikan sebagai penyebab final. Pernyataan “atom berikatan agar memenuhi oktet” mudah membentuk penjelasan teleologis. Penjelasan yang lebih mendasar perlu menghubungkan ikatan dengan energi relatif sistem, gaya elektrostatik, dan distribusi elektron.

Guru dapat menggunakan aturan oktet sebagai model terbatas dengan menyatakan:

- konsep mana yang dapat dijelaskan;
- pengecualian apa yang ditemukan;
- mengapa aturan bukan hukum universal;
- bagaimana model energi memberi penjelasan yang lebih luas.

1.5.17 Contoh Prakonsepsi dan Konsepsi Alternatif tentang Asam-Basa

Pengalaman sehari-hari membentuk prakonsepsi bahwa asam adalah zat berasa masam, berbahaya, dan merusak. Basa diasosiasikan dengan sabun, rasa pahit, atau bahan pembersih.

Konsepsi alternatif yang mungkin berkembang adalah:

- asam kuat selalu pekat;
- asam lemah selalu encer;
- semakin banyak atom H, semakin kuat asam;
- semua zat yang mengandung H merupakan asam;
- basa tidak mengandung H;
- pH tinggi berarti lebih asam karena angkanya lebih besar;

- netralisasi selalu menghasilkan pH 7;
- indikator menyebabkan perubahan pH;
- larutan asam hanya mengandung ion H^+ ;
- asam lemah tidak terionisasi;
- kekuatan asam sama dengan kereaktifan dalam semua situasi.

Penelitian terhadap peserta didik sekolah menengah menemukan bahwa konsepsi alternatif asam-basa dapat muncul pada sifat zat, kekuatan asam-basa, pH, netralisasi, indikator, dan representasi molekuler. Penggabungan data jawaban, alasan, dan keyakinan menunjukkan bahwa konsepsi alternatif memiliki tingkat kekuatan berbeda.

Contoh perbedaan prakonsepsi produktif dan miskonsepsi

Pernyataan:

“Asam kuat menghasilkan banyak ion dalam air.”

Pernyataan ini dapat menjadi dasar produktif, tetapi perlu diperjelas bahwa “banyak” harus dibedakan menjadi derajat ionisasi dan konsentrasi awal.

Pernyataan:

“Asam kuat selalu memiliki konsentrasi tinggi.”

Pernyataan ini merupakan hubungan yang salah antara kekuatan dan konsentrasi.

Pembelajaran sebaiknya membandingkan:

- asam kuat encer;
- asam kuat pekat;
- asam lemah encer;
- asam lemah pekat.

Model partikel dapat menunjukkan jumlah partikel awal, derajat ionisasi, dan konsentrasi ion yang terbentuk.

1.5.18 Contoh Prakonsepsi dan Konsepsi Alternatif tentang Keseimbangan

Kata “setimbang” dalam bahasa sehari-hari memberi pengaruh besar terhadap prakonsepsi. Peserta didik dapat membayangkan timbangan dengan dua sisi yang sama berat atau keadaan yang sepenuhnya diam.

Konsepsi alternatif yang mungkin muncul adalah:

- reaksi berhenti ketika setimbang;
- konsentrasi pereaksi dan produk sama;
- jumlah mol kedua sisi sama;
- reaksi maju selesai sebelum reaksi balik dimulai;
- pereaksi dan produk berada di sisi wadah yang berbeda;
- kesetimbangan bergeser secara fisik;
- katalis menggeser kesetimbangan;
- penambahan pereaksi selalu membuat reaksi hanya bergerak ke kanan;
- nilai K berubah jika konsentrasi diubah;
- kesetimbangan hanya terjadi dalam sistem homogen.

Bahasa dan penyajian buku teks dapat memperkuat konsepsi alternatif kesetimbangan. Penelitian terhadap buku teks menemukan hubungan antara cara konsep kesetimbangan disajikan dan pola kesulitan peserta didik, termasuk penggunaan bahasa yang dapat ditafsirkan secara statis atau mekanis.

Strategi membangun dari prakonsepsi

Guru dapat memulai dari gagasan yang benar bahwa sifat makroskopik sistem tidak berubah. Gagasan tersebut kemudian diperluas:

1. komposisi makroskopik relatif tetap;
2. partikel tetap bereaksi;
3. reaksi maju dan balik berlangsung simultan;
4. lajunya sama;
5. konsentrasi tidak harus sama;
6. perubahan kondisi menghasilkan keadaan setimbang baru.

Dengan cara ini, guru tidak menghapus seluruh gagasan tentang “keadaan tetap”, tetapi membedakan keadaan makroskopik tetap dari dinamika submikroskopik.

1.5.19 Contoh Prakonsepsi dan Konsepsi Alternatif tentang Termokimia

Istilah panas, suhu, energi, dan ikatan digunakan dalam kehidupan sehari-hari dengan makna yang kurang presisi. Hal ini menghasilkan sejumlah konsepsi alternatif:

- panas dan suhu merupakan hal yang sama;

- benda bersuhu lebih tinggi selalu memiliki energi total lebih besar;
- kalor merupakan zat yang tersimpan;
- reaksi eksoterm tidak membutuhkan energi awal;
- reaksi endoterm tidak dapat berlangsung spontan;
- reaksi eksoterm selalu cepat;
- pemutusan ikatan melepaskan energi;
- katalis mengubah ΔH ;
- energi aktivasi sama dengan perubahan entalpi;
- sistem yang dingin tidak memiliki energi.

Prakonsepsi tertentu dapat digunakan secara produktif. Gagasan bahwa energi berpindah dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah dapat dikembangkan menuju kalor. Namun, konsep tersebut perlu dibedakan dari energi internal dan suhu.

Analisis prakonsepsi ikatan

Peserta didik mendengar bahwa bahan bakar “menyimpan energi dalam ikatan”. Ungkapan ini mudah menghasilkan konsepsi bahwa energi keluar ketika ikatan diputus. Pembelajaran perlu menunjukkan dua proses:

- pemutusan ikatan menyerap energi;
- pembentukan ikatan melepaskan energi.

Perubahan entalpi total ditentukan oleh selisih kedua kontribusi tersebut. Prakonsepsi tidak dapat diperbaiki hanya dengan menghafal tanda positif dan negatif; peserta didik perlu memahami profil energi sistem.

1.5.20 Konsepsi Alternatif yang Dibentuk oleh Pengajaran Formal

Salah satu temuan paling penting dalam pendidikan kimia adalah bahwa konsepsi alternatif tidak selalu dibawa dari kehidupan sehari-hari. Pengajaran formal dapat membentuk atau memperkuatnya.

A. Penyederhanaan tanpa batas

Pernyataan “oksidasi adalah pengikatan oksigen” berguna sebagai pengantar, tetapi dapat menjadi hambatan jika tidak diperluas.

B. Algoritma tanpa konsep

Metode silang muatan dapat menghasilkan rumus benar, tetapi peserta didik tidak memahami netralitas muatan.

C. Model sebagai realitas

Model bola-dan-tongkat dapat dianggap sebagai bentuk dan warna literal molekul.

D. Bahasa teleologis

Ungkapan “atom ingin mencapai oktet” dapat mengganti penjelasan berbasis energi.

E. Pemisahan topik

Ikatan, gaya antarmolekul, energi, dan sifat zat diajarkan terpisah sehingga peserta didik tidak membangun hubungan.

F. Soal yang terlalu rutin

Peserta didik belajar mengenali kata kunci, bukan memahami kondisi penggunaan rumus.

G. Representasi buku teks

Model ikatan yang tidak konsisten dan bahasa kesetimbangan yang ambigu dapat memperkuat interpretasi tidak ilmiah.

H. Asesmen

Penilaian yang hanya menuntut hasil hitungan dapat membuat peserta didik menganggap bahwa makna kimia tidak penting. Bahkan, penelitian menunjukkan bahwa bentuk ujian tertentu dapat ikut mempertahankan atau memperkuat kesulitan pada struktur dan ikatan apabila peserta didik diberi insentif untuk menggunakan prosedur sederhana tanpa penalaran konseptual.

Implikasinya, guru harus menanyakan bukan hanya “miskonsepsi apa yang dimiliki peserta didik?”, tetapi juga “bagian pembelajaran mana yang mungkin membentuk konsepsi tersebut?”

1.5.21 Peran Bahasa dalam Membentuk Konsepsi Alternatif

Bahasa kimia menggunakan istilah, metafora, dan simbol. Ketiganya dapat membantu sekaligus menyesatkan.

Contoh 1: “Elektron diberikan”

Istilah ini dapat dipahami seolah-olah satu atom secara sukarela menyerahkan elektron kepada atom lain. Dalam sistem ionik nyata, proses pembentukan dan kestabilan melibatkan keseluruhan perubahan energi, bukan kehendak atom.

Contoh 2: “Keseimbangan bergeser”

Ungkapan ini berguna sebagai singkatan, tetapi peserta didik dapat membayangkan keseimbangan sebagai benda yang berpindah.

Contoh 3: “Asam menyerang logam”

Bahasa ini memberikan agen dan kehendak kepada asam. Penjelasan ilmiah perlu merujuk pada reaksi partikel dan transfer elektron.

Contoh 4: “Larutan jenuh sudah penuh”

Metafora ruang dapat menghilangkan gagasan keseimbangan dinamis antara pelarutan dan pengendapan.

Contoh 5: “Ikatan kuat”

Peserta didik dapat menghubungkannya langsung dengan titik didih tinggi tanpa membedakan ikatan intrapartikel dan gaya antarmolekul.

Guru tidak harus menghapus semua metafora. Metafora diperlukan untuk membicarakan konsep yang tidak terlihat. Namun, setiap metafora perlu disertai tiga penjelasan:

1. aspek apa yang sesuai;
2. aspek apa yang tidak sesuai;
3. kapan metafora tidak boleh digunakan.

1.5.22 Dimensi Sosial dan Budaya Konsepsi Alternatif

Konsepsi tidak hanya terbentuk dalam pikiran individual. Bahasa, budaya kelas, keluarga, media, dan masyarakat menyediakan cara tertentu untuk membicarakan fenomena.

Istilah “bahan kimia” dalam masyarakat sering digunakan untuk menyebut bahan sintetis, beracun, atau berbahaya. Prakonsepsi ini dapat membuat peserta didik memisahkan “bahan alami” dari “bahan kimia”, seolah-olah air, gula, protein, dan vitamin bukan zat kimia.

Istilah “organik” dapat dimaknai sebagai sehat, alami, atau bebas bahan kimia. Dalam kimia, istilah organik merujuk pada kelompok senyawa karbon dengan ruang lingkup dan pengecualian tertentu.

Media juga dapat menyederhanakan hubungan sebab-akibat, misalnya:

- “zat ini membakar lemak”;
- “produk ini menetralkan racun”;
- “air alkali menyeimbangkan tubuh”;

- “bahan alami tidak memiliki efek kimia.”

Gagasan tersebut dapat masuk ke kelas dan berinteraksi dengan konsep asam-basa, reaksi, kesetimbangan, serta metabolisme.

Konteks sosial penting dalam diagnosis. Peserta didik mungkin menggunakan bahasa ilmiah ketika menjawab soal, tetapi memakai kerangka populer ketika menilai klaim produk. Pendidikan kimia perlu melatih transfer konsep ke konteks kehidupan nyata dan literasi informasi.

1.5.23 Cara Mendiagnosis Prakonsepsi

Diagnosis prakonsepsi dilakukan sebelum konsep diajarkan secara mendalam. Tujuannya bukan memberi nilai, melainkan memetakan titik awal.

Metode yang dapat digunakan meliputi:

1. Pertanyaan terbuka

Contoh:

“Ke mana perginya gula setelah larut?”

Pertanyaan ini memungkinkan peserta didik menggunakan bahasanya sendiri.

2. Prediksi

Contoh:

“Apa yang terjadi pada massa sistem tertutup setelah tablet bereaksi menghasilkan gas?”

Prediksi mengungkap penggunaan hukum kekekalan massa.

3. Gambar partikel

Peserta didik diminta menggambar keadaan sebelum dan sesudah perubahan.

4. Perbandingan kasus

Contoh:

- es mencair;
- gula larut;
- kayu terbakar.

Peserta didik diminta menentukan persamaan dan perbedaannya.

5. Demonstrasi tanpa penjelasan awal

Peserta didik mengamati fenomena dan menuliskan penjelasan.

6. Peta konsep

Digunakan untuk melihat hubungan antara istilah.

7. Wawancara singkat

Guru meminta klarifikasi terhadap jawaban yang ambigu.

8. Tes diagnostik bertingkat

Jawaban dipadukan dengan alasan dan, bila diperlukan, keyakinan.

Instrumen gambar memiliki nilai penting karena peserta didik dapat menghafal istilah partikulat tetapi tetap menggunakan model kontinu. Penelitian pengembangan alat gambar terbuka menekankan perlunya diagnosis yang dapat mengungkap kedalaman pemahaman terhadap sifat partikulat materi.

1.5.24 Cara Mendiagnosis Konsepsi Alternatif setelah Pembelajaran

Setelah pembelajaran, diagnosis perlu menentukan apakah konsep ilmiah telah menggantikan, memperluas, atau hanya hidup berdampingan dengan konsepsi sebelumnya.

Guru dapat menggunakan desain berikut.

Tahap 1: Soal familiar

Peserta didik mengerjakan kasus yang mirip dengan pembelajaran.

Tahap 2: Variasi representasi

Konsep ditampilkan dalam bentuk gambar, grafik, persamaan, atau fenomena.

Tahap 3: Konteks baru

Peserta didik menerapkan konsep pada situasi yang belum dilatihkan.

Tahap 4: Alasan

Peserta didik menjelaskan hubungan sebab-akibat.

Tahap 5: Keyakinan

Peserta didik menyatakan tingkat keyakinan.

Tahap 6: Pemeriksaan tertunda

Konsep diuji kembali setelah jeda waktu.

Jika peserta didik hanya berhasil pada soal familiar, konsep mungkin belum terintegrasi. Jika ia mampu menjelaskan lintas representasi dan konteks, pemahaman lebih stabil.

1.5.25 Strategi Menggunakan Prakonsepsi sebagai Titik Awal

Prakonsepsi dapat digunakan dalam pembelajaran melalui alur berikut.

1. Elisitasi

Guru memunculkan gagasan awal tanpa langsung memberikan penilaian.

2. Klarifikasi

Peserta didik menjelaskan maksud, alasan, dan representasinya.

3. Pengelompokan

Kelas mengidentifikasi berbagai pola penjelasan.

4. Prediksi

Setiap konsepsi digunakan untuk memprediksi hasil fenomena.

5. Pengujian

Prediksi dibandingkan dengan eksperimen, data, simulasi, atau argumen.

6. Evaluasi

Peserta didik menilai konsepsi mana yang mampu menjelaskan bukti.

7. Rekonstruksi

Konsep ilmiah dibangun dengan mempertahankan unsur produktif dan merevisi hubungan yang salah.

8. Aplikasi

Konsep digunakan pada konteks baru.

9. Refleksi

Peserta didik membandingkan pemahaman awal dan akhir.

Hewson dan Hewson menunjukkan bahwa pembelajaran yang menangani konsepsi awal secara eksplisit lebih efektif daripada strategi tradisional dalam mendukung penguasaan konsepsi ilmiah pada konsep yang diteliti.

Namun, elisitasi saja tidak cukup. Guru harus menggunakan hasil diagnosis untuk mengubah desain pembelajaran. Menanyakan pendapat peserta didik lalu mengabaikannya tidak menghasilkan pembelajaran konstruktif.

1.5.26 Strategi Diferensiasi, Perluasan, dan Rekonstruksi

Tidak semua prakonsepsi membutuhkan perlakuan yang sama.

A. Perluasan

Digunakan ketika gagasan awal benar tetapi belum lengkap.

Contoh:

“Katalis mempercepat reaksi.”

Guru memperluasnya dengan jalur alternatif, energi aktivasi, regenerasi, dan pengaruh terhadap reaksi maju-balik.

B. Diferensiasi

Digunakan ketika dua konsep dicampur.

Contoh:

- kekuatan asam dan konsentrasi;
- kalor dan suhu;
- ikatan dan gaya antarmolekul;
- reaksi cepat dan reaksi spontan;
- atom dan unsur;
- molekul dan senyawa.

C. Pembatasan

Digunakan ketika aturan benar hanya pada konteks tertentu.

Contoh:

“Oksidasi melibatkan oksigen.”

Guru menjelaskan bahwa hal tersebut merupakan kasus khusus dari konsep yang lebih luas.

D. Rekonstruksi

Digunakan ketika hubungan dasar salah.

Contoh:

“Pemutusan ikatan melepaskan energi.”

Peserta didik perlu membangun ulang hubungan antara energi potensial, pemutusan, pembentukan ikatan, dan ΔH .

E. Penggantian kategori

Digunakan ketika konsep ditempatkan pada kategori ontologis yang salah.

Contoh:

“Kalor adalah zat.”

Kalor perlu dipahami sebagai energi yang berpindah karena perbedaan suhu.

F. Pengaturan konteks

Digunakan ketika intuisi produktif diterapkan secara berlebihan.

Contoh:

“Lebih banyak tumbukan berarti lebih cepat.”

Guru membantu menentukan kondisi kapan pernyataan tersebut berlaku dan variabel apa yang harus dikendalikan.

1.5.27 Contoh Rancangan Pembelajaran: Asam Kuat dan Asam Pekat

Tahap elisitasi

Peserta didik diberi empat larutan:

1. HCl 1,0 M;
2. HCl 0,001 M;
3. CH₃COOH 1,0 M;
4. CH₃COOH 0,001 M.

Mereka diminta mengurutkan berdasarkan:

- konsentrasi;
- kekuatan asam;
- perkiraan pH;
- jumlah molekul yang terionisasi.

Prakonsepsi yang mungkin muncul

- larutan berkonsentrasi tinggi selalu lebih kuat;
- HCl encer menjadi asam lemah;

- asam lemah tidak menghasilkan ion;
- pH hanya ditentukan oleh nama asam;
- persentase ionisasi dan konsentrasi ion dianggap sama.

Rekonstruksi

Guru membedakan empat variabel:

Variabel	Makna
Konsentrasi awal	Jumlah zat per volume larutan
Kekuatan asam	Kecenderungan ionisasi atau donor proton
Derajat ionisasi	Fraksi spesies yang terionisasi
Konsentrasi H_3O^+	Salah satu penentu pH dalam pendekatan pembelajaran

Model partikel digunakan untuk menunjukkan bahwa HCl encer dapat terionisasi hampir sempurna tetapi menghasilkan konsentrasi ion lebih rendah daripada HCl pekat. CH_3COOH pekat dapat mempunyai jumlah total molekul besar, tetapi hanya sebagian terionisasi.

Evaluasi transfer

Peserta didik diminta membandingkan asam lain tanpa menggunakan HCl dan CH_3COOH . Tujuannya memastikan bahwa konsep tidak terikat pada contoh yang dihafalkan.

1.5.28 Contoh Rancangan Pembelajaran: Pemuaian Zat

Prakonsepsi

“Benda memuai karena atom-atomnya membesar.”

Elisitasi

Peserta didik menggambar susunan partikel logam sebelum dan sesudah dipanaskan.

Prediksi konsepsi awal

Jika atom membesar, ukuran setiap partikel meningkat.

Pertanyaan kritis

- Apakah jenis atom berubah?
- Apakah jumlah proton atau elektron berubah?
- Apa yang terjadi ketika logam didinginkan?
- Apakah ukuran atom kembali mengecil?
- Bagaimana energi dan gerak partikel berubah?

Rekonstruksi

Pemuaian dijelaskan terutama melalui perubahan jarak rata-rata dan amplitudo getaran partikel, bukan perubahan identitas atom.

Transfer

Peserta didik membandingkan pemuaian padatan, cairan, dan gas serta menghindari penggunaan satu gambar yang sama tanpa mempertimbangkan struktur setiap fase.

1.5.29 Analisis Kritis terhadap Istilah “Alternatif”

Istilah konsepsi alternatif mempunyai nilai pedagogis, tetapi perlu digunakan secara kritis.

Kekuatan istilah

1. menghargai struktur pemikiran peserta didik;
2. mengurangi stigma;
3. mendorong eksplorasi alasan;
4. sesuai dengan pandangan konstruktivis;
5. membuka kemungkinan adanya unsur produktif;
6. mengakui ketergantungan konteks.

Keterbatasan istilah

1. dapat terdengar terlalu netral;
2. dapat mengaburkan perbedaan epistemik;
3. dapat digunakan untuk konsepsi yang sebenarnya jelas salah;
4. tidak menunjukkan tingkat keyakinan;
5. tidak menunjukkan stabilitas;
6. tidak menjelaskan sumber konsepsi;
7. tidak membedakan gagasan lokal dan kerangka luas.

Karena itu, istilah sebaiknya disertai deskripsi spesifik.

Daripada hanya menulis:

“Peserta didik memiliki konsepsi alternatif tentang katalis,”

lebih informatif menulis:

“Peserta didik menganggap katalis meningkatkan jumlah produk kesetimbangan karena mempercepat reaksi maju, sedangkan pengaruh yang sama terhadap reaksi balik tidak dipertimbangkan.”

Deskripsi tersebut menunjukkan:

- hubungan yang salah;
- mekanisme penalaran;
- konsep yang diabaikan;
- arah intervensi.

1.5.30 Analisis Kritis terhadap Pandangan Penggantian Konsep

Model perubahan konseptual awal sering digambarkan sebagai penggantian konsepsi lama dengan konsep ilmiah. Gambaran ini berguna, tetapi tidak selalu menjelaskan seluruh proses belajar.

Beberapa kemungkinan perubahan meliputi:

1. **penambahan**, ketika informasi baru sesuai dengan pengetahuan lama;
2. **perluasan**, ketika konsep lama benar tetapi terbatas;
3. **diferensiasi**, ketika satu konsep dibagi menjadi beberapa konsep;
4. **integrasi**, ketika gagasan terpisah dihubungkan;
5. **rekonstruksi**, ketika hubungan dasar diubah;
6. **perubahan kategori**, ketika status ontologis konsep direvisi;
7. **pengaturan konteks**, ketika peserta didik belajar kapan menggunakan suatu intuisi;
8. **koeksistensi**, ketika konsep ilmiah dan konsepsi lama tetap tersedia.

Vosniadou menunjukkan bahwa perubahan dapat menghasilkan model sintetik, sedangkan Smith dan koleganya menekankan peran produktif pengetahuan awal. Pendekatan multiperspektif kemudian melihat perubahan konseptual sebagai proses yang tidak selalu linear atau seketika.

Dalam kimia, peserta didik mungkin tidak sepenuhnya menghapus model Bohr. Ia perlu belajar bahwa model tersebut berguna untuk tujuan tertentu tetapi tidak boleh digunakan sebagai gambaran literal teori kuantum. Perubahan yang diharapkan adalah kemampuan memilih model secara sadar berdasarkan tujuan, bukan sekadar mengganti satu gambar dengan gambar lain.

1.5.31 Implikasi bagi Guru Kimia

Pemahaman tentang prakonsepsi dan konsepsi alternatif menghasilkan beberapa tuntutan profesional.

1. Guru harus mengetahui konsep target secara mendalam

Tanpa penguasaan konsep, guru sulit membedakan bahasa sederhana, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi.

2. Guru perlu memetakan konsepsi yang umum

Literatur memberikan daftar kemungkinan, tetapi tidak menggantikan diagnosis kelas.

3. Guru harus mengembangkan pertanyaan diagnostik

Pertanyaan perlu mengungkap alasan dan model, bukan hanya definisi.

4. Guru perlu menerima jawaban awal tanpa langsung mempermalukan

Lingkungan aman membuat peserta didik berani menyatakan pemikirannya.

5. Guru harus menggunakan respons peserta didik

Hasil diagnosis perlu memengaruhi urutan materi, contoh, praktikum, dan media.

6. Guru perlu memeriksa bahasanya sendiri

Metafora dan penyederhanaan harus diberi batas.

7. Guru perlu menghubungkan representasi

Fenomena makroskopik harus dihubungkan dengan model partikel dan simbol.

8. Guru harus membedakan jenis perubahan yang diperlukan

Tidak semua konsepsi membutuhkan konflik kognitif. Sebagian hanya perlu diperluas atau didiferensiasi.

9. Guru perlu menilai retensi dan transfer

Konsep ilmiah dapat hanya aktif pada konteks yang telah dilatihkan.

10. Guru harus reflektif terhadap sumber miskonsepsi

Kesalahan mungkin berasal dari buku, media, asesmen, atau penjelasan guru sendiri.

Taber menegaskan adanya kebutuhan untuk menjembatani penelitian konsepsi peserta didik dengan praktik kelas. Guru memerlukan akses terhadap temuan penelitian dan kemampuan menerjemahkannya menjadi keputusan pembelajaran.

1.5.32 Implikasi bagi Kurikulum dan Bahan Ajar

Kurikulum sebaiknya tidak hanya menetapkan daftar konsep, tetapi juga memetakan:

- prasyarat;
- prakonsepsi yang mungkin muncul;
- konsepsi alternatif umum;
- perkembangan konsep;
- batas model;
- representasi yang diperlukan;
- pengalaman belajar;
- bukti pemahaman.

Bahan ajar yang baik perlu menyediakan:

1. pertanyaan awal;
2. contoh dan noncontoh;
3. model partikel;
4. perbandingan beberapa representasi;
5. penjelasan keterbatasan model;
6. kasus yang menantang generalisasi;
7. ruang refleksi;
8. soal alasan;
9. aplikasi konteks baru;
10. pemeriksaan kesalahan umum.

Urutan kurikulum juga penting. Konsep ikatan tidak seharusnya diajarkan hanya sebagai klasifikasi ionik dan kovalen tanpa fondasi energi, gaya elektrostatik, serta distribusi elektron. Penelitian berbasis pendidikan kimia menunjukkan bahwa urutan dan representasi pembelajaran ikatan dapat berkontribusi terhadap kesulitan konseptual peserta didik.

1.5.33 Implikasi bagi Penelitian

Penelitian mengenai prakonsepsi dan konsepsi alternatif perlu memperhatikan beberapa prinsip.

A. Definisikan istilah

Peneliti harus menjelaskan apakah yang dimaksud prakonsepsi, konsepsi alternatif, atau miskonsepsi.

B. Jangan menyimpulkan dari satu jawaban

Gunakan beberapa butir, alasan, wawancara, atau representasi.

C. Jelaskan konsep ilmiah acuan

Status alternatif hanya dapat ditentukan terhadap konsep target yang jelas.

D. Periksa konteks

Konsepsi dapat berubah menurut bentuk soal.

E. Periksa tingkat organisasi

Bedakan gagasan lokal dari kerangka yang luas.

F. Periksa keyakinan

Keyakinan membantu membedakan ketidaktahuan dan konsepsi yang lebih kuat.

G. Gunakan bahasa inferensial

Pernyataan “respons menunjukkan indikasi konsepsi...” lebih tepat daripada memberi label absolut.

H. Telusuri sumber

Konsepsi dapat berasal dari pengalaman, pembelajaran, buku, atau media.

I. Evaluasi perubahan secara longitudinal

Perubahan pada postes langsung belum membuktikan retensi.

J. Hubungkan diagnosis dengan intervensi

Inventarisasi konsepsi tanpa rekomendasi pembelajaran memiliki manfaat praktis terbatas.

Penelitian kimia telah menghasilkan literatur luas mengenai konsepsi alternatif, tetapi Taber mengingatkan adanya kesenjangan antara penelitian dan praktik. Agenda berikutnya tidak hanya menemukan daftar konsepsi baru, tetapi juga mengembangkan strategi yang dapat digunakan guru secara realistis.

1.5.34 Matriks Interpretasi Gagasan Awal

Guru dapat menggunakan matriks berikut untuk menentukan tindakan.

Kondisi gagasan	Contoh	Interpretasi	Tindakan
Benar dan cukup lengkap	Katalis menurunkan energi aktivasi melalui jalur alternatif	Konsepsi ilmiah	Pengayaan dan transfer
Benar tetapi terbatas	Oksidasi melibatkan oksigen	Prakonsepsi terbatas	Perluasan
Benar tetapi belum lengkap	Katalis mempercepat reaksi	Pengetahuan parsial	Elaborasi
Mengandung unsur benar dan salah	Partikel membesar dan bergerak lebih cepat ketika dipanaskan	Model sintetik	Pertahankan unsur produktif, revisi unsur salah
Salah tetapi berkeyakinan rendah	Gas mungkin tidak bermassa	Konsepsi tentatif	Eksperimen dan klarifikasi
Salah, konsisten, berkeyakinan tinggi	Pemutusan ikatan melepaskan energi	Miskonsepsi kuat	Rekonstruksi konseptual
Berubah menurut konteks	Asam kuat dibedakan dari pekat pada soal, tetapi disamakan dalam percakapan	Konsepsi hibrida	Latihan lintas konteks
Jawaban benar, alasan salah	Katalis tidak mengubah K karena katalis habis	Miskonsepsi tersembunyi	Diagnosis alasan

Matriks tersebut menunjukkan bahwa respons pembelajaran tidak dapat diseragamkan.

1.5.35 Sintesis

Prakonsepsi adalah pemahaman yang telah dimiliki peserta didik sebelum pembelajaran formal mengenai suatu konsep. Prakonsepsi tidak selalu salah. Gagasan tersebut dapat benar, terbatas, parsial, produktif, atau bertentangan dengan konsep ilmiah.

Konsepsi alternatif adalah pemahaman yang berbeda sebagian atau seluruhnya dari konsepsi ilmiah yang ditargetkan. Konsepsi alternatif dapat terbentuk sebelum, selama, maupun setelah pembelajaran. Ia dapat berasal dari pengalaman, bahasa, intuisi, budaya, gambar, model, buku teks, prosedur, dan asesmen.

Hubungan utama ketiga istilah dapat dirumuskan sebagai berikut:

- **prakonsepsi** menekankan kapan gagasan telah dimiliki;
- **konsepsi alternatif** menekankan perbedaannya dari konsep ilmiah;
- **miskonsepsi** menekankan ketidaktepatan dan tingkat keteraturan atau keyakinannya.

Konsepsi peserta didik tidak selalu harus diganti secara total. Perubahan dapat berupa perluasan, diferensiasi, integrasi, pembatasan, rekonstruksi, perubahan kategori, atau

pengaturan konteks penggunaan. Pendekatan yang paling tepat bergantung pada struktur gagasan awal.

Guru perlu menghindari dua ekstrem. Ekstrem pertama adalah menganggap seluruh gagasan awal sebagai kesalahan yang harus dihapus. Ekstrem kedua adalah menganggap semua konsepsi sebagai alternatif yang sama-sama benar. Pendekatan ilmiah yang seimbang menghargai proses berpikir peserta didik sekaligus mempertahankan standar bukti, koherensi, dan daya prediksi konsep kimia.

Analisis prakonsepsi dan konsepsi alternatif juga menunjukkan bahwa jawaban saja belum cukup. Peserta didik dapat memberikan jawaban yang sama dengan tingkat keyakinan dan struktur alasan yang berbeda. Karena itu, pembahasan selanjutnya akan mengkaji tingkat keyakinan terhadap konsep serta perannya dalam membedakan pemahaman ilmiah, ketidaktahuan, pengetahuan tidak stabil, dan miskonsepsi yang kuat.

1.6 Tingkat Keyakinan terhadap Konsep

1.6.1 Keyakinan sebagai Dimensi Penting Pemahaman Konseptual

Penilaian pembelajaran kimia secara tradisional banyak bertumpu pada ketepatan jawaban. Peserta didik yang memilih atau menghasilkan jawaban benar dipandang telah memahami konsep, sedangkan peserta didik yang menjawab salah dianggap belum menguasai materi. Pendekatan tersebut berguna untuk menentukan pencapaian akademik, tetapi belum cukup untuk mengungkap keadaan konseptual peserta didik.

Dua peserta didik dapat memberikan jawaban salah yang sama dengan tingkat keyakinan yang sangat berbeda. Peserta didik pertama mungkin menjawab secara acak karena tidak mengetahui konsep yang diuji. Peserta didik kedua dapat memberikan jawaban yang sama dengan keyakinan tinggi karena mempunyai penjelasan alternatif yang dianggap benar. Dari sisi skor, keduanya sama-sama memperoleh nilai nol. Namun, dari sisi diagnosis dan remediasi, keduanya memerlukan tindakan pembelajaran yang berbeda.

Perbedaan serupa juga terdapat pada jawaban benar. Peserta didik dapat memilih jawaban benar karena memahami konsep, menebak, mengenali pola soal, mengeliminasi pilihan, mengikuti prosedur hafalan, atau memperoleh hasil yang benar melalui alasan yang salah. Oleh karena itu, jawaban benar belum tentu menunjukkan pemahaman yang kuat apabila tidak disertai alasan yang benar, konsistensi lintas konteks, dan keyakinan yang terkalibrasi.

Tingkat keyakinan memberikan dimensi tambahan untuk menilai keadaan pemahaman peserta didik. Dalam konteks diagnosis miskonsepsi, keyakinan menunjukkan seberapa jauh peserta didik mempercayai bahwa jawaban, alasan, atau model yang digunakannya benar. Keyakinan bukan ukuran langsung kebenaran, tetapi dapat memberikan informasi mengenai stabilitas, kekuatan subjektif, dan komitmen terhadap suatu konsepsi.

Hasan, Bagayoko, dan Kelley mengembangkan penggunaan *Certainty of Response Index* untuk membedakan respons salah yang kemungkinan muncul akibat menebak atau tidak

mengetahui konsep dari respons salah yang diberikan dengan keyakinan tinggi. Pendekatan tersebut berangkat dari gagasan bahwa miskonsepsi umumnya tidak hanya menghasilkan jawaban salah, tetapi juga dapat disertai kepercayaan bahwa jawaban tersebut benar.

Namun, keyakinan harus digunakan secara hati-hati. Peserta didik dapat merasa yakin karena jawabannya terasa mudah, istilah yang digunakan familiar, prosedurnya pernah dilatihkan, atau bentuk soal mirip dengan contoh sebelumnya. Keyakinan semacam itu belum tentu berasal dari penguasaan konsep. Penelitian kualitatif dalam asesmen kimia menunjukkan bahwa peserta didik mendasarkan penilaian keyakinannya pada berbagai petunjuk, termasuk kefasihan memproses soal, pengalaman belajar sebelumnya, kepercayaan diri umum, dan strategi mengerjakan tes. Sebagian petunjuk tersebut dapat menimbulkan kesan menguasai materi meskipun alasan kimianya tidak memadai.

Dengan demikian, tingkat keyakinan tidak boleh digunakan sebagai label tunggal. Keyakinan perlu dianalisis bersama:

1. ketepatan jawaban;
2. ketepatan alasan;
3. konsistensi respons;
4. bentuk representasi;
5. kemampuan menerapkan konsep;
6. konteks soal;
7. perubahan respons setelah umpan balik;
8. pola jawaban pada beberapa butir.

1.6.2 Definisi Tingkat Keyakinan terhadap Konsep

Dalam buku ini, **tingkat keyakinan terhadap konsep** didefinisikan sebagai:

Derajat kepastian subjektif peserta didik bahwa jawaban, alasan, representasi, atau penjelasan konseptual yang digunakannya sesuai dan benar untuk menyelesaikan suatu tugas tertentu.

Definisi tersebut mengandung beberapa batasan penting.

Pertama, keyakinan bersifat **subjektif**. Nilai keyakinan menunjukkan persepsi peserta didik terhadap kualitas jawabannya, bukan ukuran langsung ketepatan ilmiah.

Kedua, keyakinan bersifat **spesifik terhadap respons dan konteks**. Peserta didik dapat sangat yakin ketika menjawab soal definisi, tetapi ragu ketika konsep yang sama ditampilkan dalam grafik atau representasi partikel.

Ketiga, keyakinan dapat diarahkan kepada unsur yang berbeda. Peserta didik dapat yakin terhadap:

- pilihan jawabannya;
- alasan yang digunakan;
- langkah perhitungan;
- interpretasi grafik;
- gambar partikel;
- hasil akhir;
- kemampuan menjelaskan konsep secara umum.

Keempat, keyakinan dapat berubah setelah peserta didik:

- membaca ulang soal;
- menemukan informasi tambahan;
- membandingkan jawaban dengan teman;
- menerima umpan balik;
- melakukan eksperimen;
- menyadari adanya kontradiksi;
- mengingat kembali aturan yang pernah dipelajari.

Kelima, keyakinan tidak selalu identik dengan komitmen konseptual jangka panjang. Seorang peserta didik dapat yakin pada saat tes, tetapi mudah mengubah jawabannya setelah diberi pertanyaan lanjutan. Sebaliknya, peserta didik lain dapat mempertahankan penjelasan yang sama setelah diberikan bukti yang bertentangan. Kasus kedua menunjukkan konsepsi yang lebih kuat.

1.6.3 Keyakinan, Kepastian, dan Kepercayaan Diri

Istilah *confidence*, *certainty*, keyakinan, kepastian, dan kepercayaan diri sering digunakan secara bergantian, tetapi dapat merujuk pada konstruk yang berbeda.

A. Keyakinan terhadap jawaban

Keyakinan terhadap jawaban adalah perkiraan peserta didik mengenai kemungkinan bahwa jawaban tertentu benar.

Contoh:

“Saya 90% yakin bahwa katalis tidak mengubah nilai tetapan kesetimbangan.”

Pernyataan ini spesifik terhadap satu jawaban.

B. Keyakinan terhadap alasan

Peserta didik dapat yakin bahwa alasan yang digunakan mendukung jawabannya.

Contoh:

“Saya yakin karena katalis menurunkan energi aktivasi reaksi maju dan balik.”

Dalam asesmen empat tingkat, keyakinan terhadap jawaban dan keyakinan terhadap alasan dapat diukur secara terpisah. Pemisahan ini berguna karena peserta didik mungkin yakin pada pilihan jawaban, tetapi ragu terhadap penjelasannya.

C. Kepercayaan diri umum

Kepercayaan diri umum berkaitan dengan persepsi peserta didik terhadap dirinya sebagai pembelajar kimia.

Contoh:

“Saya biasanya mampu mengerjakan soal kimia.”

Kepercayaan diri umum dapat memengaruhi respons, tetapi tidak sama dengan keyakinan bahwa satu jawaban tertentu benar.

D. Efikasi diri

Efikasi diri adalah keyakinan seseorang bahwa ia mampu melakukan tugas tertentu pada masa yang akan datang. Efikasi diri berorientasi pada kemampuan melaksanakan suatu kegiatan, sedangkan penilaian keyakinan setelah menjawab soal merupakan hasil pemantauan terhadap kinerja yang baru saja dilakukan.

Penelitian metakognitif dalam kimia membedakan efikasi diri dari penilaian keyakinan setelah tugas. Efikasi diri berkaitan dengan harapan mampu melakukan tugas, sedangkan keyakinan pascatugas menunjukkan evaluasi peserta didik terhadap ketepatan respons yang sudah diberikan.

E. Kepastian epistemik

Kepastian epistemik merujuk pada seberapa kuat seseorang menganggap suatu pengetahuan telah terbukti atau tidak dapat diragukan. Peserta didik dapat menganggap aturan oktet sebagai hukum mutlak, bukan model dengan ruang lingkup tertentu.

Pembedaan istilah ini penting karena intervensi yang dibutuhkan berbeda. Peserta didik yang memiliki efikasi diri rendah tetapi pemahaman benar memerlukan penguatan yang berbeda dari peserta didik yang memiliki pemahaman salah dan keyakinan sangat tinggi.

1.6.4 Hubungan Keyakinan dengan Metakognisi

Keyakinan terhadap jawaban merupakan bagian dari **pemantauan metakognitif**. Metakognisi secara umum berkaitan dengan pengetahuan dan kesadaran seseorang terhadap proses berpikirnya sendiri serta kemampuan mengatur proses tersebut. Dalam pembelajaran, peserta didik tidak hanya perlu mengetahui konsep, tetapi juga perlu mengetahui apakah ia benar-benar memahami konsep tersebut.

Kajian metakognisi berkembang dari penelitian mengenai perasaan mengetahui, penilaian belajar, pemantauan ingatan, dan regulasi belajar. Kerangka Nelson dan Narens membedakan proses pemantauan dan pengendalian. Pemantauan menghasilkan informasi mengenai keadaan pengetahuan, sedangkan pengendalian mencakup keputusan untuk belajar kembali, mengganti strategi, memeriksa jawaban, atau mengalokasikan waktu lebih banyak. Tradisi tersebut berakar pada penelitian psikologi kognitif dan perkembangan sejak dekade 1960-an dan 1970-an.

Dalam pembelajaran kimia, proses pemantauan dapat berbentuk pertanyaan internal:

- Apakah saya memahami perbedaan atom dan ion?
- Apakah rumus yang saya gunakan sesuai dengan kondisi soal?
- Apakah hasil pH ini masuk akal?
- Apakah koefisien persamaan reaksi telah setara?
- Apakah gambar partikel saya konsisten dengan persamaan?
- Apakah penjelasan saya berlaku untuk semua kasus?
- Apakah saya yakin atau hanya mengenali pola?

Hasil pemantauan seharusnya memengaruhi pengendalian. Peserta didik yang menyadari bahwa ia belum memahami konsep dapat:

- membaca kembali materi;
- meminta penjelasan;
- mencoba contoh lain;
- memeriksa satuan;
- menggambar model;
- membandingkan beberapa strategi;
- menunda memberikan kesimpulan.

Masalah muncul ketika pemantauan tidak akurat. Peserta didik dapat merasa telah memahami padahal konsepsinya salah. Kondisi ini disebut **miskalibrasi metakognitif**. Apabila

peserta didik sangat yakin terhadap jawaban yang salah, ia mungkin tidak merasa perlu belajar kembali atau meminta bantuan.

Penelitian pada pembelajaran stoikiometri menunjukkan bahwa sebagian peserta didik menilai penguasaan dirinya jauh lebih tinggi daripada kinerja aktual, baik sebelum maupun setelah pembelajaran. Peningkatan skor tidak selalu diikuti peningkatan akurasi pemantauan. Hal ini menunjukkan bahwa mengajarkan konten belum tentu otomatis mengembangkan kemampuan peserta didik mengevaluasi kualitas pemahamannya.

1.6.5 Latar Historis Penggunaan Keyakinan dalam Diagnosis

Tes diagnostik awal dalam pendidikan sains umumnya berfokus pada pilihan jawaban dan alasan. Treagust mengembangkan prosedur sistematis untuk membangun tes diagnostik dua tingkat. Tingkat pertama meminta peserta didik memilih jawaban, sedangkan tingkat kedua meminta alasan yang mendukung pilihan tersebut. Distraktor disusun dari konsepsi alternatif yang ditemukan melalui wawancara, jawaban terbuka, literatur, dan pengalaman guru.

Tes dua tingkat meningkatkan kedalaman diagnosis karena jawaban benar dengan alasan salah dapat dibedakan dari jawaban benar dengan alasan benar. Namun, format tersebut masih belum membedakan peserta didik yang menebak dari peserta didik yang benar-benar yakin.

Hasan, Bagayoko, dan Kelley pada 1999 memperkenalkan penggunaan *Certainty of Response Index* atau CRI bersama soal pilihan ganda. Peserta didik diminta menunjukkan tingkat kepastian terhadap jawabannya pada skala enam tingkat dari 0 sampai 5. Dalam interpretasi awal mereka, skor rendah menunjukkan kemungkinan jawaban berdasarkan tebakan atau pengetahuan yang lemah, sedangkan jawaban salah dengan skor keyakinan tinggi menunjukkan kemungkinan adanya miskonsepsi.

Perkembangan berikutnya menghasilkan tes diagnostik tiga tingkat dan empat tingkat. Dalam salah satu susunan tes tiga tingkat, peserta didik memilih jawaban, memilih alasan, kemudian menyatakan keyakinan terhadap kombinasi jawaban dan alasan. Pada format empat tingkat, keyakinan terhadap jawaban dan keyakinan terhadap alasan diukur secara terpisah.

Penelitian kimia telah menerapkan format bertingkat pada topik asam-basa, kinetika reaksi, energi ionisasi, redoks, stoikiometri, dan konsep lainnya. Studi asam-basa pada peserta didik kelas 9 menunjukkan bahwa instrumen empat tingkat dapat mengidentifikasi konsepsi alternatif dengan kekuatan yang berbeda berdasarkan pola jawaban, alasan, dan keyakinan.

Pada kinetika reaksi, instrumen empat tingkat mengungkap berbagai konsepsi alternatif, termasuk banyak pola yang muncul ketika peserta didik menafsirkan grafik. Penggunaan ukuran keyakinan membantu peneliti membedakan respons yang kemungkinan tentatif dari konsepsi yang lebih kuat.

Dalam pengembangan instrumen energi ionisasi berbasis web, penggunaan CRI dan tingkat keyakinan dipandang berguna untuk membantu membedakan kemungkinan kurangnya pengetahuan dari konsepsi alternatif. Namun, hasil tes diagnostik tetap disarankan menjadi dasar dialog dan tindak lanjut kelas, bukan diperlakukan sebagai diagnosis final yang berdiri sendiri.

1.6.6 Jenis-Jenis Penilaian Metakognitif

Penilaian keyakinan dapat dilakukan pada tahap yang berbeda.

A. Ease-of-learning judgment

Penilaian ini dilakukan sebelum peserta didik mempelajari materi secara mendalam. Peserta didik memperkirakan apakah suatu topik akan mudah atau sulit dipelajari.

Contoh:

“Menurut saya, topik stoikiometri akan mudah karena hanya menggunakan perbandingan.”

Penilaian tersebut dapat keliru apabila peserta didik belum menyadari kompleksitas konsep mol, pereaksi pembatas, dan representasi kimia.

B. Judgment of learning

Penilaian ini dilakukan selama atau setelah proses belajar, sebelum ujian akhir.

Contoh:

“Setelah membaca materi, saya yakin sudah memahami larutan penyangga.”

Penilaian belajar sering dipengaruhi oleh kefasihan membaca. Materi yang terasa mudah dibaca dapat menimbulkan ilusi bahwa konsep telah dikuasai.

C. Feeling of knowing

Perasaan mengetahui muncul ketika peserta didik belum dapat menghasilkan jawaban, tetapi merasa akan mengenali jawaban yang benar.

Contoh:

“Saya lupa rumusnya, tetapi saya yakin akan mengenalinya jika melihat pilihan jawaban.”

D. Penilaian keyakinan terhadap respons

Penilaian ini diberikan setelah peserta didik menjawab suatu soal.

Contoh:

“Saya 80% yakin bahwa jawaban ini benar.”

Jenis inilah yang paling banyak digunakan dalam tes diagnostik miskonsepsi.

E. Penilaian kinerja keseluruhan

Peserta didik memperkirakan nilai total sebelum atau setelah mengerjakan tes.

Contoh:

“Saya memperkirakan memperoleh nilai 85.”

Penilaian keseluruhan lebih mudah digunakan, tetapi kurang sensitif untuk mengetahui konsep mana yang disertai keyakinan salah.

Koriat menjelaskan bahwa penilaian belajar dibentuk melalui pemanfaatan berbagai petunjuk. Petunjuk tersebut dapat berasal dari sifat materi, kondisi belajar, dan pengalaman mental ketika mencoba mengingat atau memproses informasi. Karena tidak semua petunjuk mempunyai hubungan yang sama dengan kinerja aktual, penilaian keyakinan dapat mengalami bias.

1.6.7 Sumber Keyakinan Peserta Didik

Peserta didik tidak selalu menentukan keyakinan berdasarkan pemeriksaan konsep yang sistematis. Keyakinan dapat dibentuk oleh berbagai petunjuk.

A. Familiaritas istilah

Istilah yang pernah didengar dapat menimbulkan rasa mengetahui.

Contoh:

Peserta didik sering mendengar istilah “energi aktivasi”, sehingga merasa yakin memahami konsep tersebut meskipun menganggap energi aktivasi sama dengan ΔH .

B. Kefasihan pemrosesan

Soal yang mudah dibaca atau prosedur yang terasa lancar dapat meningkatkan keyakinan.

Contoh:

Peserta didik pernah mengerjakan banyak soal $M_1V_1 = M_2V_2$. Ketika melihat kata “pengenceran”, ia segera menggunakan rumus tersebut dan merasa yakin, tanpa memeriksa apakah terjadi reaksi kimia.

C. Kemiripan dengan contoh

Soal yang tampak mirip dengan latihan dapat memicu keyakinan tinggi.

D. Ingatan terhadap aturan

Peserta didik merasa yakin karena dapat mengingat sebuah kalimat.

Contoh:

“Menurut asas Le Chatelier, sistem akan melawan perubahan.”

Kalimat tersebut diingat, tetapi mungkin diterapkan secara mekanis tanpa menganalisis kuosien reaksi, jumlah mol gas, suhu, atau jenis gangguan.

E. Keberhasilan prosedural

Hasil hitungan yang diperoleh dengan lancar dapat dianggap pasti benar meskipun rumus yang dipilih salah.

F. Pengalaman akademik

Peserta didik yang biasanya memperoleh nilai tinggi dapat cenderung yakin pada jawabannya. Sebaliknya, peserta didik yang sering gagal dapat meragukan jawaban yang sebenarnya benar.

G. Efikasi diri

Keyakinan terhadap kemampuan umum dalam kimia dapat memengaruhi penilaian terhadap satu jawaban.

H. Strategi tes

Kemampuan mengeliminasi pilihan atau mengenali pola opsi dapat meningkatkan keyakinan tanpa pemahaman konsep.

I. Umpan balik sebelumnya

Jawaban yang pernah diberi tanda benar oleh guru dapat dipercaya dan digunakan kembali, termasuk apabila pemaknaannya tidak tepat.

J. Dukungan sosial

Jawaban yang sama dengan mayoritas teman dapat terasa lebih meyakinkan.

Penelitian wawancara terhadap mahasiswa kimia menunjukkan bahwa penilaian keyakinan dapat didasarkan pada pemahaman konsep yang stabil, tetapi juga pada petunjuk yang kurang dapat dipercaya, seperti kefasihan mengerjakan, pengalaman sebelumnya, strategi pilihan ganda, dan keyakinan umum terhadap diri sendiri. Karena itu, skor keyakinan tidak boleh langsung diperlakukan sebagai ukuran murni penguasaan kimia.

1.6.8 Kalibrasi antara Keyakinan dan Ketepatan

Kalibrasi adalah tingkat kesesuaian antara keyakinan peserta didik dan ketepatan aktual jawabannya. Peserta didik disebut terkalibrasi dengan baik apabila tingkat keyakinannya mencerminkan kemungkinan jawabannya benar.

Apabila peserta didik memberikan keyakinan 80% pada sekumpulan soal, kalibrasi yang baik berarti sekitar 80% dari jawaban pada kelompok keyakinan tersebut benar. Kalibrasi tidak berarti peserta didik harus selalu yakin penuh pada jawaban benar dan tidak yakin pada jawaban salah. Kalibrasi lebih berkaitan dengan kesesuaian probabilitas antara kepercayaan dan kinerja.

Terdapat beberapa pola kalibrasi.

A. Kalibrasi tepat

Keyakinan relatif sejalan dengan kinerja.

Contoh:

Peserta didik yakin tinggi pada jawaban yang benar dan yakin rendah pada jawaban yang masih diragukan.

B. *Overconfidence*

Keyakinan lebih tinggi daripada kinerja aktual.

Contoh:

Peserta didik rata-rata menjawab benar 45%, tetapi memperkirakan ketepatannya 80%.

C. *Underconfidence*

Keyakinan lebih rendah daripada kinerja aktual.

Contoh:

Peserta didik menjawab benar 85%, tetapi hanya merasa yakin 55%.

D. Kalibrasi rata-rata baik tetapi diskriminasi buruk

Rata-rata keyakinan dapat mendekati skor, tetapi peserta didik tidak dapat membedakan jawaban mana yang benar dan salah.

Misalnya, skor keseluruhan 70% dan rata-rata keyakinan 70%, tetapi keyakinan 70% diberikan pada hampir semua soal, termasuk jawaban yang salah. Secara rata-rata tampak terkalibrasi, tetapi pemantauannya tidak sensitif terhadap kualitas masing-masing respons.

E. Diskriminasi baik tetapi bias

Peserta didik lebih yakin pada jawaban benar daripada jawaban salah, tetapi semua nilai keyakinannya terlalu tinggi atau terlalu rendah.

Pembedaan antara kalibrasi dan diskriminasi penting. Guru tidak cukup hanya membandingkan rata-rata keyakinan dengan skor. Perlu diperiksa apakah peserta didik benar-benar dapat mengenali jawaban mana yang didasarkan pada pemahaman dan mana yang masih lemah.

Penelitian metakognitif kimia membandingkan kinerja aktual dengan keyakinan rata-rata untuk mengidentifikasi bias penilaian. Pada studi stoikiometri, peningkatan hasil belajar tidak selalu diikuti peningkatan kalibrasi; sebagian peserta didik menjadi lebih yakin setelah pembelajaran tanpa peningkatan ketepatan pemantauan yang sebanding.

1.6.9 Indeks Bias Keyakinan

Untuk analisis sederhana di kelas, guru dapat menggunakan hubungan:

Bias keyakinan = rata-rata keyakinan – persentase jawaban benar

Jika keyakinan dan skor dinyatakan pada skala 0–100%, interpretasinya adalah:

- nilai positif menunjukkan kecenderungan terlalu yakin;
- nilai negatif menunjukkan kecenderungan kurang yakin;
- nilai mendekati nol menunjukkan kesesuaian rata-rata.

Contoh:

Seorang peserta didik memperoleh skor 50%, tetapi rata-rata keyakinannya 80%.

Bias keyakinan = 80% – 50% = +30%

Peserta didik menunjukkan *overconfidence* sebesar 30 poin persentase.

Peserta didik lain memperoleh skor 85% dengan keyakinan rata-rata 60%.

Bias keyakinan = 60% – 85% = –25%

Peserta didik menunjukkan *underconfidence* sebesar 25 poin persentase.

Indeks tersebut mudah dihitung, tetapi memiliki keterbatasan. Nilai rata-rata dapat menyembunyikan pola pada butir tertentu. Peserta didik dapat sangat yakin pada sebagian jawaban salah dan sangat ragu pada sebagian jawaban benar sehingga rata-ratanya tampak seimbang.

Oleh karena itu, analisis kelas sebaiknya juga memeriksa:

- rata-rata keyakinan pada jawaban benar;
- rata-rata keyakinan pada jawaban salah;
- persentase jawaban salah dengan keyakinan tinggi;
- konsep yang paling sering menghasilkan keyakinan salah;
- perubahan keyakinan sebelum dan sesudah pembelajaran.

1.6.10 Diskriminasi Keyakinan

Diskriminasi keyakinan menunjukkan kemampuan peserta didik membedakan jawaban yang kemungkinan benar dari jawaban yang kemungkinan salah.

Secara sederhana, guru dapat membandingkan:

Diskriminasi = rata-rata keyakinan pada jawaban benar – rata-rata keyakinan pada jawaban salah

Nilai positif yang besar menunjukkan bahwa peserta didik cenderung lebih yakin ketika jawabannya benar. Nilai mendekati nol menunjukkan bahwa keyakinan hampir sama pada jawaban benar dan salah. Nilai negatif menunjukkan pola yang lebih mengkhawatirkan: peserta didik justru lebih yakin pada jawaban yang salah.

Contoh:

- rata-rata keyakinan jawaban benar = 85%;
- rata-rata keyakinan jawaban salah = 45%.

Diskriminasi = 40 poin persentase.

Peserta didik cukup mampu mengenali kualitas jawabannya.

Contoh lain:

- keyakinan jawaban benar = 65%;
- keyakinan jawaban salah = 75%.

Diskriminasi = -10 poin persentase.

Peserta didik lebih yakin terhadap jawabannya yang salah. Pola ini menunjukkan kemungkinan adanya miskonsepsi kuat atau penggunaan petunjuk yang menyesatkan.

Kajian redoks menggunakan hubungan antara skor dan keyakinan untuk mengidentifikasi kelompok peserta didik dengan profil berbeda, termasuk kelompok berkinerja rendah tetapi berkeyakinan tinggi. Analisis tingkat butir juga digunakan untuk mengetahui apakah peserta didik lebih yakin pada jawaban benar atau salah.

1.6.11 Empat Kombinasi Dasar Jawaban dan Keyakinan

Hubungan paling sederhana dapat digambarkan melalui empat kategori.

Ketepatan jawaban	Keyakinan	Interpretasi awal	Tindakan pembelajaran
Benar	Tinggi	Pemahaman mungkin kuat	Uji alasan dan transfer

Benar	Rendah	Pengetahuan belum stabil atau menebak	Penguatan dan refleksi
Salah	Rendah	Belum tahu, ragu, atau pengetahuan parsial	Pengajaran dan scaffolding
Salah	Tinggi	Indikasi miskonsepsi kuat	Diagnosis mendalam dan rekonstruksi

Kategori tersebut merupakan interpretasi awal, bukan kesimpulan final.

A. Jawaban benar dengan keyakinan tinggi

Pola ini sering dianggap ideal. Namun, guru tetap perlu memeriksa alasan. Peserta didik dapat yakin tinggi pada jawaban benar karena menggunakan alasan salah yang kebetulan menghasilkan hasil tepat.

B. Jawaban benar dengan keyakinan rendah

Pola ini dapat menunjukkan:

- tebakan;
- pemahaman yang belum stabil;
- efikasi diri rendah;
- kesulitan bahasa;
- keberhasilan prosedural tanpa makna;
- kecenderungan terlalu berhati-hati.

Peserta didik tidak selalu memerlukan remediasi konsep, tetapi mungkin memerlukan penguatan alasan dan pengalaman menerapkan konsep.

C. Jawaban salah dengan keyakinan rendah

Pola ini dapat menunjukkan:

- ketidaktahuan;
- lupa;
- kebingungan;
- pengetahuan parsial;
- kesalahan hitung;
- keraguan terhadap beberapa pilihan.

Intervensi dapat dimulai dari penjelasan dasar, latihan, dan klarifikasi.

D. Jawaban salah dengan keyakinan tinggi

Pola ini merupakan indikasi penting miskonsepsi karena peserta didik tidak hanya salah, tetapi juga percaya bahwa kerangka yang digunakan benar. Namun, guru tetap perlu memeriksa alasan dan konsistensi pada beberapa soal.

Hasan dan koleganya menggunakan pola jawaban salah dengan tingkat kepastian tinggi sebagai dasar untuk membedakan kemungkinan miskonsepsi dari kurangnya pengetahuan. Pengembangan instrumen berikutnya mempertahankan prinsip tersebut, tetapi menambahkan alasan dan pemisahan keyakinan pada tiap tingkat agar interpretasi lebih kuat.

1.6.12 Memasukkan Alasan ke dalam Analisis

Ketika alasan dimasukkan, interpretasi menjadi lebih rinci.

Jawaban	Alasan	Keyakinan	Interpretasi
Benar	Benar	Tinggi	Pemahaman ilmiah relatif kuat
Benar	Benar	Rendah	Pemahaman benar tetapi belum stabil
Benar	Salah	Tinggi	Miskonsepsi tersembunyi atau jawaban kebetulan
Benar	Salah	Rendah	Menebak atau pengetahuan terfragmentasi
Salah	Benar sebagian	Rendah	Pengetahuan parsial atau kesalahan penerapan
Salah	Salah	Rendah	Ketidaktahuan atau konsepsi tentatif
Salah	Salah	Tinggi	Indikasi kuat miskonsepsi
Salah	Tidak ada	Rendah	Belum mengetahui konsep

Contoh pada konsep asam-basa:

Pertanyaan: Apakah HCl 0,001 M merupakan asam kuat?

Jawaban: Ya.

Alasan A: HCl terionisasi hampir sempurna dalam air.

Keyakinan: Tinggi.

Pola tersebut menunjukkan pemahaman yang tepat mengenai kekuatan asam.

Alasan B: Semua larutan HCl memiliki pH sangat rendah dan konsentrasi tinggi.

Keyakinan: Tinggi.

Jawaban kategorinya benar, tetapi alasan mencampur kekuatan, konsentrasi, dan pH. Terdapat miskonsepsi tersembunyi.

Penelitian instrumen empat tingkat pada asam-basa menunjukkan bahwa penggabungan pilihan, alasan, dan keyakinan dapat mengidentifikasi konsepsi alternatif dengan tingkat kekuatan berbeda.

1.6.13 *Certainty of Response Index*

Certainty of Response Index merupakan skala yang meminta peserta didik menyatakan kepastian terhadap jawabannya. Bentuk awalnya menggunakan skala 0–5.

Contoh interpretasi skala:

Skor CRI Interpretasi umum

0	Menebak sepenuhnya
1	Hampir menebak
2	Tidak yakin
3	Cukup yakin
4	Yakin
5	Sangat yakin

Dalam pendekatan awal, CRI 0–2 digolongkan sebagai keyakinan rendah dan CRI 3–5 sebagai keyakinan tinggi. Jawaban salah dengan CRI tinggi dipandang sebagai indikasi miskonsepsi, sedangkan jawaban salah dengan CRI rendah lebih mungkin menunjukkan kurangnya pengetahuan atau tebakan.

Matriks CRI sederhana dapat disusun sebagai berikut.

Jawaban	CRI rendah	CRI tinggi
Benar	Tebakan atau pemahaman belum stabil	Memahami konsep
Salah	Tidak tahu atau ragu	Indikasi miskonsepsi

Meskipun praktis, matriks tersebut tidak boleh diterapkan secara mekanis. Batas 2 dan 3 merupakan aturan operasional dari skala tertentu, bukan batas psikologis universal. Peserta didik yang memilih 3 belum tentu memiliki komitmen konseptual kuat, sedangkan peserta didik yang memilih 2 belum tentu hanya menebak.

CRI juga tidak mengungkap alasan. Jawaban salah berkeyakinan tinggi dapat disebabkan oleh:

- miskonsepsi;
- salah membaca soal tetapi merasa yakin;
- kesalahan prosedur yang tidak disadari;
- kekeliruan simbol;
- pemahaman bahasa yang salah;
- kepercayaan berlebihan pada strategi tes.

Karena itu, CRI sebaiknya digunakan bersama alasan, wawancara, atau beberapa butir yang menguji konsep sama.

1.6.14 Tes Diagnostik Tiga Tingkat

Tes tiga tingkat dapat disusun melalui beberapa format. Format yang umum adalah:

1. tingkat pertama: pilihan jawaban;
2. tingkat kedua: pilihan alasan;
3. tingkat ketiga: keyakinan terhadap kombinasi jawaban dan alasan.

Keunggulan format ini adalah kemampuannya membedakan:

- jawaban benar dengan alasan benar;
- jawaban benar dengan alasan salah;
- jawaban salah dengan alasan salah;
- respons yang yakin dan tidak yakin.

Pada topik kinetika reaksi, instrumen tiga tingkat digunakan untuk mengidentifikasi konsepsi alternatif peserta didik kelas XII dan memberikan indikasi mengenai kekuatannya.

Namun, tes tiga tingkat masih mempunyai pertanyaan metodologis. Jika satu tingkat keyakinan diberikan setelah jawaban dan alasan, tidak selalu jelas apakah peserta didik yakin terhadap jawaban, alasan, atau keduanya. Peserta didik mungkin sangat yakin pada jawabannya tetapi ragu pada alasan yang dipilih.

Format tersebut tetap bermanfaat apabila:

- petunjuk ditulis jelas;
- jawaban dan alasan dipandang sebagai satu kesatuan;
- instrumen diuji coba;
- wawancara digunakan untuk memeriksa interpretasi;
- hasil tidak diperlakukan sebagai diagnosis absolut.

1.6.15 Tes Diagnostik Empat Tingkat

Tes empat tingkat biasanya terdiri atas:

1. pilihan jawaban;

2. keyakinan terhadap jawaban;
3. pilihan alasan;
4. keyakinan terhadap alasan.

Pemisahan tersebut memungkinkan analisis lebih rinci.

Contoh:

Tingkat 1 — Jawaban:

Katalis tidak mengubah nilai K.

Tingkat 2 — Keyakinan jawaban:

Sangat yakin.

Tingkat 3 — Alasan:

Katalis menurunkan energi aktivasi reaksi maju dan balik tanpa mengubah perbedaan energi pereaksi dan produk.

Tingkat 4 — Keyakinan alasan:

Cukup yakin.

Pola ini menunjukkan bahwa peserta didik yakin pada kesimpulan, tetapi belum sepenuhnya mantap terhadap penjelasan.

Format empat tingkat telah digunakan untuk mengidentifikasi konsepsi alternatif asam-basa dengan kekuatan yang berbeda. Studi tersebut menemukan konsepsi pada sifat asam-basa, kekuatan, pH, netralisasi, indikator, dan representasi submikroskopik.

Pada kinetika reaksi, format empat tingkat menunjukkan kegunaan khusus dalam menganalisis soal grafik. Banyak konsepsi alternatif ditemukan melalui butir yang menuntut interpretasi grafik, memperlihatkan bahwa keyakinan dan representasi perlu diperiksa bersama.

Keunggulan empat tingkat meliputi:

- membedakan keyakinan terhadap jawaban dan alasan;
- mengurangi kemungkinan salah menginterpretasi jawaban benar;
- memberikan gambaran kekuatan konsepsi;
- membantu mengidentifikasi ketidakkonsistenan;
- mendukung pemetaan kebutuhan remediasi.

Keterbatasannya meliputi:

- beban respons lebih tinggi;

- waktu pengerjaan lebih panjang;
- peserta didik dapat bosan memberi nilai keyakinan;
- skala dapat digunakan secara tidak konsisten;
- pilihan alasan tetap membatasi ekspresi peserta didik;
- format pilihan dapat memunculkan gagasan yang sebelumnya tidak dimiliki.

1.6.16 Keyakinan Tinggi pada Jawaban Salah: Miskonsepsi Kuat

Jawaban salah dengan keyakinan tinggi sering menjadi fokus diagnosis karena menunjukkan bahwa peserta didik belum menyadari ketidaktepatan pengetahuannya. Kondisi ini dapat disebut **meta-ignorance**, yaitu ketidaktahuan terhadap ketidaktahuan atau ketidakmampuan menyadari bahwa pemahaman sendiri salah.

Pada topik redoks, penelitian menggunakan inventori konsep dan ukuran keyakinan menemukan kelompok mahasiswa dengan skor rendah tetapi keyakinan tinggi. Kelompok ini mempertahankan konsepsi tentang bilangan oksidasi, muatan, dan transfer elektron sambil menilai jawabannya secara terlalu optimistis.

Contoh:

“Elektron mengalir melalui jembatan garam dari anode ke katode.”

Peserta didik dapat sangat yakin karena telah mengingat bahwa jembatan garam “menghubungkan” dua setengah sel. Ia menggabungkan fungsi koneksi listrik dengan aliran elektron. Dalam konsep ilmiah, elektron mengalir melalui rangkaian luar, sedangkan jembatan garam memungkinkan migrasi ion untuk menjaga kenetralan muatan.

Keyakinan tinggi memperkuat miskonsepsi karena peserta didik:

- tidak merasa perlu memeriksa jawaban;
- tidak mencari penjelasan lain;
- mengabaikan ketidaksesuaian;
- dapat memengaruhi teman;
- menggunakan konsepsi yang sama pada topik berikutnya;
- menafsirkan bukti agar sesuai dengan gagasan awal.

Namun, guru tidak boleh menyimpulkan bahwa peserta didik bersikap keras kepala. Keyakinan tinggi dapat berasal dari pengalaman belajar yang secara konsisten memperkuat model tersebut. Tugas guru adalah menunjukkan secara jelas bagian yang tidak dapat dijelaskan oleh konsepsi itu dan menyediakan model ilmiah yang lebih koheren.

1.6.17 Keyakinan Rendah pada Jawaban Benar

Jawaban benar dengan keyakinan rendah juga penting. Pola ini dapat menunjukkan bahwa peserta didik:

- menebak;
- memahami sebagian konsep;
- belum dapat membedakan beberapa pilihan;
- memiliki efikasi diri rendah;
- khawatir melakukan kesalahan;
- menggunakan alasan benar tetapi belum mampu membenarkannya;
- memiliki dua model yang bersaing.

Contoh:

Peserta didik menjawab bahwa partikel padatan tetap bergerak, tetapi hanya 40% yakin karena pengamatan sehari-hari menunjukkan benda padat diam.

Dalam kasus ini, pemahaman ilmiah belum sepenuhnya mengalahkan intuisi makroskopik. Guru perlu memperkuat hubungan antara:

- suhu;
- energi kinetik;
- gerak vibrasi;
- keteraturan struktur;
- keadaan makroskopik yang tetap.

Jawaban benar berkeyakinan rendah tidak boleh langsung dianggap penguasaan. Peserta didik perlu memperoleh pengalaman untuk menjelaskan, menggunakan, dan mempertahankan konsep pada konteks berbeda.

1.6.18 Keyakinan dan Jawaban Benar dengan Alasan Salah

Pola ini merupakan salah satu bentuk pemahaman semu yang paling sulit diketahui melalui tes biasa.

Contoh pada sistem periodik:

Pertanyaan: Mengapa jari-jari atom umumnya menurun dari kiri ke kanan dalam satu periode?

Jawaban peserta didik: Karena tarikan inti terhadap elektron meningkat.

Jawaban ini tampak benar.

Alasan lanjutan: Karena jumlah neutron bertambah sehingga inti menjadi lebih berat dan menarik elektron lebih kuat.

Peserta didik menyebut gagasan tarikan inti, tetapi menghubungkannya dengan neutron. Penjelasan ilmiah pada tingkat SMA berfokus pada kenaikan muatan inti efektif ketika jumlah proton bertambah, sementara elektron valensi tetap berada pada kulit utama yang sama dan efek penyarungan tidak meningkat secara sebanding.

Jika peserta didik sangat yakin pada alasan neutron, jawaban benar tersebut menyembunyikan miskonsepsi mengenai muatan inti.

Contoh pada ikatan:

Pertanyaan: Apakah molekul CO_2 bersifat nonpolar?

Jawaban: Ya.

Alasan salah: Karena ikatan $\text{C}=\text{O}$ tidak polar.

CO_2 bersifat nonpolar secara keseluruhan karena momen dipol dua ikatan polar saling meniadakan dalam geometri linear. Peserta didik memperoleh jawaban benar dengan salah memahami kepolaran ikatan.

Asesmen yang hanya memberi skor pada pilihan akhir akan gagal menemukan kedua kasus tersebut.

1.6.19 Keyakinan dan Pemahaman Prosedural

Kimia SMA memuat banyak prosedur matematis. Keberhasilan menjalankan prosedur dapat meningkatkan keyakinan, bahkan ketika pemahaman konseptual lemah.

Contoh pada stoikiometri:

Peserta didik menghafal urutan:

1. ubah gram menjadi mol;
2. bandingkan koefisien;
3. ubah mol menjadi gram.

Ia dapat menyelesaikan soal rutin dengan cepat dan merasa sangat yakin. Namun, ketika diminta menggambar jumlah partikel atau menjelaskan pereaksi pembatas, ia tidak mampu menghubungkan perhitungan dengan persamaan reaksi.

Penelitian stoikiometri menunjukkan bahwa pemantauan metakognitif diperlukan untuk memilih strategi, mengurutkan langkah, memeriksa hasil, dan menyadari ketika suatu metode tidak berhasil. Kinerja prosedural yang meningkat tidak otomatis menghasilkan penilaian diri yang lebih akurat.

Contoh pada pH:

Peserta didik menggunakan:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

Ia memperoleh pH = 12 untuk larutan asam karena salah menekan kalkulator, tetapi tidak memeriksa kemasukakalan. Jika ia tetap yakin karena “sudah memakai rumus”, keyakinannya bergantung pada prosedur, bukan evaluasi konsep.

Pembelajaran perlu melatih pemeriksaan konseptual setelah perhitungan:

- Apakah tanda hasil sesuai?
- Apakah besarnya masuk akal?
- Apakah satuannya benar?
- Apakah hasil konsisten dengan sifat sistem?
- Apakah asumsi rumus terpenuhi?
- Apakah terdapat cara lain untuk memeriksa?

1.6.20 Keyakinan dan Tingkat Representasi Kimia

Tingkat keyakinan dapat berbeda antara representasi makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Seorang peserta didik mungkin:

- sangat yakin menuliskan persamaan reaksi;
- cukup yakin mengerjakan perhitungan;
- ragu menggambar partikel;
- tidak yakin menjelaskan mekanisme.

Profil tersebut menunjukkan bahwa penguasaan simbolik tidak selalu disertai pemahaman submikroskopik.

Contoh pada pelarutan NaCl:

Makroskopik:

Peserta didik yakin bahwa garam larut dalam air.

Simbolik:

Ia menulis NaCl(aq) .

Submikroskopik:

Ia menggambar molekul NaCl utuh tersebar dalam air.

Jawaban makroskopik dan simboliknya tampak benar, tetapi model partikelnya salah. Jika ia sangat yakin pada gambar molekul NaCl , terdapat miskonsepsi tentang kisi ionik, disosiasi, dan hidrasi ion.

Tes diagnostik dua tingkat dan multi-tingkat pada kimia sering menggunakan representasi partikulat karena jawaban verbal atau simbolik dapat menyembunyikan pemahaman yang tidak memadai.

Guru dapat meminta peserta didik memberi keyakinan terpisah untuk:

- pengamatan;
- persamaan;
- gambar partikel;
- alasan;
- perhitungan.

Perbandingan tersebut membantu menemukan bagian representasi yang belum stabil.

1.6.21 Keyakinan pada Topik Asam-Basa

Asam-basa merupakan contoh yang baik untuk menunjukkan hubungan antara keyakinan dan miskonsepsi karena topik ini dipengaruhi bahasa sehari-hari, perhitungan, teori, serta representasi partikel.

Contoh 1: Asam kuat dan pekat

Peserta didik menjawab:

“ HCl 0,001 M merupakan asam lemah karena larutannya encer.”

Jika keyakinannya tinggi, ia memiliki hubungan kuat antara kekuatan dan konsentrasi. Jika keyakinannya rendah, ia mungkin hanya belum mampu membedakan istilah.

Contoh 2: pH dan besar angka

Peserta didik menjawab:

“Larutan pH 12 lebih asam daripada larutan pH 3 karena angka 12 lebih besar.”

Keyakinan tinggi menunjukkan penerapan intuisi “lebih besar berarti lebih banyak” pada skala logaritmik.

Contoh 3: Netralisasi

Peserta didik menyatakan:

“Semua reaksi asam dan basa menghasilkan larutan pH 7.”

Pernyataan tersebut benar pada kondisi terbatas, misalnya titik ekuivalen asam kuat dan basa kuat pada suhu tertentu, tetapi tidak berlaku universal untuk kombinasi asam atau basa lemah.

Instrumen empat tingkat pada peserta didik sekolah menengah mengidentifikasi konsepsi alternatif asam-basa dengan kekuatan berbeda, menunjukkan bahwa frekuensi jawaban salah dan tingkat keyakinan perlu dianalisis bersama.

1.6.22 Keyakinan pada Topik Kinetika Reaksi

Kinetika menggabungkan teori tumbukan, grafik, persamaan laju, energi aktivasi, dan faktor-faktor laju. Kesalahan dapat disertai keyakinan tinggi karena peserta didik menghafal hubungan sederhana.

Contoh:

“Katalis meningkatkan jumlah produk karena membuat reaksi lebih cepat.”

Peserta didik mencampur konsep laju dan hasil kesetimbangan.

Contoh lain:

“Reaksi yang lebih eksoterm selalu lebih cepat.”

Peserta didik mencampur perubahan entalpi dan energi aktivasi.

Contoh grafik:

Peserta didik menganggap grafik konsentrasi yang lebih tinggi selalu menunjukkan orde reaksi yang lebih besar. Ia dapat sangat yakin karena memusatkan perhatian pada tinggi grafik, bukan hubungan matematis antara konsentrasi dan laju.

Penelitian kinetika dengan instrumen empat tingkat menemukan banyak konsepsi alternatif melalui soal berbasis grafik. Hal ini menunjukkan bahwa peserta didik dapat merasa yakin membaca grafik meskipun tidak memahami makna variabel dan hubungan yang ditampilkan.

1.6.23 Keyakinan pada Topik Redoks dan Elektrokimia

Redoks menuntut koordinasi antara transfer elektron, perubahan bilangan oksidasi, muatan ion, reaksi setengah sel, dan representasi simbolik.

Contoh miskonsepsi berkeyakinan tinggi:

- bilangan oksidasi sama dengan muatan aktual atom dalam semua senyawa;
- oksigen selalu memiliki bilangan oksidasi -2 tanpa pengecualian;
- elektron mengalir melalui jembatan garam;
- anode selalu bermuatan negatif;
- katode selalu bermuatan positif;
- oksidator mengalami oksidasi;
- kenaikan bilangan oksidasi berarti atom menerima elektron.

Sebagian aturan benar pada konteks tertentu tetapi tidak universal. Sebagai contoh, tanda anode dan katode berbeda antara sel volta dan sel elektrolisis, sedangkan definisi berdasarkan proses tetap: oksidasi terjadi pada anode dan reduksi pada katode.

Kajian inventori konsep redoks menunjukkan adanya kelompok mahasiswa dengan pemahaman rendah tetapi keyakinan tinggi terhadap konsepsi mengenai bilangan oksidasi, muatan, dan transfer elektron.

1.6.24 Keyakinan pada Topik Ikatan Kimia

Topik ikatan kimia sering menghasilkan keyakinan tinggi karena peserta didik menguasai aturan sederhana seperti oktet, perbedaan keelektronegatifan, dan struktur Lewis.

Contoh:

“Semua atom berikatan agar memperoleh delapan elektron.”

Pernyataan tersebut terasa kuat karena digunakan berulang kali di sekolah.

Contoh:

“Ikatan ion adalah pemindahan elektron.”

Pemindahan elektron dapat digunakan untuk menggambarkan pembentukan ion dalam model tertentu, tetapi ikatan ion lebih tepat dipahami sebagai interaksi elektrostatik dalam struktur kisi. Jika peserta didik memandang pemindahan elektron sebagai ikatan itu sendiri, pemahaman menjadi terbatas.

Contoh:

“CO₂ tidak polar karena ikatan C=O tidak polar.”

Jawaban akhir benar, tetapi alasan salah.

Keyakinan pada aturan oktet atau klasifikasi biner ikatan dapat membuat peserta didik kurang terbuka terhadap konsep energi, struktur, resonansi, distribusi elektron, dan spektrum karakter ikatan.

Diagnosis perlu meminta peserta didik:

- memilih struktur;
- menjelaskan alasan;
- memprediksi sifat;
- menggambar model;
- menyatakan keyakinan;
- membandingkan beberapa kasus.

1.6.25 Faktor yang Menyebabkan *Overconfidence*

Terlalu yakin tidak selalu berasal dari kesombongan. Terdapat beberapa mekanisme kognitif dan pembelajaran.

A. Ilusi familiaritas

Materi yang sering dibaca terasa telah dikuasai.

B. Kefasihan prosedural

Langkah yang berjalan lancar dianggap pasti benar.

C. Hafalan istilah

Kemampuan mengucapkan istilah ilmiah disamakan dengan pemahaman.

D. Umpan balik yang terlalu sederhana

Jika guru hanya memberi tanda benar atau salah tanpa membahas alasan, peserta didik dapat mempertahankan dasar penalaran yang salah.

E. Soal rutin

Keberhasilan pada soal yang mirip contoh menciptakan kesan mampu menghadapi semua variasi.

F. Pengetahuan prasyarat yang lemah

Peserta didik tidak memiliki cukup pengetahuan untuk mengenali kekurangan jawabannya.

G. Penggunaan satu representasi

Peserta didik merasa menguasai simbol, tetapi belum pernah diuji pada model partikel.

H. Strategi eliminasi

Jawaban benar yang diperoleh melalui eliminasi dianggap bukti penguasaan konsep.

I. Norma kelas

Budaya yang menghargai jawaban cepat dapat mendorong keyakinan tanpa pemeriksaan.

J. Penilaian diri berdasarkan usaha

Peserta didik merasa telah belajar lama sehingga menganggap jawabannya pasti benar.

Penelitian dalam asesmen kimia menemukan bahwa miscalibrasi keyakinan dapat dipengaruhi oleh kefasihan pemrosesan, pengalaman, efikasi diri, dan strategi mengerjakan tes, bukan hanya oleh penguasaan konsep.

1.6.26 Faktor yang Menyebabkan *Underconfidence*

Kurang yakin juga perlu diperhatikan karena dapat menghambat partisipasi dan penggunaan pengetahuan yang sebenarnya benar.

Penyebabnya dapat meliputi:

- pengalaman kegagalan;
- efikasi diri rendah;
- kecemasan menghadapi kimia;
- bahasa soal yang tidak familiar;
- kecenderungan perfeksionis;
- takut mengambil risiko;
- konsep benar yang belum sering diterapkan;
- perbedaan dengan jawaban mayoritas;
- pengalaman memperoleh koreksi secara memalukan;
- ketidakmampuan menjelaskan alasan secara formal.

Peserta didik yang kurang yakin mungkin:

- mengganti jawaban benar menjadi salah;
- tidak berpartisipasi dalam diskusi;
- terlalu bergantung pada teman;
- menghindari soal menantang;
- memerlukan waktu berlebihan;
- menganggap keberhasilannya hanya kebetulan.

Guru perlu membedakan *underconfidence* dari ketidaktahuan. Peserta didik dengan jawaban dan alasan benar tetapi keyakinan rendah memerlukan penguatan konseptual dan metakognitif, bukan pengajaran ulang dari awal.

1.6.27 Keterbatasan Menggunakan Keyakinan sebagai Indikator Miskonsepsi

Walaupun berguna, ukuran keyakinan memiliki sejumlah keterbatasan.

1. Skala ditafsirkan berbeda

Nilai 4 dari 5 dapat berarti “cukup yakin” bagi satu peserta didik dan “hampir pasti” bagi peserta didik lain.

2. Keyakinan dipengaruhi karakter personal

Sebagian peserta didik cenderung memilih nilai tengah, sedangkan sebagian lain menggunakan nilai ekstrem.

3. Keyakinan dipengaruhi budaya

Norma mengenai kerendahan hati, ekspresi kepastian, dan risiko salah dapat memengaruhi respons.

4. Keyakinan tidak selalu spesifik pada konsep

Peserta didik dapat memberi keyakinan tinggi karena percaya pada kemampuan tesnya.

5. Skala dapat menambah beban kognitif

Memberi keyakinan setelah setiap jawaban dan alasan dapat melelahkan.

6. Nilai keyakinan dapat berubah karena urutan soal

Soal sulit sebelumnya dapat menurunkan keyakinan pada soal berikutnya.

7. Pilihan ganda dapat menghasilkan keyakinan semu

Peserta didik merasa yakin setelah berhasil mengeliminasi pilihan, bukan karena memahami konsep.

8. Jawaban salah berkeyakinan tinggi tidak selalu miskonsepsi

Kesalahan membaca atau kesalahan prosedur yang tidak disadari juga dapat menghasilkan pola tersebut.

9. Jawaban salah berkeyakinan rendah tidak selalu bebas dari miskonsepsi

Peserta didik dapat memiliki miskonsepsi tetapi mulai meragukannya.

10. Ambang batas bersifat operasional

Pembagian keyakinan rendah dan tinggi bukan batas alami yang berlaku universal.

Penelitian terbaru tentang penilaian keyakinan dalam asesmen kimia memperingatkan bahwa keyakinan berasal dari beragam proses. Nilai keyakinan harus ditafsirkan bersama data kualitatif dan respons isi, bukan sebagai ukuran langsung penguasaan.

1.6.28 Prinsip Pengembangan Skala Keyakinan

Skala keyakinan perlu dirancang sesuai tujuan.

A. Skala kategori sederhana

Contoh:

- tidak yakin;
- agak yakin;
- yakin;
- sangat yakin.

Keunggulan:

- mudah dipahami;
- cepat digunakan;
- cocok untuk pembelajaran kelas.

Keterbatasan:

- kurang sensitif;
- jarak antarkategori tidak pasti sama.

B. Skala 0–5

Skala ini sesuai dengan format CRI klasik.

Keunggulan:

- memiliki beberapa tingkat;
- mudah diolah;
- dapat dibagi menjadi keyakinan rendah dan tinggi.

Keterbatasan:

- peserta didik perlu memahami makna setiap angka;
- batas kategori dapat arbitrer.

C. Skala persentase

Contoh 0%, 10%, 20% sampai 100%.

Keunggulan:

- dapat ditafsirkan sebagai probabilitas;
- memudahkan analisis kalibrasi.

Keterbatasan:

- peserta didik belum tentu terbiasa berpikir probabilistik;
- perbedaan 70% dan 80% dapat tidak bermakna bagi sebagian peserta didik.

D. Skala dikotomis

Contoh:

- yakin;
- tidak yakin.

Keunggulan:

- sangat sederhana.

Keterbatasan:

- kehilangan variasi kekuatan keyakinan.

Instruksi harus menjelaskan bahwa keyakinan merujuk pada kemungkinan jawaban benar, bukan pada seberapa keras peserta didik berusaha atau seberapa suka ia terhadap topik.

1.6.29 Contoh Instruksi Skala Keyakinan

Instruksi dapat ditulis sebagai berikut:

Setelah memilih jawaban, nyatakan seberapa yakin Anda bahwa jawaban tersebut benar. Nilai keyakinan harus mencerminkan penilaian terhadap ketepatan jawaban, bukan tingkat kesukaan terhadap soal atau seberapa keras Anda berusaha.

Contoh skala:

Nilai Makna

- 0% Saya sepenuhnya menebak
- 20% Saya hampir tidak yakin
- 40% Saya lebih banyak ragu
- 60% Saya agak yakin
- 80% Saya yakin
- 100% Saya sangat yakin dan dapat menjelaskan

Untuk alasan, instruksi dapat dipisahkan:

Nyatakan tingkat keyakinan bahwa alasan yang dipilih benar-benar menjelaskan jawaban Anda.

Pemisahan ini mencegah peserta didik memberi keyakinan yang sama secara otomatis pada jawaban dan alasan.

1.6.30 Contoh Butir Diagnostik Empat Tingkat

Konsep: Pengaruh katalis terhadap kesetimbangan

Tingkat 1 — Jawaban

Ketika katalis ditambahkan ke sistem yang telah setimbang pada suhu tetap, apa yang terjadi terhadap nilai K?

- A. Nilai K meningkat
- B. Nilai K menurun
- C. Nilai K tetap
- D. Nilai K menjadi nol

Tingkat 2 — Keyakinan terhadap jawaban

0% — 20% — 40% — 60% — 80% — 100%

Tingkat 3 — Alasan

- A. Katalis mempercepat reaksi maju saja.
- B. Katalis mempercepat reaksi maju dan balik tanpa mengubah perbedaan energi pereaksi dan produk.
- C. Katalis meningkatkan konsentrasi produk.
- D. Katalis menurunkan entalpi produk.

Tingkat 4 — Keyakinan terhadap alasan

0% — 20% — 40% — 60% — 80% — 100%

Interpretasi

Jawaban C dan alasan B dengan keyakinan tinggi menunjukkan pemahaman yang relatif kuat.

Jawaban C dan alasan A dengan keyakinan tinggi menunjukkan jawaban akhir benar dengan miskonsepsi mengenai pengaruh katalis.

Jawaban A dan alasan C dengan keyakinan tinggi menunjukkan miskonsepsi kuat bahwa laju dan posisi kesetimbangan merupakan hal yang sama.

Jawaban A dengan keyakinan rendah dan alasan yang juga tidak diyakini lebih mungkin menunjukkan ketidaktahuan atau kebingungan.

1.6.31 Penggunaan Keyakinan dalam Asesmen Formatif

Skala keyakinan tidak hanya digunakan dalam penelitian. Guru dapat mengintegrasikannya dalam pembelajaran sehari-hari.

A. Kartu respons

Peserta didik menunjukkan jawaban dan tingkat keyakinan secara bersamaan.

B. Kuis diagnostik singkat

Setiap soal diikuti pertanyaan:

Seberapa yakin Anda?

C. Refleksi setelah praktikum

Peserta didik menuliskan:

- prediksi awal;
- keyakinan awal;
- hasil pengamatan;

- penjelasan baru;
- keyakinan setelah diskusi.

D. Pemeriksaan jawaban

Peserta didik menandai soal:

- hijau: yakin dan dapat menjelaskan;
- kuning: jawaban ada tetapi masih ragu;
- merah: belum memahami.

E. Diskusi kelompok

Guru memilih butir dengan proporsi keyakinan salah tinggi sebagai bahan diskusi.

F. Jurnal belajar

Peserta didik mencatat konsep yang:

- dipahami;
- belum dipahami;
- dipahami tetapi belum yakin;
- diyakini tetapi perlu diverifikasi.

Tujuan asesmen formatif bukan memberi hukuman kepada peserta didik yang terlalu yakin, tetapi membantu mereka belajar menilai batas pemahamannya.

1.6.32 Profil Kelas Berdasarkan Keyakinan

Data keyakinan dapat digunakan untuk membuat profil kelas.

Profil 1: Skor rendah, keyakinan rendah

Kelas menyadari bahwa konsep belum dipahami. Guru perlu memberikan fondasi, contoh, dan scaffolding.

Profil 2: Skor rendah, keyakinan tinggi

Kelas mempunyai konsepsi alternatif yang kuat atau menggunakan strategi yang salah secara konsisten. Guru perlu menunda materi lanjutan dan melakukan remediasi.

Profil 3: Skor tinggi, keyakinan rendah

Pemahaman mungkin benar tetapi belum stabil. Guru perlu memberikan kesempatan argumentasi, penerapan, dan umpan balik positif berbasis bukti.

Profil 4: Skor tinggi, keyakinan tinggi

Pemahaman relatif kuat, tetapi tetap perlu diuji lintas representasi dan konteks.

Profil 5: Rata-rata baik tetapi sangat bervariasi

Kelas terdiri atas kelompok yang berbeda. Pembelajaran diferensiasi diperlukan.

Profil kelas tidak boleh hanya dihitung dari rata-rata. Distribusi respons perlu diperiksa karena rata-rata dapat menyembunyikan kelompok peserta didik dengan kebutuhan berlawanan.

1.6.33 Keyakinan sebagai Dasar Remediasi Diferensial

Tingkat keyakinan membantu guru memilih intensitas dan bentuk remediasi.

Keadaan	Fokus intervensi
Salah, keyakinan rendah	Pengajaran konsep dasar
Salah, keyakinan sedang	Klarifikasi dan contoh pembandingan
Salah, keyakinan tinggi	Konflik kognitif, bukti, dan rekonstruksi
Benar, keyakinan rendah	Penguatan alasan dan transfer
Benar, alasan salah	Diagnosis hubungan konseptual
Benar, keyakinan tinggi	Pengayaan dan penerapan kompleks

Remediasi untuk miskonsepsi berkeyakinan tinggi

1. Minta peserta didik menyatakan konsepsi secara eksplisit.
2. Gunakan konsepsi itu untuk membuat prediksi.
3. Tampilkan bukti atau kasus pembandingan.
4. Diskusikan mengapa prediksi tidak sesuai.
5. Bangun konsep alternatif yang dapat dipahami.
6. Terapkan konsep baru pada beberapa situasi.
7. Minta peserta didik menjelaskan perubahan pemahamannya.
8. Lakukan pemeriksaan tertunda.

Penguatan untuk jawaban benar berkeyakinan rendah

1. Minta alasan.
2. Validasi bagian yang benar.
3. Hubungkan dengan prinsip umum.
4. Berikan contoh baru.

5. Minta peserta didik mengajar teman.
6. Tunjukkan bukti keberhasilan konseptualnya.

1.6.34 Pelatihan Kalibrasi Metakognitif

Peserta didik dapat dilatih agar penilaian keyakinannya lebih akurat.

A. Prediksi sebelum menjawab

Peserta didik memperkirakan kesulitan soal.

B. Keyakinan setelah menjawab

Peserta didik menilai kemungkinan jawaban benar.

C. Umpan balik segera

Peserta didik membandingkan keyakinan dengan hasil.

D. Analisis kesalahan

Peserta didik menjelaskan mengapa ia terlalu yakin atau terlalu ragu.

E. Grafik kalibrasi pribadi

Peserta didik melihat hubungan skor dan keyakinannya dari waktu ke waktu.

F. Penjelasan alasan

Keyakinan harus disertai bukti atau prinsip kimia.

G. Retrieval practice

Peserta didik menguji diri tanpa melihat catatan agar dapat membedakan familiaritas dari kemampuan menghasilkan jawaban.

H. Variasi konteks

Konsep diuji melalui soal baru agar keyakinan tidak hanya berasal dari pengenalan pola.

I. Daftar pemeriksaan

Sebelum menyatakan yakin, peserta didik memeriksa:

- konsep;
- asumsi;
- satuan;
- representasi;

- kemasukakalan hasil;
- kemungkinan pengecualian.

Studi stoikiometri menunjukkan bahwa kemampuan pemantauan metakognitif tidak otomatis berkembang hanya karena peserta didik memperoleh pembelajaran konten. Pengajaran perlu secara sengaja memberikan kesempatan untuk membandingkan persepsi penguasaan dengan kinerja aktual.

1.6.35 Contoh Lembar Refleksi Kalibrasi

Soal/konsep	Jawaban awal	Keyakinan awal	Hasil	Penyebab benar/salah	Keyakinan setelah belajar
Katalis dan K	K meningkat	90%	Salah	Mencampur laju dan kesetimbangan	85% pada konsep baru
Asam kuat vs pekat	HCl encer adalah asam lemah	80%	Salah	Mencampur kekuatan dan konsentrasi	90% setelah model partikel
Kepolaran CO ₂	Nonpolar	60%	Benar	Alasan belum lengkap	90% setelah analisis geometri

Kolom “penyebab benar atau salah” penting. Peserta didik tidak hanya mengetahui kunci, tetapi memeriksa sumber penalarannya.

1.6.36 Analisis Keyakinan pada Tingkat Butir

Analisis tingkat butir membantu guru menemukan konsep yang paling berisiko.

Misalnya, dari 30 peserta didik:

Butir	Persentase benar	Keyakinan rata-rata	Salah berkeyakinan tinggi	Interpretasi
Katalis dan K	40%	82%	50%	Miskonsepsi kelas kuat
Kekuatan asam	55%	60%	20%	Pemahaman tidak stabil
Atom dan ion	80%	85%	10%	Relatif dikuasai
Pemutusan ikatan	30%	88%	63%	Prioritas remediasi

Butir “pemutusan ikatan” harus diprioritaskan karena sebagian besar peserta didik salah dan sangat yakin. Butir kekuatan asam juga perlu diperbaiki, tetapi pola keyakinannya lebih rendah sehingga konsepsi mungkin belum sekuat miskonsepsi energi ikatan.

1.6.37 Analisis Keyakinan pada Tingkat Individu

Profil individu dapat menunjukkan kebutuhan yang tidak terlihat dari skor total.

Peserta didik A

- skor: 85%;
- keyakinan: 55%;
- alasan sebagian besar benar.

Interpretasi: pemahaman cukup baik tetapi kurang percaya diri.

Peserta didik B

- skor: 45%;
- keyakinan: 90%;
- alasan salah berulang.

Interpretasi: miskonsepsi kuat dan pemantauan lemah.

Peserta didik C

- skor: 50%;
- keyakinan: 45%;
- alasan tidak lengkap.

Interpretasi: pengetahuan parsial dan menyadari keterbatasan.

Peserta didik D

- skor: 80%;
- keyakinan: 90%;
- beberapa jawaban benar karena alasan salah.

Interpretasi: skor tinggi menyembunyikan miskonsepsi lokal.

Profil tersebut menunjukkan bahwa skor dan keyakinan harus dibaca bersama data alasan.

1.6.38 Perubahan Keyakinan selama Pembelajaran

Perubahan keyakinan tidak selalu mengikuti perubahan konsep secara linear.

Pola 1: Salah-yakin menjadi benar-yakin

Ini merupakan perubahan ideal. Konsepsi alternatif telah digantikan atau direkonstruksi.

Pola 2: Salah-yakin menjadi salah-ragu

Meskipun jawaban belum benar, peserta didik mulai menyadari kelemahan konsepsinya. Ini dapat menjadi tahap penting menuju perubahan.

Pola 3: Salah-ragu menjadi benar-ragu

Peserta didik menemukan jawaban benar, tetapi konsep belum stabil.

Pola 4: Salah-ragu menjadi salah-yakin

Pembelajaran justru memperkuat miskonsepsi, mungkin akibat penjelasan atau analogi yang tidak tepat.

Pola 5: Benar-ragu menjadi benar-yakin

Terjadi penguatan pemahaman.

Pola 6: Benar-yakin menjadi salah-yakin

Peserta didik dapat membangun miskonsepsi baru selama pembelajaran.

Karena itu, penilaian perubahan tidak cukup membandingkan skor pretes dan postes. Perlu diperiksa bagaimana keyakinan dan alasan berubah.

1.6.39 Keyakinan dan Konflik Kognitif

Konflik kognitif digunakan untuk menantang konsepsi peserta didik melalui perbedaan antara prediksi dan bukti. Tingkat keyakinan awal memengaruhi cara konflik dialami.

Peserta didik yang yakin rendah mungkin mudah menerima penjelasan baru. Peserta didik yang yakin tinggi dapat:

- menolak bukti;
- menganggap eksperimen salah;
- mengubah penjelasan tambahan;
- mempertahankan gagasan inti;
- menghafal jawaban guru tanpa berubah.

Guru perlu meminta peserta didik mencatat:

1. prediksi;

2. alasan;
3. tingkat keyakinan;
4. hasil pengamatan;
5. kesesuaian hasil;
6. penjelasan revisi;
7. keyakinan baru.

Perubahan dari salah-yakin menjadi salah-ragu dapat dipandang sebagai kemajuan awal karena peserta didik mulai menyadari keterbatasan konsepsinya. Namun, pembelajaran harus dilanjutkan sampai tersedia konsep ilmiah yang dapat digunakan.

1.6.40 Analisis Kritis terhadap Gagasan “Semakin Yakin Semakin Paham”

Pernyataan bahwa keyakinan tinggi selalu menunjukkan pemahaman kuat tidak dapat dipertahankan. Keyakinan merupakan penilaian diri yang dibentuk oleh petunjuk. Jika petunjuk yang digunakan tidak valid, peserta didik dapat sangat yakin pada jawaban salah.

Sebaliknya, keyakinan rendah tidak selalu menunjukkan kelemahan konsep. Peserta didik dapat memiliki alasan ilmiah yang benar tetapi masih ragu karena kurang pengalaman, efikasi diri rendah, atau bentuk soal tidak familiar.

Hubungan yang lebih tepat adalah:

Pemahaman konseptual yang kuat seharusnya memungkinkan keyakinan yang terkalibrasi, tetapi keyakinan tinggi saja tidak membuktikan pemahaman.

Keyakinan menjadi bermakna apabila:

- jawabannya benar;
- alasannya benar;
- konsisten pada beberapa konteks;
- dapat direpresentasikan dengan berbagai cara;
- mampu bertahan setelah pertanyaan kritis;
- terbuka terhadap revisi jika bukti berubah.

Penelitian asesmen kimia memperlihatkan bahwa penilaian keyakinan dapat terkalibrasi maupun tidak terkalibrasi pada jawaban benar dan salah. Proses yang digunakan peserta didik untuk menentukan keyakinan perlu dipahami sebelum skor tersebut digunakan untuk membuat kesimpulan kuat.

1.6.41 Analisis Kritis terhadap Ambang Keyakinan Tinggi

Dalam CRI klasik, skor tertentu dibagi menjadi keyakinan rendah dan tinggi. Pembagian tersebut memudahkan klasifikasi, tetapi mempunyai beberapa persoalan.

Pertama, skala bersifat ordinal. Tidak selalu dapat diasumsikan bahwa jarak antara skor 1 dan 2 sama dengan jarak antara skor 4 dan 5.

Kedua, ambang yang sama belum tentu sesuai untuk semua usia, budaya, dan jenis tugas.

Ketiga, peserta didik dapat menghindari skor ekstrem sehingga miskonsepsi kuat terlihat sebagai keyakinan sedang.

Keempat, rata-rata kelas dapat menyembunyikan profil individual.

Kelima, satu ambang tidak membedakan keyakinan terhadap jawaban dan alasan.

Oleh karena itu, penelitian atau asesmen yang menggunakan ambang perlu:

- menjelaskan dasar pilihannya;
- melakukan uji coba;
- memeriksa distribusi skor;
- menggunakan beberapa butir;
- memadukan dengan alasan;
- melaporkan keterbatasan.

1.6.42 Etika Penggunaan Data Keyakinan

Data keyakinan merupakan informasi mengenai persepsi diri peserta didik. Penggunaannya harus bersifat formatif dan tidak memperlakukan.

Guru sebaiknya tidak mengatakan:

“Anda terlalu percaya diri dan tidak tahu apa-apa.”

Ungkapan tersebut dapat merusak motivasi dan hubungan belajar.

Bahasa yang lebih konstruktif:

“Pada konsep ini, tingkat keyakinan Anda lebih tinggi daripada ketepatan jawaban. Mari kita periksa alasan yang membuat jawaban tersebut terasa benar.”

Data keyakinan sebaiknya digunakan untuk:

- membantu refleksi;

- menentukan prioritas belajar;
- merancang remediasi;
- menunjukkan perkembangan;
- melatih kesadaran terhadap batas pengetahuan.

Data tersebut tidak seharusnya digunakan untuk:

- memberi stigma;
- mempermalukan di depan kelas;
- menentukan kecerdasan;
- menghukum peserta didik yang ragu;
- mendorong peserta didik berpura-pura tidak yakin.

1.6.43 Implikasi bagi Guru Kimia

Pemahaman mengenai tingkat keyakinan menghasilkan beberapa implikasi.

1. Jangan menilai konsep dari jawaban saja

Guru perlu meminta alasan dan, pada konsep penting, tingkat keyakinan.

2. Prioritaskan jawaban salah berkeyakinan tinggi

Pola tersebut memerlukan diagnosis dan remediasi lebih mendalam.

3. Perhatikan jawaban benar berkeyakinan rendah

Peserta didik mungkin membutuhkan penguatan, bukan pengulangan total.

4. Periksa jawaban benar dengan alasan salah

Skor benar dapat menyembunyikan miskonsepsi.

5. Latih kalibrasi

Peserta didik perlu membandingkan keyakinan dan kinerja secara berkala.

6. Gunakan keyakinan untuk diferensiasi

Pembelajaran dapat dibedakan berdasarkan keadaan konseptual dan metakognitif.

7. Hindari mengandalkan satu butir

Pola keyakinan harus diperiksa pada beberapa tugas.

8. Gunakan variasi representasi

Keyakinan dapat berubah ketika konsep ditampilkan dalam bentuk berbeda.

9. Berikan umpan balik pada alasan

Umpan balik “benar” atau “salah” belum cukup.

10. Bangun budaya intelektual yang terbuka

Mengubah keyakinan berdasarkan bukti harus dipandang sebagai kekuatan ilmiah, bukan kelemahan.

1.6.44 Implikasi bagi Peserta Didik

Peserta didik perlu memahami bahwa merasa yakin tidak sama dengan memiliki bukti. Sebelum menyatakan jawaban pasti, peserta didik dapat menggunakan pemeriksaan berikut:

1. Dapatkah saya menjelaskan mengapa jawaban ini benar?
2. Apakah saya hanya mengingat kata kunci?
3. Apakah rumus ini berlaku pada kondisi soal?
4. Dapatkah saya menggambarkan proses pada tingkat partikel?
5. Apakah hasilnya masuk akal?
6. Apakah ada contoh yang tidak sesuai dengan aturan saya?
7. Dapatkah saya menjelaskan konsep tanpa melihat catatan?
8. Apakah saya dapat menggunakan konsep pada situasi baru?

Kemampuan menjawab pertanyaan tersebut merupakan bagian dari literasi metakognitif.

1.6.45 Implikasi bagi Pengembangan Instrumen Diagnostik

Instrumen yang memasukkan keyakinan perlu memenuhi beberapa syarat.

A. Konsep target harus jelas

Keyakinan tidak berguna jika soal ambigu.

B. Distraktor harus berbasis bukti

Pilihan salah sebaiknya berasal dari respons nyata peserta didik atau literatur.

C. Jawaban dan alasan dipisahkan

Pemisahan membantu mengetahui sumber kesalahan.

D. Instruksi keyakinan harus eksplisit

Peserta didik perlu mengetahui apa yang dinilai.

E. Skala harus sesuai usia

Skala probabilitas mungkin memerlukan latihan.

F. Jumlah butir perlu dijaga

Format multi-tingkat meningkatkan beban respons.

G. Validasi harus mencakup wawancara

Wawancara membantu memeriksa apakah peserta didik memaknai skala seperti yang dimaksudkan.

H. Interpretasi harus probabilistik

Jawaban salah berkeyakinan tinggi adalah indikasi, bukan bukti tunggal miskonsepsi.

I. Hasil harus diikuti tindakan

Diagnosis tanpa remediasi tidak memenuhi fungsi formatif.

Treagust menekankan bahwa instrumen diagnostik dikembangkan agar temuan penelitian miskonsepsi dapat digunakan dalam pembelajaran. Pengembangan instrumen perlu dimulai dari pemetaan konsep, kajian konsepsi peserta didik, dan penyusunan distraktor yang dapat dipertanggungjawabkan.

1.6.46 Implikasi bagi Penelitian Miskonsepsi

Penelitian keyakinan perlu membedakan beberapa pertanyaan.

1. Apakah keyakinan mengarah pada jawaban atau alasan?
2. Apakah keyakinan diukur per butir atau keseluruhan tes?
3. Apakah skala dipahami secara seragam?
4. Apakah ambang tinggi-rendah telah dibenarkan?
5. Apakah respons konsisten pada beberapa butir?
6. Apakah terdapat wawancara pendukung?
7. Apakah keyakinan dipengaruhi format tes?
8. Apakah perubahan keyakinan diukur setelah pembelajaran?
9. Apakah retensi dan transfer diperiksa?

10. Apakah peneliti membedakan miskonsepsi, kurang pengetahuan, dan kesalahan prosedural?

Penelitian tidak seharusnya menyatakan:

“Semua peserta didik yang salah dan yakin mengalami miskonsepsi.”

Pernyataan yang lebih hati-hati adalah:

“Jawaban salah yang disertai alasan tidak ilmiah dan keyakinan tinggi pada beberapa butir menunjukkan indikasi kuat adanya miskonsepsi.”

1.6.47 Contoh Analisis Terpadu

Misalkan peserta didik menjawab empat soal mengenai kesetimbangan.

Soal	Jawaban	Alasan	Keyakinan
Definisi setimbang	Salah	Reaksi berhenti	90%
Grafik konsentrasi	Salah	Konsentrasi harus sama	80%
Pengaruh katalis	Salah	Produk bertambah	90%
Nilai K	Benar	Hanya suhu yang mengubah K	70%

Analisis:

- terdapat pola salah pada tiga aspek;
- alasan menunjukkan hubungan antara keadaan setimbang, kesamaan jumlah, dan hasil produk;
- keyakinan tinggi muncul berulang;
- satu konsep ilmiah mengenai K mulai terbentuk.

Kesimpulan yang tepat bukan bahwa peserta didik “tidak memahami semua kesetimbangan”, tetapi bahwa ia memiliki kerangka alternatif kuat mengenai dinamika dan komposisi kesetimbangan, sementara sebagian pengetahuan tentang ketergantungan K terhadap suhu telah berkembang.

Intervensi harus:

1. mempertahankan pengetahuan yang benar;
2. menampilkan reaksi maju dan balik secara simultan;
3. membedakan laju sama dari konsentrasi sama;
4. membedakan katalis dari perubahan posisi kesetimbangan;
5. menguji pemahaman pada konteks baru.

1.6.48 Sintesis

Tingkat keyakinan terhadap konsep merupakan derajat kepastian subjektif peserta didik terhadap jawaban, alasan, atau representasi yang digunakannya. Keyakinan memberikan informasi yang tidak tersedia dari skor benar-salah, tetapi tidak dapat digunakan sebagai ukuran tunggal pemahaman.

Hubungan antara ketepatan dan keyakinan menghasilkan beberapa keadaan:

- jawaban benar dan yakin;
- jawaban benar tetapi ragu;
- jawaban salah dan ragu;
- jawaban salah tetapi yakin.

Jawaban salah dengan keyakinan tinggi merupakan indikasi penting miskonsepsi, terutama apabila disertai alasan yang salah, muncul berulang, dan konsisten pada beberapa konteks. Jawaban benar dengan keyakinan rendah menunjukkan pengetahuan yang belum stabil, sedangkan jawaban benar dengan alasan salah dapat menyembunyikan miskonsepsi.

Keyakinan merupakan bagian dari pemantauan metakognitif. Pemantauan yang akurat membantu peserta didik menentukan kapan perlu belajar kembali, memeriksa jawaban, mengganti strategi, dan meminta bantuan. Pemantauan yang tidak akurat dapat menghasilkan *overconfidence*, *underconfidence*, atau ketidakmampuan mengenali batas pengetahuan.

CRI, tes tiga tingkat, dan tes empat tingkat memberikan cara operasional untuk memasukkan keyakinan ke dalam diagnosis. Namun, semua instrumen tersebut memiliki keterbatasan. Nilai keyakinan dipengaruhi oleh familiaritas, kefasihan, pengalaman, efikasi diri, format soal, dan strategi mengerjakan tes. Oleh karena itu, keyakinan harus dianalisis bersama jawaban, alasan, representasi, dan konsistensi.

Pada tingkat praktis, data keyakinan dapat membantu guru:

- membedakan ketidaktahuan dan miskonsepsi;
- memprioritaskan remediasi;
- menemukan pemahaman semu;
- menguatkan peserta didik yang benar tetapi ragu;
- melatih kalibrasi;
- mengembangkan pembelajaran diferensial;
- mengevaluasi perubahan konseptual.

Tingkat keyakinan juga membuka pembahasan mengenai apakah miskonsepsi hanya bersifat individual atau dapat membentuk pola yang dimiliki bersama oleh suatu kelompok. Subbab berikutnya akan mengkaji perbedaan antara miskonsepsi individual dan miskonsepsi kolektif, sumber kesamaan pola konsepsi, serta implikasinya bagi diagnosis pada tingkat peserta didik dan kelas.

1.7 Miskonsepsi Individual dan Miskonsepsi Kolektif

1.7.1 Miskonsepsi Tidak Hanya Berada di Dalam Pikiran Individu

Miskonsepsi sering dipahami sebagai masalah kognitif yang hanya berada di dalam pikiran seorang peserta didik. Guru menemukan seorang peserta didik memberikan jawaban salah, menelusuri alasannya, lalu menyimpulkan bahwa individu tersebut memiliki konsepsi yang tidak sesuai dengan pengetahuan ilmiah. Pendekatan individual ini penting karena setiap peserta didik mempunyai pengalaman, pengetahuan awal, kemampuan representasi, tingkat keyakinan, dan lintasan belajar yang berbeda.

Namun, kajian pendidikan sains menunjukkan bahwa miskonsepsi juga dapat muncul sebagai pola yang berulang pada banyak peserta didik. Gagasan bahwa partikel zat padat tidak bergerak, asam kuat selalu pekat, pemutusan ikatan melepaskan energi, katalis meningkatkan jumlah produk, atau kesetimbangan berarti jumlah pereaksi dan produk sama tidak hanya ditemukan pada satu individu. Pola serupa dapat muncul pada satu kelas, beberapa sekolah, jenjang pendidikan yang berbeda, bahkan pada calon guru dan mahasiswa kimia.

Keberulangan tersebut menunjukkan bahwa miskonsepsi tidak selalu dapat dijelaskan sebagai kesalahan pribadi yang kebetulan. Peserta didik hidup dalam lingkungan pengalaman, bahasa, kurikulum, buku teks, media, praktik laboratorium, dan pola asesmen yang sebagian besar sama. Mereka juga saling mendengar, menanggapi, dan menegosiasikan penjelasan dalam kelas. Karena itu, sebagian miskonsepsi dapat dibangun, dipertahankan, dan disebarkan melalui proses sosial.

Driver, Asoko, Leach, Scott, dan Mortimer menjelaskan bahwa pembelajaran sains melibatkan proses personal sekaligus sosial. Peserta didik memang membangun makna melalui aktivitas mentalnya sendiri, tetapi makna tersebut dikembangkan di dalam lingkungan sosial yang menyediakan bahasa, simbol, model, cara argumentasi, dan kriteria penerimaan pengetahuan. Belajar sains dengan demikian bukan sekadar membentuk representasi individual, tetapi juga memasuki cara berbicara dan cara mengetahui yang dikembangkan komunitas ilmiah.

Pembedaan antara miskonsepsi individual dan kolektif membantu menjawab beberapa pertanyaan penting:

1. Apakah suatu jawaban salah berasal dari pengalaman unik seorang peserta didik?
2. Apakah pola yang sama dimiliki sebagian besar anggota kelas?

3. Apakah peserta didik menggunakan alasan yang sama atau hanya memilih jawaban yang sama?
4. Apakah konsepsi tersebut diperkuat oleh percakapan kelas?
5. Apakah bahasa guru, buku teks, atau ujian ikut mempertahankannya?
6. Apakah remediasi harus dilakukan secara individual, kelompok, atau pada tingkat kurikulum?
7. Apakah perubahan satu peserta didik cukup, atau diperlukan perubahan budaya pembelajaran kelas?

Pembedaan tersebut tidak berarti bahwa miskonsepsi individual dan kolektif merupakan dua kategori yang sepenuhnya terpisah. Keduanya saling memengaruhi. Gagasan yang mula-mula dimiliki seorang individu dapat menjadi gagasan kelompok ketika diterima dan diulang oleh teman-temannya. Sebaliknya, penjelasan yang dominan dalam kelompok dapat diinternalisasi oleh individu dan menjadi bagian dari model mental personalnya.

1.7.2 Pengertian Miskonsepsi Individual

Miskonsepsi individual adalah konsepsi, model mental, atau pola penalaran yang dimiliki oleh seorang peserta didik dan digunakan untuk menjelaskan, memprediksi, merepresentasikan, atau menyelesaikan persoalan kimia, tetapi tidak sesuai dengan konsep ilmiah yang ditargetkan.

Miskonsepsi individual dapat memiliki ciri-ciri berikut:

- terbentuk dari pengalaman pribadi;
- berkaitan dengan urutan belajar yang dialami individu;
- dipengaruhi kemampuan bahasa dan matematika;
- muncul hanya pada representasi tertentu;
- memiliki tingkat keyakinan yang khas;
- berbeda dari konsepsi teman sekelas;
- berubah melalui intervensi yang berbeda;
- mengandung kombinasi unik antara gagasan ilmiah dan intuitif.

Sebagai contoh, seorang peserta didik dapat mempunyai model atom yang sangat khas. Ia menggambarkan inti atom sebagai bola besar yang hampir memenuhi seluruh volume atom, sedangkan elektron bergerak pada lintasan kecil di dekat permukaan inti. Model tersebut

mungkin terbentuk karena ia menggabungkan gambar model Dalton, Rutherford, dan Bohr secara personal.

Peserta didik lain mungkin menggambarkan atom sebagai bola kosong dengan elektron yang tersebar di seluruh bagian dalamnya. Keduanya salah, tetapi struktur kesalahannya berbeda. Peserta didik pertama melebihkan ukuran inti, sedangkan peserta didik kedua belum membedakan inti, ruang atom, dan distribusi elektron.

Miskonsepsi individual juga dapat muncul melalui pengalaman prosedural. Seorang peserta didik mungkin menganggap bahwa koefisien persamaan reaksi menunjukkan perbandingan massa karena selama ini ia menyelesaikan soal dengan membandingkan angka-angka yang terlihat. Peserta didik lain dapat memperoleh jawaban salah yang sama karena tidak memahami mol. Diagnosis tidak boleh berhenti pada kesamaan jawaban karena akar konseptualnya berbeda.

Dalam perspektif konstruktivisme personal, konsepsi seorang peserta didik dibentuk melalui interaksi antara informasi baru dan struktur pengetahuan yang telah dimilikinya. Informasi yang sama tidak selalu menghasilkan pemahaman yang sama karena setiap peserta didik mempunyai sejarah pengalaman dan jaringan konsep yang berbeda. Namun, perspektif personal saja belum cukup untuk menjelaskan mengapa pola miskonsepsi tertentu muncul secara luas dan relatif seragam pada banyak peserta didik.

1.7.3 Pengertian Miskonsepsi Kolektif

Miskonsepsi kolektif adalah pola konsepsi yang tidak sesuai dengan pengetahuan ilmiah dan ditemukan secara berulang pada sejumlah anggota kelompok, kelas, komunitas belajar, jenjang pendidikan, atau konteks budaya tertentu, serta memperoleh dukungan dari pengalaman, bahasa, representasi, atau praktik sosial yang dimiliki bersama.

Miskonsepsi kolektif bukan berarti terdapat “satu pikiran kelompok” yang terpisah dari individu. Konsepsi tetap diaktifkan oleh masing-masing peserta didik. Istilah kolektif digunakan karena terdapat:

1. pola jawaban yang berulang;
2. kesamaan alasan;
3. sumber pengalaman yang sama;
4. bahasa atau metafora yang digunakan bersama;
5. proses saling memperkuat dalam interaksi;
6. dukungan dari kurikulum, bahan ajar, atau asesmen;
7. penerimaan kelompok terhadap suatu penjelasan.

Sebagai contoh, satu kelas dapat secara umum menganggap bahwa katalis meningkatkan hasil reaksi. Gagasan tersebut mungkin didukung oleh rangkaian penalaran bersama:

- katalis mempercepat reaksi;
- reaksi yang lebih cepat menghasilkan produk lebih banyak;
- industri menggunakan katalis untuk meningkatkan produksi;
- karena itu, katalis menggeser reaksi menuju produk.

Setiap peserta didik mungkin mengekspresikan gagasan dengan kata-kata berbeda, tetapi terdapat struktur bersama yang mencampurkan konsep laju reaksi dengan komposisi kesetimbangan.

Miskonsepsi kolektif juga dapat melampaui satu kelas. Penelitian inventori konsep kimia menunjukkan bahwa peserta didik yang memasuki kimia umum membawa berbagai konsepsi alternatif yang telah banyak dilaporkan dalam literatur. Perkuliahan tradisional hanya menghasilkan perbaikan yang terbatas pada sejumlah konsep dasar, menunjukkan bahwa pola-pola tersebut tidak hanya tersebar luas, tetapi juga dapat bertahan melalui pengajaran formal.

Pada konsep asam-basa, instrumen diagnostik empat tingkat menemukan beragam konsepsi alternatif yang dimiliki peserta didik kelas 9 mengenai sifat asam-basa, kekuatan, pH, netralisasi, indikator, dan representasi submikroskopik. Kesamaan pola pada banyak peserta didik memperlihatkan bahwa kesulitan tersebut bukan semata-mata kesalahan individual, walaupun tingkat keyakinan masing-masing peserta didik berbeda.

1.7.4 Perbedaan Miskonsepsi Individual dan Kolektif

Aspek	Miskonsepsi individual	Miskonsepsi kolektif
Unit utama analisis	Seorang peserta didik	Kelompok, kelas, atau populasi
Fokus	Struktur pemahaman personal	Pola yang berulang dan dibagikan
Sumber dominan	Pengalaman dan lintasan belajar individu	Bahasa, kurikulum, media, guru, dan pengalaman bersama
Bentuk bukti	Wawancara, gambar, alasan, dan pola respons individu	Distribusi respons, kesamaan alasan, dan diskursus kelompok
Tingkat keyakinan	Diukur pada setiap individu	Dapat bervariasi dalam kelompok
Konsistensi	Diuji lintas tugas pada individu	Diuji lintas anggota dan konteks kelompok
Intervensi	Scaffolding atau remediasi personal	Diskusi kelas, revisi pembelajaran, atau perubahan kurikulum
Risiko analisis	Mengabaikan pengaruh sosial	Menganggap semua anggota kelompok sama
Contoh	Seorang peserta didik menganggap orbital sebagai kotak fisik	Mayoritas kelas menganggap katalis menggeser kesetimbangan

Pembedaan tersebut bersifat analitis. Dalam praktiknya, kedua tingkat saling berkaitan. Guru perlu mengetahui pola kelas sekaligus memeriksa variasi individual.

Jika 70% peserta didik memilih jawaban bahwa asam kuat selalu pekat, guru memperoleh bukti adanya masalah pada tingkat kelas. Namun, persentase tersebut belum menjelaskan apakah semua peserta didik menggunakan alasan yang sama. Sebagian mungkin mencampur kekuatan dan konsentrasi, sebagian menghubungkan kata “kuat” dengan bahaya, dan sebagian hanya menebak. Remediasi kelas diperlukan, tetapi beberapa peserta didik tetap membutuhkan penanganan berbeda.

1.7.5 Prevalensi Tidak Selalu Sama dengan Kolektivitas

Suatu jawaban salah yang dipilih banyak peserta didik belum otomatis menunjukkan miskonsepsi kolektif yang kuat. **Prevalensi** menunjukkan seberapa sering suatu respons muncul, sedangkan **kolektivitas konseptual** menunjukkan adanya struktur penalaran, sumber, atau proses sosial yang dibagikan.

Misalnya, 60% peserta didik salah menghitung pH. Kesalahan tersebut dapat berasal dari:

- salah menggunakan kalkulator;
- tidak memahami logaritma;
- menulis tanda negatif secara keliru;
- mencampur pH dan pOH;
- menganggap angka pH yang besar berarti lebih asam.

Jika alasan mereka sangat beragam, kasus tersebut merupakan kumpulan kesalahan individual yang menghasilkan statistik serupa. Sebaliknya, jika sebagian besar menyatakan bahwa “semakin besar angka pH, semakin kuat sifat asam”, terdapat pola konseptual bersama.

Untuk menyimpulkan adanya miskonsepsi kolektif, peneliti atau guru perlu memeriksa:

1. apakah respons salah muncul pada beberapa butir;
2. apakah alasan yang digunakan serupa;
3. apakah istilah atau metafora yang sama digunakan;
4. apakah gagasan muncul dalam diskusi;
5. apakah anggota kelompok saling menguatkan;
6. apakah sumber pembelajaran bersama dapat diidentifikasi;
7. apakah gagasan bertahan setelah klarifikasi sederhana.

Pembedaan ini penting karena persentase jawaban salah dapat menyesatkan. Statistik kelas menggambarkan hasil, tetapi belum tentu menggambarkan mekanisme pembentukannya.

1.7.6 Landasan Teoretis: Konstruktivisme Personal dan Sosial

Kajian miskonsepsi individual terutama berakar pada konstruktivisme personal. Pengetahuan tidak dipindahkan secara langsung dari guru kepada peserta didik. Peserta didik menafsirkan informasi baru melalui struktur kognitif yang telah dimilikinya.

Kajian miskonsepsi kolektif membutuhkan tambahan perspektif sosial. Konsep ilmiah, istilah, model, simbol, dan cara argumentasi dikembangkan serta divalidasi dalam komunitas. Peserta didik mempelajari kimia melalui interaksi dengan guru, teman, buku teks, media, dan perangkat representasi.

Driver dan koleganya menjelaskan bahwa belajar sains harus dipahami sebagai proses personal dan sosial. Individu membangun makna, tetapi konstruksi itu berlangsung melalui alat budaya dan praktik wacana yang tersedia di kelas. Guru berperan sebagai mediator antara dunia pengalaman peserta didik dan cara menjelaskan yang diterima dalam sains.

Perspektif sosial tidak meniadakan aktivitas kognitif individual. Peserta didik tidak sekadar menyerap pendapat mayoritas. Ia menafsirkan, menerima, menolak, atau memodifikasi gagasan yang muncul dalam interaksi. Namun, pilihan penjelasan yang tersedia baginya sangat dipengaruhi oleh bahasa dan praktik sosial.

Mortimer mengembangkan gagasan profil konseptual untuk menjelaskan bahwa beberapa cara berpikir dapat hidup berdampingan dan digunakan pada domain berbeda. Belajar tidak selalu menghapus konsepsi lama, tetapi dapat mengubah profil penggunaan dan meningkatkan kesadaran mengenai konteks penggunaan setiap cara berpikir. Kerangka ini relevan untuk memahami mengapa bahasa sehari-hari tetap hidup bersama bahasa ilmiah dalam suatu komunitas kelas.

Sebagai contoh, peserta didik dapat menggunakan penjelasan ilmiah mengenai kalor saat mengerjakan soal, tetapi dalam percakapan kelompok kembali berbicara tentang “panas yang tersimpan” atau “dingin yang masuk”. Kelas dapat memiliki dua ragam bahasa yang digunakan bergantian:

- bahasa formal untuk ujian;
- bahasa intuitif untuk menjelaskan fenomena sehari-hari.

Jika guru hanya menilai jawaban formal, konsepsi kolektif yang hidup dalam percakapan dapat tetap tidak terlihat.

1.7.7 Sumber Miskonsepsi Individual

Miskonsepsi individual dapat terbentuk melalui kombinasi sumber berikut.

A. Pengalaman personal

Seorang peserta didik yang pernah melihat kapur barus “menghilang” dapat menyimpulkan bahwa materi dapat lenyap. Peserta didik yang pernah melihat gula larut dapat menganggap pelarutan sebagai hilangnya zat.

B. Jalur pembelajaran yang berbeda

Peserta didik yang sering berlatih soal hitungan dapat membangun pemahaman prosedural yang berbeda dari peserta didik yang lebih sering melakukan eksperimen.

C. Kemampuan bahasa

Istilah “kuat”, “jenuh”, “stabil”, atau “spontan” dapat ditafsirkan secara berbeda berdasarkan pengalaman bahasa individu.

D. Kemampuan matematika

Kesulitan proporsi, logaritma, tanda negatif, atau grafik dapat berinteraksi dengan pemahaman kimia.

E. Model mental pribadi

Peserta didik dapat membangun gambaran atom, ion, atau reaksi yang tidak sama dengan gambaran teman sekelas.

F. Keyakinan dan metakognisi

Peserta didik yang sangat yakin terhadap prosedur tertentu dapat mempertahankannya meskipun tidak sesuai dengan konsep.

G. Pengalaman emosional

Kecemasan terhadap kimia dapat membuat peserta didik bergantung pada aturan singkat tanpa menguji maknanya.

H. Strategi pemecahan masalah

Sebagian peserta didik mencari kata kunci, sementara yang lain menggunakan model partikel atau prinsip kekekalan.

Sumber-sumber tersebut menjelaskan mengapa peserta didik yang menerima pengajaran sama dapat menghasilkan konsepsi berbeda.

1.7.8 Sumber Miskonsepsi Kolektif

Miskonsepsi kolektif umumnya tumbuh dari sumber yang dibagikan banyak anggota kelompok.

A. Pengalaman inderawi yang sama

Semua peserta didik melihat benda padat tampak diam. Karena itu, gagasan bahwa partikel padat tidak bergerak mudah berkembang secara luas.

Semua peserta didik melihat gula tidak terlihat setelah larut. Gagasan bahwa gula hilang atau berubah menjadi air menjadi masuk akal bagi banyak orang.

B. Bahasa sehari-hari

Istilah yang sama digunakan dalam masyarakat:

- asam kuat;
- reaksi spontan;
- larutan jenuh;
- ikatan kuat;
- kesetimbangan;
- energi yang tersimpan.

Makna sehari-hari kemudian membentuk pola interpretasi yang relatif sama.

C. Buku teks

Jika banyak buku menggunakan bahasa atau representasi yang sama, konsepsi tertentu dapat menjadi luas. Kajian terhadap buku teks kesetimbangan menunjukkan bahwa bahasa yang bermasalah dapat berkaitan dengan konsepsi alternatif peserta didik pada berbagai tingkat pendidikan.

D. Penjelasan guru

Ungkapan “atom ingin stabil” atau “katalis mendorong reaksi ke kanan” dapat menjadi bahasa bersama kelas. Jika diulang, metafora dapat berubah menjadi mekanisme yang dianggap ilmiah.

E. Kurikulum

Urutan materi dapat memperkuat generalisasi. Jika oksidasi hanya diperkenalkan sebagai pengikatan oksigen dan tidak dikembangkan, seluruh kelas dapat mempertahankan definisi terbatas tersebut.

F. Pola asesmen

Ujian yang menekankan aturan dan hitungan dapat membentuk strategi konseptual yang sama. Analisis ujian nasional kimia di Israel menunjukkan bahwa struktur dan isi ujian dapat memengaruhi pembelajaran serta memperkuat kesulitan dan konsepsi alternatif tertentu.

G. Diskusi teman sebaya

Penjelasan seorang peserta didik yang terdengar sederhana dapat diadopsi oleh teman. Gagasan memperoleh legitimasi karena diterima mayoritas.

H. Media dan budaya populer

Pernyataan bahwa bahan alami “bebas bahan kimia”, pH tinggi selalu sehat, atau energi “tersimpan dalam ikatan” dapat menjadi kerangka kolektif yang memasuki kelas.

I. Praktikum yang tidak dihubungkan dengan model

Jika praktikum hanya mengikuti prosedur dan mencatat perubahan warna, peserta didik dapat memiliki pengamatan bersama tanpa penjelasan submikroskopik yang memadai.

1.7.9 Akal Sehat sebagai Sumber Pola Kolektif

Talanquer mengembangkan kerangka *commonsense chemistry* untuk menjelaskan mengapa banyak konsepsi alternatif yang tampak berbeda sebenarnya dapat berasal dari sejumlah asumsi dan heuristik umum. Peserta didik sering menggunakan penalaran akal sehat secara spontan, seperti memusatkan sebab pada satu agen, menganggap sifat bagian sama dengan sifat keseluruhan, atau menggunakan aturan “lebih banyak berarti lebih kuat”.

Beberapa heuristik yang dapat menghasilkan pola kolektif adalah:

1. Lebih banyak berarti lebih kuat

- konsentrasi tinggi berarti asam kuat;
- jumlah katalis lebih banyak berarti produk lebih banyak;
- koefisien besar berarti zat lebih reaktif;
- ikatan lebih banyak berarti lebih mudah melepaskan energi.

2. Sifat keseluruhan dimiliki bagian

- molekul air bersifat basah;
- atom logam mengilap;
- molekul gula manis;
- atom besi keras.

3. Perubahan memerlukan agen pusat

- katalis mendorong partikel;
- asam menyerang logam;
- air memecah garam;
- partikel menyebar karena mencari ruang kosong.

4. Keadaan tetap berarti tidak ada proses

- partikel padat diam;
- reaksi berhenti pada kesetimbangan;
- larutan jenuh tidak mengalami pelarutan lagi.

5. Representasi dianggap realitas

- garis ikatan merupakan batang fisik;
- warna model merupakan warna atom;
- kiri dan kanan persamaan merupakan ruang yang berbeda.

Heuristik tersebut dimiliki banyak orang karena berakar pada pengalaman sehari-hari. Kesamaan miskonsepsi tidak selalu berarti peserta didik saling menyalin; mereka dapat membangun gagasan serupa secara independen dari intuisi yang sama.

1.7.10 Miskonsepsi Kolektif dalam Diskursus Kelas

Kelas bukan hanya tempat setiap individu duduk dan belajar secara terpisah. Kelas merupakan ruang komunikasi. Pertanyaan guru, jawaban peserta didik, pilihan istilah, tulisan di papan, gambar, dan tanggapan teman membentuk lingkungan konseptual bersama.

Proses terbentuknya miskonsepsi kolektif dapat digambarkan sebagai berikut:

1. seorang peserta didik menyatakan gagasan;
2. guru atau teman tidak mengklarifikasinya;
3. gagasan diterima karena terdengar masuk akal;
4. istilah tersebut digunakan kembali;
5. jawaban serupa memperoleh penguatan;
6. konsepsi menjadi bagian dari bahasa kelas;
7. peserta didik menggunakannya dalam tugas dan ujian.

Sebagai contoh, dalam diskusi mengenai penguapan, seorang peserta didik mengatakan:

“Air berubah menjadi gas hidrogen dan oksigen.”

Jika guru hanya mengatakan “air berubah menjadi gas” tanpa membedakan uap air dari gas hidrogen dan oksigen, kelas dapat menggabungkan perubahan wujud dengan penguraian kimia.

Stieff, Ryu, dan Yip menunjukkan bahwa kebingungan antarlevel representasi dapat dihasilkan, dipertahankan, maupun diselesaikan melalui praktik diskursus guru-peserta didik. Guru dan peserta didik dapat secara implisit berpindah antara tingkat makroskopik dan submikroskopik tanpa menandai perpindahan tersebut, sehingga istilah yang sama digunakan dengan makna berbeda.

Contoh kebingungan diskursif:

Guru mengatakan:

“Molekul mengembang ketika dipanaskan.”

Maksud guru mungkin bahwa bahan atau susunan molekul mengalami pemuaian. Peserta didik dapat menafsirkan bahwa ukuran setiap molekul membesar.

Guru mengatakan:

“Ikatan putus ketika air mendidih.”

Guru mungkin bermaksud gaya antarmolekul diatasi, tetapi peserta didik menganggap ikatan O–H di dalam molekul air putus.

Kata-kata yang tidak presisi dapat menghasilkan miskonsepsi yang dimiliki bersama karena seluruh kelas menerima pesan yang sama.

1.7.11 Peran Pertanyaan Guru

Pertanyaan guru menentukan jenis pemikiran yang muncul dalam kelas. Pertanyaan tertutup seperti “Apa jawabannya?” cenderung menghasilkan respons pendek. Pertanyaan seperti “Mengapa?”, “Apa yang terjadi pada partikel?”, atau “Bagaimana kita membuktikannya?” membuka ruang bagi konsepsi peserta didik untuk terlihat.

Penelitian mengenai pertanyaan guru dalam kelas kimia menemukan bahwa pertanyaan memiliki fungsi yang berbeda, termasuk mengungkap pengetahuan peserta didik, meminta klarifikasi, membangun hubungan antarkonteks, dan mengatur interaksi kelas. Kualitas pertanyaan memengaruhi apakah diskursus menjadi monologis atau memberi kesempatan bagi peserta didik membangun dan menguji makna.

Pertanyaan yang terlalu mengarahkan dapat menciptakan kesepakatan semu.

Guru:

“Bukankah katalis membuat reaksi menghasilkan lebih banyak produk?”

Peserta didik:

“Ya.”

Respons kelas tampak seragam, tetapi keseragaman dibentuk oleh struktur pertanyaan.

Sebaliknya, guru dapat bertanya:

“Apakah katalis mengubah waktu mencapai kesetimbangan, komposisi kesetimbangan, atau keduanya? Jelaskan perbedaannya.”

Pertanyaan ini memisahkan dua konsep dan memungkinkan pola penalaran kelas diperiksa.

1.7.12 Peran Teman Sebaya dan Konsensus Kelompok

Diskusi kelompok dapat membantu perubahan konseptual, tetapi juga dapat memperkuat miskonsepsi. Kualitas hasil diskusi bergantung pada:

- keragaman gagasan;
- bukti yang tersedia;
- aturan argumentasi;
- distribusi partisipasi;
- peran peserta didik dominan;
- fasilitasi guru;
- kewajiban memberikan alasan.

Konsensus kelompok tidak selalu menunjukkan pemahaman ilmiah. Kelompok dapat menyepakati jawaban salah karena:

- satu anggota dianggap paling pintar;
- jawaban tersebut paling sederhana;
- mayoritas memilihnya;
- tidak ada bukti pembandingan;
- anggota lain enggan berbeda;
- waktu diskusi terbatas.

Sebagai contoh, dalam diskusi sel elektrokimia, seorang peserta didik mengatakan bahwa elektron melewati jembatan garam. Teman-temannya menerima karena jembatan garam terlihat sebagai penghubung dua bejana. Konsensus terbentuk dari kecocokan visual, bukan dari analisis aliran elektron dan migrasi ion.

Guru perlu membangun norma bahwa klaim harus disertai:

1. alasan;
2. representasi;
3. bukti;
4. pemeriksaan terhadap alternatif;
5. kesesuaian dengan prinsip ilmiah.

Konsensus ilmiah tidak dibangun melalui jumlah suara semata, tetapi melalui kualitas bukti dan argumentasi.

1.7.13 Miskonsepsi Individual Dapat Menjadi Kolektif

Perubahan dari miskonsepsi individual menjadi kolektif dapat berlangsung melalui beberapa jalur.

Jalur 1: Penyebaran bahasa

Seorang peserta didik menggunakan ungkapan “atom ingin stabil”. Ungkapan tersebut mudah diingat dan kemudian digunakan oleh seluruh kelompok.

Jalur 2: Otoritas informal

Peserta didik berprestasi tinggi menyampaikan penjelasan salah. Teman-temannya menganggap penjelasan tersebut benar karena sumbernya dipercaya.

Jalur 3: Repetisi

Gagasan diulang dalam diskusi, catatan, dan tugas sehingga menjadi familiar.

Jalur 4: Penguatan guru

Guru menerima jawaban tanpa mengoreksi alasan.

Jalur 5: Keberhasilan prosedural

Gagasan menghasilkan jawaban benar pada beberapa soal sehingga dianggap valid.

Jalur 6: Penyesuaian sosial

Peserta didik yang awalnya mempunyai model berbeda menyesuaikan jawabannya dengan mayoritas.

Sebagai contoh, seorang peserta didik menyatakan bahwa ikatan kimia menyimpan energi dan pemutusan ikatan melepaskannya. Jika kelompok menggunakan penjelasan tersebut untuk membahas pembakaran dan memperoleh nilai baik karena hasil perhitungannya benar, gagasan dapat menyebar serta memperoleh legitimasi.

1.7.14 Miskonsepsi Kolektif Dapat Diinternalisasi Individu

Proses sebaliknya juga terjadi. Peserta didik dapat memasuki kelas tanpa konsepsi yang jelas, kemudian menginternalisasi miskonsepsi yang dominan.

Contoh:

1. Peserta didik belum mengetahui hubungan katalis dan kesetimbangan.
2. Guru menjelaskan bahwa katalis “mendorong reaksi agar lebih banyak menghasilkan produk”.
3. Peserta didik menggunakan ungkapan tersebut dalam latihan.
4. Jawaban tidak dikoreksi pada tingkat alasan.
5. Gagasan menjadi model personal yang diyakini.

Dalam hal ini, miskonsepsi bukan berasal dari prakonsepsi sebelum sekolah, tetapi dari praktik pembelajaran.

Pedrosa dan Dias menunjukkan bahwa bahasa buku teks dapat memberikan dasar bagi terbentuk atau menguatnya konsepsi alternatif tentang kesetimbangan kimia. Jika bahasa yang sama digunakan guru dan buku, konsepsi kolektif memperoleh dukungan dari beberapa sumber otoritatif.

1.7.15 Miskonsepsi Kolektif Tidak Berarti Homogenitas

Satu kelas tidak pernah sepenuhnya homogen. Di balik jawaban yang sama dapat terdapat variasi besar.

Misalkan 20 peserta didik menyatakan bahwa CO_2 bersifat nonpolar.

- Delapan peserta didik menjelaskan bahwa momen dipol ikatan saling meniadakan karena geometri linear.
- Enam peserta didik mengatakan bahwa ikatan $\text{C}=\text{O}$ tidak polar.

- Empat peserta didik mengatakan bahwa molekul simetris selalu tidak memiliki ikatan polar.
- Dua peserta didik menebak.

Jawaban akhir sama, tetapi hanya kelompok pertama memiliki alasan ilmiah yang memadai.

Sebaliknya, peserta didik dapat memberikan jawaban berbeda tetapi menggunakan pola penalaran yang sama. Pada soal asam-basa, sebagian memilih HCl dan sebagian memilih H_2SO_4 sebagai asam terkuat karena keduanya menggunakan aturan “semakin banyak atom H, semakin kuat asam”.

Karena itu, analisis kolektif perlu memeriksa:

- distribusi jawaban;
- distribusi alasan;
- tingkat keyakinan;
- pola representasi;
- subkelompok konseptual;
- konsistensi lintas butir.

Mortimer mengingatkan bahwa individu dan kelompok dapat menggunakan beberapa zona pemikiran secara berdampingan. Kelas tidak perlu dipandang memiliki satu konsepsi tunggal; kelas dapat mempunyai profil konseptual yang terdiri atas beberapa cara berpikir dengan tingkat dominasi berbeda.

1.7.16 Subkelompok Konseptual dalam Kelas

Diagnosis kelas sering menunjukkan beberapa kelompok.

Kelompok A: Pemahaman ilmiah kuat

Jawaban dan alasan benar, keyakinan tinggi, serta konsisten lintas konteks.

Kelompok B: Pemahaman ilmiah belum stabil

Jawaban benar, tetapi alasan belum lengkap atau keyakinan rendah.

Kelompok C: Pengetahuan parsial

Menguasai sebagian atribut konsep tetapi belum mampu mengintegrasikannya.

Kelompok D: Miskonsepsi lokal

Kesalahan hanya muncul pada representasi atau konteks tertentu.

Kelompok E: Miskonsepsi kuat

Jawaban salah, alasan sistematis, keyakinan tinggi, dan berulang.

Kelompok F: Belum mengetahui konsep

Jawaban tidak konsisten dan keyakinan rendah.

Pembelajaran kelas harus mempertimbangkan seluruh kelompok. Jika guru hanya mengulang materi dari awal, kelompok A dapat kehilangan tantangan. Jika guru langsung melanjutkan, kelompok E tetap tertinggal. Strategi diferensiasi diperlukan.

Penelitian mengenai pembelajaran kimia dalam kelas heterogen menunjukkan bahwa konsepsi alternatif dapat menjadi penghalang yang membutuhkan dukungan pembelajaran yang disesuaikan. Diferensiasi memungkinkan perangkat dan tugas dirancang untuk kebutuhan konseptual yang berbeda.

1.7.17 Contoh Miskonsepsi Kolektif tentang Sifat Partikulat Materi

Sifat partikulat materi merupakan wilayah miskonsepsi kolektif yang sangat luas karena pengalaman manusia bersifat makroskopik.

Pola kolektif yang dapat muncul:

- partikel zat padat tidak bergerak;
- partikel zat cair hanya bergerak ketika diaduk;
- gas tidak memiliki massa;
- ruang antarpartikel berisi udara;
- partikel membesar ketika dipanaskan;
- molekul air bersifat basah;
- zat terlarut hilang ketika larut;
- partikel berubah identitas ketika zat berubah wujud.

Pola tersebut dapat muncul secara independen pada banyak peserta didik karena mereka melihat fenomena yang sama.

Analisis individual

Seorang peserta didik menggambar partikel padat diam karena ia memahami “teratur” sebagai “tidak bergerak”.

Analisis kolektif

Sebagian besar kelas menggambar partikel padat tanpa tanda gerak dan menggunakan istilah “terkunci”. Buku teks juga menggambarkan partikel sebagai lingkaran statis tanpa penjelasan vibrasi.

Remediasi harus dilakukan pada dua tingkat:

- individu diminta memperbaiki modelnya;
- seluruh kelas perlu membahas perbedaan antara posisi rata-rata tetap dan gerak vibrasi.

1.7.18 Contoh Miskonsepsi Kolektif tentang Ikatan Kimia

Beberapa miskonsepsi ikatan dapat menjadi pola kelas:

1. atom berikatan karena ingin mencapai oktet;
2. ikatan adalah batang fisik;
3. pembentukan ikatan membutuhkan energi;
4. pemutusan ikatan melepaskan energi;
5. senyawa ionik terdiri atas molekul;
6. ikatan ion hanya terjadi antara pasangan ion tertentu;
7. ikatan kovalen selalu lebih kuat daripada ikatan ion;
8. zat mendidih karena ikatan kovalen di dalam molekul putus;
9. molekul polar pasti memiliki semua ikatan polar yang tidak simetris;
10. senyawa yang memenuhi oktet selalu stabil dan tidak reaktif.

Pola tersebut dapat diperkuat oleh struktur Lewis dan model bola-dan-tongkat. Garis ikatan yang digunakan secara seragam dapat membuat seluruh kelas memperlakukan ikatan sebagai benda.

Talanquer menunjukkan bahwa banyak kesulitan kimia dapat dijelaskan melalui pola penalaran akal sehat yang digunakan bersama, bukan sebagai daftar kesalahan terpisah.

Intervensi kolektif

Guru dapat menampilkan beberapa representasi:

- kurva energi potensial;
- distribusi kerapatan elektron;

- struktur Lewis;
- model ruang;
- kisi kristal;
- data titik leleh dan konduktivitas.

Kelas kemudian mendiskusikan apa yang direpresentasikan dan apa yang tidak direpresentasikan oleh setiap model.

1.7.19 Contoh Miskonsepsi Kolektif tentang Laju Reaksi

Penelitian terhadap peserta didik sekolah menengah dan mahasiswa calon guru menemukan sejumlah konsepsi alternatif kinetika yang bertahan lintas jenjang. Beberapa kesulitan mahasiswa mempunyai pola yang sama dengan peserta didik sekolah menengah, menunjukkan bahwa pengajaran yang lebih lama tidak otomatis menghilangkan konsepsi tersebut.

Pola kolektif meliputi:

- reaksi eksoterm selalu berlangsung lebih cepat;
- konsentrasi tinggi selalu menghasilkan produk lebih banyak;
- katalis meningkatkan jumlah produk;
- katalis hanya mempercepat reaksi maju;
- energi aktivasi sama dengan ΔH ;
- suhu meningkatkan ukuran partikel;
- orde reaksi dapat langsung dibaca dari koefisien;
- laju reaksi menjadi nol ketika pereaksi masih tersisa.

Kesalahan tersebut menunjukkan hubungan lintas topik. Miskonsepsi kinetika dapat berakar pada termokimia dan kesetimbangan. Dengan demikian, pola kolektif pada satu topik dapat berasal dari kelemahan kolektif pada konsep prasyarat.

1.7.20 Contoh Miskonsepsi Kolektif tentang Kesetimbangan

Kesetimbangan kimia sangat rentan terhadap miskonsepsi kolektif karena istilah dan representasinya mudah dipahami secara sehari-hari.

Pola yang sering muncul:

- reaksi berhenti pada kesetimbangan;
- konsentrasi pereaksi dan produk sama;
- reaksi maju terjadi dahulu, lalu reaksi balik;
- sisi kiri dan kanan merupakan ruang terpisah;
- katalis menggeser kesetimbangan;
- perubahan konsentrasi mengubah nilai K;
- sistem selalu “melawan” perubahan tanpa analisis kondisi;
- penambahan zat padat selalu menggeser kesetimbangan;
- gas inert selalu menggeser kesetimbangan.

Kajian terhadap bahasa buku teks menemukan bahwa beberapa cara penyajian dapat memberi ruang bagi interpretasi yang tidak ilmiah dan memperkuat konsepsi yang telah tersebar pada berbagai tingkat pendidikan.

Mekanisme kolektif

1. Kata *setimbang* dipahami sebagai sama banyak.
2. Persamaan ditulis dengan dua sisi.
3. Panah bolak-balik dipahami sebagai proses bergantian.
4. Grafik mendatar dipahami sebagai reaksi berhenti.
5. Asas Le Chatelier dihafal sebagai sistem “melawan perubahan”.
6. Soal ujian memberi penghargaan pada prediksi arah tanpa alasan partikular.

Seluruh sistem pembelajaran dapat menghasilkan pola yang sama.

1.7.21 Contoh Miskonsepsi Kolektif tentang Asam-Basa

Konsepsi kolektif asam-basa dipengaruhi bahasa populer dan pengalaman sehari-hari:

- kuat berarti pekat;
- lemah berarti aman;
- asam selalu berbahaya;
- basa selalu mengandung OH^- dalam rumus;
- semakin banyak H semakin kuat asam;
- pH besar berarti lebih asam;

- asam lemah tidak menghasilkan ion;
- netralisasi selalu menghasilkan pH 7;
- indikator mengubah sifat larutan;
- larutan netral tidak mengandung H_3O^+ atau OH^- .

Penelitian pada peserta didik sekolah menengah menunjukkan bahwa konsepsi alternatif tersebut dapat mempunyai tingkat kekuatan yang berbeda. Artinya, pola kolektif tidak berarti seluruh anggota kelas mempunyai komitmen yang sama.

Contoh distribusi kelas

Konsepsi	Persentase peserta didik	Keyakinan rata-rata
Asam kuat selalu pekat	55%	Tinggi
Netralisasi selalu pH 7	70%	Sedang
Asam lemah tidak terionisasi	35%	Tinggi
pH besar berarti lebih asam	20%	Rendah

Guru dapat memprioritaskan konsepsi berdasarkan prevalensi dan kekuatannya.

1.7.22 Contoh Miskonsepsi Kolektif tentang Larutan

Konsep larutan sering disederhanakan menjadi “campuran homogen”, tetapi pemahaman proses pada tingkat partikel lebih kompleks.

Pola kolektif:

- zat terlarut hilang;
- pelarutan sama dengan pelelehan;
- semua zat yang larut mengalami ionisasi;
- senyawa ionik larut sebagai molekul netral;
- air memecah molekul menjadi atom;
- larutan jenuh tidak mempunyai proses pelarutan;
- penambahan pelarut mengurangi jumlah zat terlarut;
- gas tidak dapat larut dalam cairan;
- larutan supersaturasi selalu mengandung endapan.

Penelitian tentang kimia larutan menemukan bahwa banyak mahasiswa tidak mampu menerapkan pengetahuan kimia pada situasi kehidupan nyata dan mempertahankan miskonsepsi mengenai larutan jenuh, tidak jenuh, supersaturasi, sifat larutan, dan kelarutan gas.

Kajian terbaru mengenai pelarutan senyawa ionik, molekuler, dan asam juga menegaskan bahwa konsepsi alternatif dapat berkaitan dengan cara topik tersebut diajarkan pada tingkat sekolah menengah.

1.7.23 Miskonsepsi Kolektif Lintas Jenjang

Salah satu indikator kuat bahwa suatu miskonsepsi bersifat luas adalah kemunculannya pada beberapa jenjang pendidikan.

Konsepsi alternatif kinetika yang ditemukan pada peserta didik sekolah menengah juga ditemukan pada mahasiswa, termasuk calon guru.

Kajian terhadap mahasiswa kimia tahun keempat menunjukkan bahwa sebagian konsepsi alternatif kimia organik mencerminkan kesulitan yang sebelumnya ditemukan pada kimia pengantar. Hal ini menunjukkan bahwa konsepsi dapat bertahan melalui pengalaman belajar yang panjang.

Kesamaan lintas jenjang dapat terjadi karena:

- konsep dasar tidak pernah benar-benar diremediasi;
- kurikulum mengulang prosedur tanpa memperdalam model;
- asesmen lebih menilai hasil daripada alasan;
- calon guru membawa konsepsi ke dalam praktik mengajar;
- buku teks menggunakan representasi yang sama;
- istilah intuitif terus dipakai.

Keadaan tersebut membentuk lingkaran:

miskonsepsi peserta didik → calon guru → praktik pengajaran → miskonsepsi generasi berikutnya

Karena itu, pendidikan guru mempunyai peran penting dalam memutus siklus.

1.7.24 Peran Guru dalam Membentuk atau Memperbaiki Pola Kolektif

Guru merupakan mediator utama bahasa ilmiah di kelas. Penjelasan, pertanyaan, respons terhadap kesalahan, dan representasi yang dipilih dapat:

- mengungkap miskonsepsi;
- membiarkannya tersembunyi;
- menguatkannya;

- atau membantu merekonstruksinya.

Program pendidikan calon guru kimia yang memberi pengalaman aktif, kolaboratif, dan reflektif mengenai diagnosis serta remediasi miskonsepsi menunjukkan bahwa calon guru dapat meningkatkan kesadarannya terhadap variasi konsepsi dan cara menanganinya. Intervensi yang mereka terapkan juga menghasilkan perubahan pada banyak konsepsi peserta didik sekolah menengah.

Guru perlu memahami bahwa koreksi individual di depan kelas tidak otomatis mengubah pola kolektif. Jika satu peserta didik menjawab bahwa katalis meningkatkan hasil produk, guru dapat mengoreksinya. Namun, anggota kelas lain mungkin tetap memegang gagasan serupa tanpa berbicara.

Strategi yang lebih tepat adalah:

1. memetakan jawaban seluruh kelas;
2. menampilkan distribusi secara anonim;
3. meminta alasan setiap pilihan;
4. membandingkan laju dan kesetimbangan;
5. menggunakan grafik atau simulasi;
6. melakukan pemungutan respons ulang;
7. meminta refleksi individual.

Dengan cara ini, pembelajaran menangani struktur kolektif sekaligus memberi ruang perubahan individual.

1.7.25 Peran Buku Teks dan Bahan Ajar

Buku teks merupakan sumber bersama yang dapat menghasilkan konsistensi pembelajaran, tetapi juga dapat menyebarkan penyederhanaan yang sama.

Masalah dapat muncul ketika buku:

- menggunakan bahasa antropomorfis;
- menampilkan model tanpa menjelaskan batasnya;
- menyatakan aturan sebagai hukum universal;
- menggunakan istilah molekul untuk senyawa ionik;
- mencampur tingkat makroskopik dan submikroskopik;
- menampilkan grafik tanpa penjelasan proses;

- memberi soal prosedural tanpa alasan;
- menggunakan panah atau warna secara ambigu.

Pada kesetimbangan, bahasa buku teks telah dikaji karena dapat secara langsung berkaitan dengan konsepsi alternatif peserta didik.

Bahan ajar perlu diuji bukan hanya berdasarkan ketepatan ilmiah menurut ahli, tetapi juga berdasarkan kemungkinan interpretasi peserta didik.

Sebagai contoh, pernyataan:

“Ketika kesetimbangan diganggu, sistem akan melawan gangguan.”

Secara pedagogis, kalimat tersebut ringkas. Namun, peserta didik dapat menganggap sistem mempunyai kehendak dan selalu melakukan kebalikan langsung dari setiap perubahan. Bahan ajar perlu menambahkan analisis kuosien reaksi, perubahan konsentrasi, dan arah proses menuju keadaan setimbang baru.

1.7.26 Peran Asesmen dalam Memperkuat Miskonsepsi Kolektif

Asesmen tidak hanya mengukur pembelajaran, tetapi juga mengarahkan pembelajaran. Jika ujian secara konsisten menilai aturan cepat, guru dan peserta didik akan memusatkan kegiatan pada prosedur tersebut.

Contoh:

- semua soal kesetimbangan diselesaikan dengan kalimat “bergeser ke kanan atau kiri” tanpa alasan;
- soal ikatan hanya meminta klasifikasi ionik atau kovalen;
- soal asam-basa hanya meminta perhitungan pH;
- soal termokimia hanya meminta penggunaan rumus;
- soal atom hanya meminta konfigurasi elektron.

Peserta didik dapat memperoleh nilai tinggi tanpa memahami:

- mekanisme;
- tingkat partikel;
- batas konsep;
- hubungan antarrepresentasi;
- alasan ilmiah.

Kajian terhadap ujian akhir kimia menunjukkan bahwa format dan tuntutan ujian dapat memperkuat kesulitan konseptual karena pembelajaran diarahkan untuk menyesuaikan pola soal.

Pada tingkat kolektif, asesmen dapat menciptakan norma:

“Yang penting memperoleh angka benar.”

Norma tersebut mengurangi kebutuhan untuk memeriksa makna dan memudahkan miskonsepsi bertahan di balik keberhasilan prosedural.

1.7.27 Diagnosis Miskonsepsi Individual

Diagnosis individual berfokus pada struktur pemahaman seorang peserta didik.

Metode yang dapat digunakan:

A. Wawancara klinis

Peserta didik diminta menjelaskan alasan, memperbaiki respons, dan menanggapi kasus baru.

B. *Think-aloud*

Peserta didik mengungkapkan proses berpikir selama menyelesaikan soal.

C. Gambar partikel

Digunakan untuk mengungkap model internal.

D. Tes diagnostik bertingkat

Jawaban, alasan, dan keyakinan dianalisis bersama.

E. Peta konsep

Menunjukkan hubungan antarkonsep.

F. Analisis kesalahan

Guru memeriksa langkah, bukan hanya hasil.

G. Tugas transfer

Konsep diuji pada konteks baru.

H. Percakapan reflektif

Peserta didik membandingkan pemahaman sebelum dan sesudah belajar.

Diagnosis individual menghasilkan profil seperti:

- konsep yang dipahami;

- miskonsepsi yang kuat;
- miskonsepsi lokal;
- pengetahuan parsial;
- representasi yang lemah;
- tingkat keyakinan;
- konsep prasyarat yang belum dikuasai.

1.7.28 Diagnosis Miskonsepsi Kolektif

Diagnosis kolektif perlu menggabungkan data kuantitatif dan kualitatif.

A. Distribusi jawaban

Menunjukkan prevalensi setiap pilihan.

B. Distribusi alasan

Mengungkap apakah peserta didik menggunakan struktur penalaran yang sama.

C. Tingkat keyakinan kelas

Membedakan konsepsi umum yang lemah dan kuat.

D. Analisis kelompok

Respons dikelompokkan berdasarkan pola jawaban dan alasan.

E. Rekaman diskusi

Bahasa, metafora, dan cara gagasan memperoleh dukungan dapat dianalisis.

F. Peta konsep kelas

Peta individual dibandingkan untuk menemukan hubungan yang berulang.

G. Pertanyaan pemungutan suara

Respons sebelum dan setelah diskusi menunjukkan perubahan kelompok.

H. Analisis artefak kelas

Catatan, LKPD, gambar, dan laporan praktikum dapat menunjukkan bahasa bersama.

I. Analisis buku dan asesmen

Sumber konsepsi kolektif ditelusuri.

Pendekatan sosiokultural terhadap praktikum kimia memandang pembelajaran sebagai proses diskursif yang berlangsung melalui bahasa dan interaksi. Analisis percakapan dapat menunjukkan kesempatan peserta didik untuk memperkenalkan, menggunakan, serta merefleksikan bahasa kimia.

1.7.29 Matriks Diagnosis Kelas

Pola kelas	Interpretasi awal	Tindakan
Jawaban salah tinggi, alasan sama, keyakinan tinggi	Miskonsepsi kolektif kuat	Remediasi kelas menyeluruh
Jawaban salah tinggi, alasan beragam	Kesulitan heterogen	Diferensiasi dan diagnosis lanjut
Jawaban benar tinggi, alasan salah tinggi	Pemahaman semu kolektif	Fokus pada alasan dan representasi
Jawaban beragam, diskusi mengarah pada satu miskonsepsi	Pengaruh sosial sedang berkembang	Intervensi diskursus segera
Jawaban benar tinggi, keyakinan rendah	Pemahaman belum stabil	Penguatan dan aplikasi
Miskonsepsi hanya pada subkelompok	Masalah lokal	Dukungan kelompok kecil
Miskonsepsi muncul setelah pembelajaran	Potensi hambatan pedagogis	Audit penjelasan dan bahan ajar

Matriks tersebut mencegah guru memberi satu jenis intervensi untuk semua keadaan.

1.7.30 Analisis Jaringan Konsepsi Kelas

Miskonsepsi kolektif dapat dipandang sebagai jaringan proposisi yang dominan dalam kelas.

Contoh jaringan pada katalis:

- katalis mempercepat reaksi;
- reaksi cepat menghasilkan lebih banyak produk;
- industri membutuhkan produk banyak;
- industri menggunakan katalis;
- katalis meningkatkan hasil kesetimbangan.

Setiap proposisi tampak masuk akal secara terpisah, tetapi hubungan keseluruhannya salah.

Guru dapat menggambarkan jaringan tersebut dan membandingkannya dengan jaringan ilmiah:

- katalis menyediakan jalur alternatif;

- energi aktivasi reaksi maju dan balik menurun;
- waktu mencapai kesetimbangan berkurang;
- nilai K tidak berubah pada suhu tetap;
- komposisi kesetimbangan tidak berubah;
- keuntungan industri dapat berupa kecepatan, efisiensi waktu, atau kondisi operasi yang lebih praktis.

Perbandingan jaringan lebih efektif daripada hanya menyatakan bahwa “katalis tidak menggeser kesetimbangan”.

1.7.31 Remediasi Individual

Remediasi individual diperlukan ketika miskonsepsi berasal dari kebutuhan personal atau hanya dimiliki sebagian kecil peserta didik.

Strategi meliputi:

1. wawancara singkat;
2. pemberian contoh sesuai sumber kesalahan;
3. penggunaan model yang berbeda;
4. latihan berdasarkan konsep prasyarat;
5. umpan balik terhadap alasan;
6. refleksi keyakinan;
7. tugas transfer;
8. pemeriksaan tertunda.

Contoh:

Seorang peserta didik memahami asam kuat dan pekat dengan benar, tetapi salah menghitung pH karena kesulitan logaritma. Ia tidak memerlukan pengajaran ulang seluruh konsep asam-basa, melainkan penguatan matematika dan pemeriksaan kemasukakalan hasil.

Peserta didik lain dapat menghitung pH dengan benar tetapi yakin bahwa asam kuat selalu pekat. Ia memerlukan remediasi konseptual menggunakan model ionisasi dan perbandingan larutan.

1.7.32 Remediasi Kolektif

Remediasi kolektif diperlukan ketika pola yang sama terdapat pada banyak peserta didik.

A. Menampilkan variasi konsepsi secara anonim

Guru menunjukkan beberapa penjelasan tanpa menyebut nama.

B. Meminta prediksi

Setiap konsepsi digunakan untuk memprediksi fenomena.

C. Menguji dengan bukti

Eksperimen, simulasi, data, atau model digunakan untuk membandingkan prediksi.

D. Membangun argumentasi kelas

Peserta didik menilai klaim berdasarkan bukti.

E. Memperjelas bahasa

Istilah dan metafora yang menyesatkan dibahas.

F. Menghubungkan representasi

Makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis diterjemahkan secara eksplisit.

G. Menyusun model bersama

Kelas membangun representasi ilmiah yang disepakati berdasarkan bukti.

H. Melakukan pemungutan respons ulang

Perubahan pilihan dan alasan diperiksa.

I. Refleksi individual

Setiap peserta didik tetap harus menuliskan perubahan pemahamannya sendiri.

Remediasi kolektif bukan berarti mengganti pemikiran individual dengan pendapat mayoritas. Tujuannya adalah membangun lingkungan argumentatif yang memungkinkan setiap peserta didik mengevaluasi konsepsinya.

1.7.33 Contoh Remediasi Kolektif: Pemutusan Ikatan dan Energi

Diagnosis awal

Mayoritas kelas menyatakan:

“Pemutusan ikatan melepaskan energi yang tersimpan.”

Tahap 1: Prediksi

Peserta didik memprediksi perubahan energi ketika satu molekul H_2 dipisahkan menjadi dua atom H.

Tahap 2: Model energi

Guru menampilkan kurva energi potensial terhadap jarak antarnukleus.

Tahap 3: Pertanyaan

- Mengapa atom yang berikatan berada pada energi lebih rendah?
- Apa yang diperlukan untuk menjauhkan atom?
- Apa yang terjadi ketika atom kembali membentuk ikatan?

Tahap 4: Rekonstruksi

Kelas membangun proposisi:

- pemutusan ikatan memerlukan energi;
- pembentukan ikatan melepaskan energi;
- energi reaksi total bergantung pada kedua proses.

Tahap 5: Transfer

Konsep diterapkan pada:

- pembakaran;
- hidrogenasi;
- metabolisme;
- energi ikatan rata-rata.

Tahap 6: Refleksi individual

Setiap peserta didik menuliskan perbedaan penjelasan awal dan akhir.

Pendekatan ini menangani bahasa kelas sekaligus perubahan personal.

1.7.34 Contoh Remediasi Kolektif: Asam Kuat dan Pekat**Diagnosis awal**

Sebagian besar kelas menyamakan kekuatan asam dan konsentrasi.

Perbandingan empat sistem

1. asam kuat pekat;
2. asam kuat encer;
3. asam lemah pekat;
4. asam lemah encer.

Representasi

Setiap sistem digambarkan berdasarkan:

- jumlah partikel awal;
- volume;
- fraksi ionisasi;
- konsentrasi ion;
- perkiraan pH.

Diskusi

Kelas membedakan:

- identitas asam;
- kekuatan;
- konsentrasi;
- derajat ionisasi;
- pH.

Evaluasi

Peserta didik diberi contoh baru agar tidak hanya menghafal HCl dan CH_3COOH .

Pada tingkat individual, beberapa peserta didik mungkin tetap kesulitan membedakan persentase ionisasi dan konsentrasi ion. Mereka memerlukan dukungan tambahan.

1.7.35 Peran Diskusi Argumentatif

Diskusi hanya bermanfaat apabila berorientasi pada alasan. Guru perlu membangun pola:

klaim → bukti → penalaran → evaluasi alternatif

Contoh pada kesetimbangan:

Klaim A: Konsentrasi pereaksi dan produk sama.

Klaim B: Konsentrasi tetap tetapi tidak harus sama.

Bukti: Grafik konsentrasi menunjukkan nilai mendatar yang berbeda.

Penalaran: Keadaan setimbang ditentukan oleh kesamaan laju maju dan balik.

Evaluasi: Klaim B lebih sesuai dengan data.

Diskusi argumentatif mengubah kelas dari tempat menerima jawaban menjadi komunitas yang menguji penjelasan.

Namun, guru harus mencegah argumentasi berubah menjadi kompetisi retorik. Penjelasan yang paling percaya diri belum tentu paling ilmiah. Bukti dan koherensi harus menjadi dasar.

1.7.36 Risiko Mengandalkan Koreksi Teman Sebaya

Teman sebaya dapat membantu menjelaskan dengan bahasa yang lebih mudah dipahami. Namun, terdapat risiko:

- peserta didik ahli semu menyebarkan miskonsepsi;
- kelompok mencapai konsensus tanpa bukti;
- anggota pasif mengikuti mayoritas;
- bahasa informal mengaburkan makna;
- jawaban akhir benar tetapi alasan salah.

Guru perlu memantau diskusi dan meminta setiap kelompok menunjukkan:

1. konsep yang digunakan;
2. alasan;
3. representasi;
4. bukti;
5. bagian yang masih diragukan.

Hasil kelompok harus diikuti refleksi individual agar guru mengetahui apakah setiap anggota benar-benar memahami.

1.7.37 Miskonsepsi Kolektif dan Budaya Kelas

Budaya kelas menentukan apakah konsepsi peserta didik dapat terlihat dan berubah.

Budaya yang kurang mendukung ditandai oleh:

- hanya jawaban cepat yang dihargai;
- kesalahan dipermalukan;
- guru selalu menjadi sumber final tanpa argumentasi;
- peserta didik tidak diminta menjelaskan;
- eksperimen hanya mengikuti resep;
- diskusi berorientasi pada kunci jawaban;
- ketidakpastian dianggap kelemahan.

Budaya semacam itu dapat menyembunyikan miskonsepsi. Peserta didik belajar memberikan bahasa yang diinginkan guru, tetapi tetap mempertahankan model intuitifnya.

Budaya yang mendukung perubahan konseptual ditandai oleh:

- kesalahan diperlakukan sebagai data;
- peserta didik boleh merevisi jawaban;
- alasan lebih penting daripada kecepatan;
- bukti digunakan untuk menilai klaim;
- model dibandingkan;
- ketidakpastian dinyatakan secara terbuka;
- refleksi menjadi bagian pembelajaran.

Belajar bahasa kimia dalam kegiatan praktikum juga perlu dipahami sebagai proses sosial. Kesempatan untuk memperkenalkan, menggunakan, dan merefleksikan istilah ilmiah menentukan apakah pengalaman laboratorium benar-benar menghasilkan pembelajaran konseptual.

1.7.38 Miskonsepsi Kolektif dan Kebijakan Kurikulum

Jika miskonsepsi yang sama ditemukan secara luas pada banyak sekolah, masalahnya tidak cukup ditangani melalui remediasi peserta didik. Kurikulum perlu diperiksa.

Pertanyaan evaluasi kurikulum:

1. Apakah konsep prasyarat diajarkan sebelum konsep lanjutan?
2. Apakah model diperkenalkan beserta keterbatasannya?

3. Apakah istilah digunakan secara konsisten?
4. Apakah hubungan makro-submikro-simbolik dibuat eksplisit?
5. Apakah asesmen menilai alasan?
6. Apakah konsep diperiksa kembali setelah jeda waktu?
7. Apakah guru memperoleh panduan tentang miskonsepsi umum?
8. Apakah buku teks telah ditelaah dari perspektif interpretasi peserta didik?

Miskonsepsi kolektif dapat menjadi indikator bahwa terdapat ketidaksesuaian sistemik antara cara konsep diajarkan dan cara peserta didik membangun makna.

1.7.39 Miskonsepsi Kolektif dan Pendidikan Guru

Calon guru harus belajar bukan hanya konsep kimia, tetapi juga:

- konsepsi yang sering dimiliki peserta didik;
- metode diagnosis;
- cara membaca alasan;
- batas analogi;
- penggunaan multipel representasi;
- strategi diskusi;
- desain konflik kognitif;
- interpretasi keyakinan;
- evaluasi retensi.

Jika calon guru mempertahankan miskonsepsi, risiko penyebarannya tinggi karena penjelasan guru mempunyai otoritas. Penelitian menunjukkan bahwa konsepsi alternatif dapat ditemukan pada mahasiswa dan calon guru, termasuk pada kinetika serta topik kimia tingkat lanjut.

Pendidikan guru harus memberi kesempatan kepada calon guru untuk:

1. mengalami tes diagnostik;
2. menganalisis respons nyata peserta didik;
3. mengembangkan pertanyaan;
4. merancang remediasi;

5. mengajar;
6. mengevaluasi perubahan;
7. merefleksikan bahasanya sendiri.

Program calon guru yang menempatkan praktik kolaboratif dan reflektif di pusat pembelajaran menunjukkan hasil positif dalam meningkatkan kesadaran serta kemampuan menangani miskonsepsi.

1.7.40 Analisis Kritis terhadap Istilah “Miskonsepsi Kolektif”

Istilah miskonsepsi kolektif berguna, tetapi mempunyai risiko.

Risiko 1: Menganggap kelompok sebagai satu pikiran

Kelas selalu memiliki variasi individual. Persentase mayoritas tidak mewakili semua anggota.

Risiko 2: Melabel budaya atau komunitas

Pernyataan seperti “peserta didik dari budaya tertentu selalu salah memahami konsep” merupakan generalisasi yang tidak dapat dibenarkan tanpa bukti kuat.

Risiko 3: Mengabaikan alasan berbeda

Jawaban yang sama dapat dihasilkan melalui proses berbeda.

Risiko 4: Menghapus tanggung jawab sistem

Miskonsepsi dapat disebut sebagai masalah peserta didik, padahal dibentuk oleh kurikulum atau penjelasan.

Risiko 5: Menganggap prevalensi sebagai stabilitas

Respons yang sering muncul belum tentu diyakini kuat.

Risiko 6: Menggunakan mayoritas sebagai standar kebenaran

Konsep ilmiah tidak ditentukan oleh voting kelas.

Oleh karena itu, istilah miskonsepsi kolektif sebaiknya digunakan untuk menyatakan:

“Pola konseptual yang berulang dan memperoleh dukungan dari sumber atau praktik yang dibagikan.”

Istilah tersebut bukan label permanen terhadap kelompok.

1.7.41 Implikasi Metodologis bagi Penelitian

Penelitian miskonsepsi perlu membedakan tingkat analisis.

Tingkat individu

- konsistensi respons;
- model mental;
- alasan;
- keyakinan;
- perubahan dari waktu ke waktu.

Tingkat kelas

- distribusi pola;
- diskursus;
- norma argumentasi;
- pengaruh guru;
- subkelompok konseptual.

Tingkat institusi

- kurikulum;
- buku teks;
- asesmen;
- pendidikan guru.

Tingkat sosial-budaya

- bahasa sehari-hari;
- media;
- metafora;
- penggunaan istilah ilmiah dalam masyarakat.

Penelitian yang hanya menggunakan persentase pilihan ganda tidak cukup untuk mengungkap interaksi antartingkat. Desain yang lebih kuat dapat menggabungkan:

- tes diagnostik;
- wawancara;

- observasi kelas;
- analisis diskursus;
- analisis buku;
- studi longitudinal;
- perbandingan lintas kelas.

Penelitian perlu berhati-hati ketika menggeneralisasi. Pola pada satu kelas dapat dipengaruhi guru tertentu, sedangkan pola lintas sekolah dapat menunjukkan sumber yang lebih luas.

1.7.42 Model Interaksi Individual–Kolektif

Hubungan antara individu dan kolektif dapat digambarkan sebagai siklus.

Tahap 1: Individu membawa prakonsepsi

Peserta didik memasuki kelas dengan pengalaman dan model personal.

Tahap 2: Konsep diekspresikan

Gagasan muncul melalui jawaban, gambar, dan diskusi.

Tahap 3: Kelompok merespons

Gagasan diterima, ditolak, atau dimodifikasi.

Tahap 4: Otoritas kelas bertindak

Guru, buku, atau kunci jawaban memberikan legitimasi.

Tahap 5: Bahasa bersama terbentuk

Istilah dan penjelasan tertentu menjadi dominan.

Tahap 6: Individu menginternalisasi

Peserta didik memasukkan penjelasan kelompok ke dalam model mentalnya.

Tahap 7: Konsep direproduksi

Gagasan digunakan kembali dalam tugas, percakapan, dan jenjang berikutnya.

Siklus dapat menguatkan miskonsepsi atau mengembangkan konsep ilmiah. Penentu utamanya adalah kualitas diskursus, bukti, representasi, dan mediasi guru.

1.7.43 Contoh Studi Kasus Kelas: Katalis dan Keseimbangan

Situasi awal

Guru memberikan pertanyaan:

“Apa pengaruh katalis pada sistem kesetimbangan?”

Distribusi jawaban:

- 55%: meningkatkan jumlah produk;
- 25%: tidak mengubah komposisi;
- 20%: tidak tahu.

Diskusi kelompok

Seorang peserta didik menyatakan:

“Industri menggunakan katalis agar produk lebih banyak.”

Pernyataan diterima sebagian besar anggota kelompok.

Analisis

Terdapat hubungan kolektif antara:

- kecepatan produksi;
- jumlah produk per waktu;
- hasil kesetimbangan.

Peserta didik belum membedakan **produktivitas proses selama waktu tertentu dan komposisi sistem pada kesetimbangan**.

Intervensi

Guru menampilkan dua grafik menuju komposisi kesetimbangan yang sama:

- tanpa katalis: lebih lambat;
- dengan katalis: lebih cepat.

Kemudian guru meminta peserta didik membedakan:

- laju;
- waktu;
- nilai K;
- komposisi akhir.

Hasil yang diharapkan

Kelas membangun penjelasan bahwa katalis dapat meningkatkan produktivitas industri melalui pengurangan waktu proses tanpa harus mengubah nilai K pada suhu tetap.

Tindak lanjut individual

Peserta didik diminta menjelaskan konsep dalam kasus baru dan menyatakan keyakinan.

Kasus ini menunjukkan perlunya intervensi kelas dan verifikasi individual.

1.7.44 Contoh Studi Kasus Kelas: Senyawa Ionik sebagai Molekul

Diagnosis

Peserta didik menggambar larutan NaCl sebagai pasangan-pasangan NaCl yang dikelilingi molekul air.

Sumber kolektif

- rumus NaCl dibaca seperti HCl;
- model buku menampilkan satu Na dekat satu Cl;
- istilah molekul digunakan untuk semua zat;
- struktur kisi belum dipahami.

Intervensi

Guru membandingkan:

1. model molekul H_2O ;
2. unit formula NaCl;
3. kisi NaCl;
4. larutan yang mengandung Na^+ dan Cl^- terhidrasi.

Pertanyaan

- Apakah terdapat satu unit NaCl yang terpisah dalam kristal?
- Mengapa NaCl padat tidak menghantarkan listrik?
- Apa yang bergerak dalam larutan?
- Apa makna rasio 1:1?

Refleksi

Peserta didik menulis ulang perbedaan molekul, ion, unit formula, dan kisi.

Intervensi tersebut memperbaiki bahasa kolektif sekaligus model individual.

1.7.45 Implikasi bagi Pembelajaran Kimia SMA

Pembedaan miskonsepsi individual dan kolektif menghasilkan beberapa prinsip.

1. Diagnosis harus dilakukan pada dua tingkat

Guru perlu melihat profil kelas dan profil peserta didik.

2. Persentase jawaban tidak cukup

Alasan dan keyakinan harus diperiksa.

3. Diskursus kelas merupakan sumber data

Cara peserta didik berbicara mengungkap makna yang dibagikan.

4. Bahasa guru harus diaudit

Penjelasan yang tidak presisi dapat menyebarkan miskonsepsi.

5. Remediasi kelas harus diikuti refleksi individual

Kesepakatan kelompok belum menjamin perubahan personal.

6. Remediasi individual tidak cukup untuk masalah sistemik

Jika pola berasal dari buku atau asesmen, sumber tersebut harus diperbaiki.

7. Kelompok heterogen memerlukan diferensiasi

Subkelompok memiliki kebutuhan berbeda.

8. Argumentasi harus berbasis bukti

Mayoritas tidak menentukan kebenaran konsep.

9. Konsep perlu diuji lintas representasi

Miskonsepsi kolektif dapat tersembunyi pada salah satu tingkat.

10. Perubahan perlu diperiksa setelah jeda waktu

Konsepsi kolektif dapat kembali aktif melalui bahasa dan kebiasaan kelas.

1.7.46 Implikasi bagi Asesmen

Asesmen yang peka terhadap tingkat individual dan kolektif dapat dirancang sebagai berikut.

Bagian individual

- jawaban;
- alasan;

- keyakinan;
- gambar;
- penjelasan.

Bagian kelompok

- diskusi;
- jawaban konsensus;
- bukti yang digunakan;
- perubahan pendapat;
- catatan ketidaksepakatan.

Guru dapat membandingkan:

1. respons individu sebelum diskusi;
2. respons kelompok;
3. respons individu setelah diskusi.

Pola tersebut menunjukkan apakah:

- kelompok membantu perubahan;
- individu hanya mengikuti mayoritas;
- miskonsepsi menyebar;
- konsep ilmiah memperoleh dukungan.

1.7.47 Implikasi Etis

Miskonsepsi perlu dipisahkan dari identitas peserta didik. Guru tidak seharusnya mengatakan:

- “Kelas ini memang lemah.”
- “Anak-anak selalu salah memahami kimia.”
- “Kelompok ini tidak mampu berpikir abstrak.”

Pernyataan tersebut mengubah diagnosis konseptual menjadi label sosial.

Bahasa yang tepat:

“Pola jawaban kelas menunjukkan bahwa perbedaan antara laju dan kesetimbangan belum terbentuk secara kuat.”

Pendekatan ini:

- berfokus pada konsep;
- membuka kemungkinan perubahan;
- menghindari stigma;
- mengarahkan tindakan pembelajaran.

Miskonsepsi kolektif bukan bukti rendahnya kemampuan suatu kelompok. Pola tersebut dapat menunjukkan bahwa pengalaman belajar yang sama menghasilkan penafsiran yang sama.

1.7.48 Sintesis

Miskonsepsi individual adalah pemahaman tidak ilmiah yang dimiliki dan digunakan oleh seorang peserta didik. Miskonsepsi kolektif adalah pola konsepsi yang muncul berulang dalam kelompok dan memperoleh dukungan dari pengalaman, bahasa, representasi, atau praktik sosial yang dibagikan.

Keduanya berbeda pada unit analisis, tetapi tidak dapat dipisahkan secara mutlak. Individu membawa gagasan ke dalam diskusi, kelompok memberi legitimasi atau tantangan, dan individu kemudian menginternalisasi hasil interaksi.

Miskonsepsi kolektif dapat terbentuk melalui:

- pengalaman inderawi yang sama;
- bahasa sehari-hari;
- buku teks;
- penjelasan guru;
- kurikulum;
- ujian;
- interaksi teman sebaya;
- media;
- pola penalaran akal sehat.

Prevalensi jawaban salah belum cukup membuktikan miskonsepsi kolektif. Guru perlu memeriksa kesamaan alasan, tingkat keyakinan, sumber, dan proses sosial yang mendukungnya.

Miskonsepsi kolektif tidak berarti seluruh anggota kelas berpikir sama. Di dalam kelas dapat terdapat pemahaman ilmiah, pengetahuan parsial, miskonsepsi lokal, miskonsepsi kuat, dan ketidaktahuan. Diagnosis perlu memetakan subkelompok tersebut.

Remediasi individual menargetkan kebutuhan personal, sedangkan remediasi kolektif menargetkan bahasa, model, diskursus, dan pengalaman bersama. Masalah yang bersumber dari kurikulum, buku, atau asesmen tidak dapat diselesaikan hanya dengan mengoreksi peserta didik.

Pembedaan antara miskonsepsi individual dan kolektif juga menunjukkan bahwa dampak miskonsepsi dapat menjalar. Konsepsi yang tidak diperbaiki pada tingkat individu dapat menghambat penguasaan konsep berikutnya. Apabila pola tersebut dimiliki secara kolektif, satu kelas atau satu angkatan dapat memasuki materi lanjutan dengan fondasi yang rapuh. Pembahasan berikutnya akan menguraikan bagaimana miskonsepsi pada konsep dasar memengaruhi pembelajaran kimia lanjutan dan membentuk rantai kesulitan antartopik.

1.8 Dampak Miskonsepsi terhadap Pembelajaran Lanjutan

1.8.1 Pembelajaran Kimia Bersifat Kumulatif dan Saling Bergantung

Pembelajaran kimia tidak tersusun sebagai kumpulan topik yang sepenuhnya terpisah. Struktur atom berhubungan dengan sistem periodik; sistem periodik menjadi dasar untuk memahami ikatan kimia; ikatan dan struktur berkaitan dengan sifat zat; konsep mol dan persamaan reaksi menjadi fondasi stoikiometri; stoikiometri diperlukan dalam termokimia, larutan, kesetimbangan, asam-basa, dan elektrokimia. Kesalahan pada konsep awal karena itu dapat memengaruhi banyak konsep berikutnya.

Sifat kumulatif tersebut membuat miskonsepsi berbeda dari kekurangan informasi biasa. Ketika peserta didik belum mengetahui suatu fakta, informasi yang benar dapat ditambahkan. Namun, ketika peserta didik telah memiliki hubungan konseptual yang salah, pengetahuan baru akan ditafsirkan melalui hubungan tersebut. Miskonsepsi tidak hanya meninggalkan ruang kosong, tetapi dapat mengarahkan cara informasi berikutnya dipilih, diorganisasi, dan digunakan.

Sebagai contoh, peserta didik yang menganggap semua materi tersusun atas partikel-partikel kecil yang masih memiliki sifat makroskopik zat dapat menyatakan bahwa:

- molekul air bersifat basah;
- atom tembaga berwarna merah;
- molekul gula mempunyai rasa manis;
- satu atom besi bersifat keras;
- partikel logam individual menghantarkan listrik.

Kesalahan tersebut selanjutnya memengaruhi pemahaman tentang struktur zat, gaya antarmolekul, perubahan wujud, pelarutan, konduktivitas, dan hubungan struktur–sifat. Masalahnya bukan hanya ketidakmampuan mendefinisikan atom atau molekul, melainkan kegagalan memahami bahwa banyak sifat kimia dan fisika muncul dari struktur serta interaksi kolektif sejumlah besar partikel. Perspektif tentang sifat emergen menunjukkan bahwa kegagalan mengoordinasikan entitas, susunan, interaksi, dan kondisi sistem merupakan salah satu sumber penting kesulitan belajar kimia.

Karena konsep saling terhubung, pembelajaran lanjutan tidak dapat dibangun secara kokoh di atas konsepsi dasar yang keliru. Guru mungkin telah berpindah ke bab baru, tetapi secara kognitif peserta didik masih membawa persoalan lama. Miskonsepsi kemudian berfungsi sebagai fondasi rapuh yang menambah kesulitan pada setiap tingkat berikutnya.

1.8.2 Pengertian Dampak terhadap Pembelajaran Lanjutan

Dalam subbab ini, **dampak miskonsepsi terhadap pembelajaran lanjutan** dimaknai sebagai:

Pengaruh langsung maupun tidak langsung dari konsepsi yang tidak ilmiah terhadap kemampuan peserta didik memahami, menghubungkan, menerapkan, mentransfer, dan mengembangkan konsep kimia pada tingkat kompleksitas yang lebih tinggi.

Dampak tersebut dapat muncul dalam beberapa bentuk.

1. **Hambatan konseptual**, yaitu konsep baru tidak dapat dipahami karena konsep prasyaratnya salah.
2. **Distorsi interpretasi**, yaitu konsep baru diterima tetapi dimaknai melalui kerangka lama.
3. **Fragmentasi pengetahuan**, yaitu peserta didik menambah istilah baru tanpa membangun jaringan hubungan.
4. **Kesalahan prosedural lanjutan**, yaitu algoritma digunakan berdasarkan asumsi konseptual yang salah.
5. **Kegagalan transfer**, yaitu konsep hanya dapat digunakan pada soal yang sama dengan contoh.
6. **Miskonsepsi turunan**, yaitu satu miskonsepsi dasar menghasilkan sejumlah konsepsi salah baru.
7. **Beban kognitif tambahan**, yaitu peserta didik harus mengelola konsep ilmiah, konsepsi lama, simbol, dan prosedur secara bersamaan.
8. **Kesulitan metakognitif**, yaitu peserta didik tidak menyadari bahwa fondasi pemahamannya bermasalah.

9. **Dampak afektif**, seperti menurunnya keyakinan, minat, ketekunan, atau rasa memiliki dalam pembelajaran kimia.
10. **Hambatan pada pendidikan berikutnya**, yaitu konsepsi SMA terbawa ke perguruan tinggi atau profesi keguruan.

Dampak tersebut tidak selalu terlihat melalui nilai rendah. Peserta didik dapat memperoleh hasil ujian yang baik karena menguasai algoritma, tetapi tidak mampu menjelaskan makna kimia dari hasil tersebut. Penelitian pada konsep kimia kuantum tingkat SMA menemukan bahwa kinerja peserta didik relatif lebih tinggi pada soal mengingat dan prosedural daripada soal yang menuntut pemahaman konseptual dan berpikir kritis. Sebagian peserta didik juga membangun model hibrida yang mencampurkan model planet dengan model mekanika kuantum.

Dengan demikian, dampak miskonsepsi harus dinilai melalui kualitas struktur pengetahuan, bukan hanya jumlah jawaban benar.

1.8.3 Landasan Historis: dari Penambahan Informasi menuju Perubahan Konseptual

Pandangan lama terhadap belajar sering menggambarkan pembelajaran sebagai penambahan pengetahuan. Peserta didik dianggap semakin memahami ketika semakin banyak fakta, istilah, dan rumus tersimpan dalam ingatan. Kesalahan dipandang sebagai kekurangan yang dapat diperbaiki melalui penjelasan ulang dan latihan tambahan.

Kajian konsepsi peserta didik mengubah pandangan tersebut. Nakhleh menunjukkan bahwa peserta didik dapat memasuki pembelajaran kimia dengan konsepsi yang menghambat penerimaan konsep ilmiah. Pengetahuan baru tidak ditempatkan ke dalam struktur netral, tetapi berinteraksi dengan gagasan yang telah ada. Karena itu, pengajaran kimia harus mengidentifikasi bagaimana peserta didik menafsirkan materi, bukan hanya memastikan bahwa materi telah disampaikan.

Temuan Mulford dan Robinson melalui *Chemical Concepts Inventory* memperkuat persoalan tersebut. Mahasiswa memasuki kimia umum dengan berbagai konsepsi alternatif mengenai atom dan molekul, perilaku mikroskopik, kalor dan suhu, rumus kimia, gas, serta konsep dasar lainnya. Perkuliahan kimia umum tradisional hanya menghasilkan peningkatan yang relatif terbatas pada pemahaman konsep dasar tersebut.

Temuan ini penting bagi pendidikan kimia SMA. Apabila miskonsepsi dasar tidak diidentifikasi dan diremediasi, perpindahan jenjang pendidikan tidak otomatis memperbaikinya. Peserta didik mungkin mempelajari lebih banyak rumus dan model, tetapi tetap menggunakan penalaran lama.

Perkembangan teori *learning progression* kemudian menekankan bahwa pemahaman ilmiah berkembang melalui lintasan yang menghubungkan bentuk pemikiran awal, tingkat antara,

dan bentuk penalaran yang lebih canggih. Perkembangan tidak selalu linear dan tidak hanya berupa penggantian satu jawaban salah dengan satu jawaban benar. Peserta didik perlu mengembangkan cara mengidentifikasi zat, menghubungkan struktur dengan sifat, menjelaskan sebab kimia, memahami mekanisme, mengendalikan proses, dan menilai manfaat serta risiko.

Kajian sistematis mengenai progresi belajar konsep materi juga menunjukkan bahwa progresi dapat digunakan untuk pengembangan kurikulum dan butir asesmen, tetapi penerjemahannya ke dalam urutan isi pembelajaran tetap memerlukan perhatian terhadap tingkat pemahaman antara dan jalur perkembangan yang tidak selalu seragam.

Miskonsepsi menjadi masalah karena dapat menahan peserta didik pada tingkat penalaran awal atau mengarahkannya ke jalur perkembangan yang tidak produktif.

1.8.4 Efek Rantai dan Efek Kaskade

Dampak miskonsepsi dapat digambarkan sebagai **efek kaskade**, yaitu kesalahan pada satu konsep dasar menjalar ke sejumlah konsep lanjutan.

Misalkan peserta didik mempunyai miskonsepsi:

“Atom, molekul, dan ion merupakan istilah yang dapat dipertukarkan untuk menyebut partikel kecil.”

Miskonsepsi tersebut dapat menghasilkan rantai berikut:

1. NaCl dianggap tersusun atas molekul-molekul NaCl.
2. Pelarutan NaCl dianggap memisahkan molekul, bukan melepaskan ion dari kisi.
3. Konduktivitas larutan dijelaskan melalui gerak molekul netral.
4. Persamaan ion bersih sulit dipahami.
5. Elektrolisis dianggap memindahkan molekul ke elektrode.
6. Jembatan garam dianggap sebagai jalur elektron.
7. Reaksi redoks tidak dipahami sebagai perubahan keadaan elektron atau bilangan oksidasi.
8. Keseimbangan kelarutan diperlakukan sebagai proses molekuler biasa.

Satu miskonsepsi kategorisasi menghasilkan kesulitan pada ikatan, larutan, elektrolit, redoks, dan elektrokimia.

Efek kaskade juga dapat terjadi pada konsep kuantitatif. Peserta didik yang menganggap koefisien reaksi sebagai perbandingan massa dapat:

1. menggunakan massa langsung dalam rasio koefisien;
2. salah menentukan pereaksi pembatas;
3. salah menghitung hasil teoretis;
4. salah menghitung kalor reaksi berdasarkan jumlah mol;
5. salah menentukan konsentrasi setelah reaksi;
6. salah menyusun tabel kesetimbangan;
7. salah menghitung pH campuran;
8. salah menentukan jumlah elektron dalam elektrolisis.

Karena kesalahan akhir muncul pada topik lanjutan, guru dapat keliru menyimpulkan bahwa peserta didik tidak memahami kesetimbangan atau elektrokimia. Padahal, akar utamanya terletak pada konsep mol, persamaan reaksi, atau stoikiometri.

Analisis dampak miskonsepsi karena itu perlu membedakan:

- **miskonsepsi akar**, yaitu kesalahan pada konsep prasyarat;
- **miskonsepsi antara**, yaitu kesalahan yang muncul saat konsep dasar diterapkan;
- **miskonsepsi turunan**, yaitu kesalahan baru pada materi lanjutan;
- **gejala permukaan**, yaitu jawaban salah yang tampak pada soal tertentu.

Remediasi yang hanya memperbaiki gejala permukaan dapat gagal karena miskonsepsi akar masih berfungsi.

1.8.5 Konsep Ambang dan Hambatan Konseptual

Beberapa konsep mempunyai posisi sangat penting karena menjadi pintu masuk menuju sejumlah besar pemahaman lanjutan. Konsep semacam ini dapat diperlakukan sebagai **konsep ambang** atau *conceptual bottleneck*. Jika konsep tersebut belum dipahami, kemajuan pada banyak topik akan terhambat.

Dalam kimia SMA, konsep ambang tersebut antara lain:

- sifat partikulat materi;
- perbedaan atom, molekul, ion, unsur, senyawa, dan zat;
- konservasi atom, massa, muatan, dan energi;
- konsep mol;
- hubungan struktur–sifat;

- energi dan kestabilan relatif;
- reaksi reversibel dan kesetimbangan dinamis;
- transfer elektron;
- kekuatan asam dan kesetimbangan ionisasi;
- perbedaan laju, energi, dan spontanitas;
- makna representasi simbolik.

Miskonsepsi pada konsep ambang mempunyai dampak yang tidak proporsional. Kesalahan kecil secara verbal dapat menghasilkan hambatan besar secara konseptual.

Sebagai contoh, pernyataan:

“Atom berikatan agar memenuhi oktet.”

tampak seperti penyederhanaan lokal. Namun, apabila dijadikan penjelasan universal, pernyataan tersebut menghambat pemahaman tentang:

- energi ikatan;
- kestabilan relatif;
- pengecualian oktet;
- resonansi;
- delokalisasi elektron;
- ikatan logam;
- senyawa koordinasi;
- reaktivitas molekul yang memenuhi oktet;
- mekanisme reaksi organik.

Kajian tentang pembelajaran ikatan kimia menunjukkan bahwa topik ini bersifat fundamental sekaligus kompleks. Kesulitan peserta didik meliputi struktur, jenis ikatan, energi, gaya antarmolekul, kisi, representasi, dan keterkaitan dengan sifat zat. Karena ikatan menjadi dasar banyak topik berikutnya, kesalahpahaman pada bagian ini mempunyai dampak luas.

1.8.6 Pengetahuan Baru Dapat Diasimilasikan ke dalam Kerangka yang Salah

Miskonsepsi tidak selalu menyebabkan peserta didik menolak informasi baru. Dalam banyak keadaan, peserta didik menerima istilah atau fakta baru, tetapi memasukkannya ke dalam kerangka lama.

Sebagai contoh, peserta didik semula percaya bahwa elektron mengelilingi inti seperti planet. Setelah mempelajari orbital, ia dapat mengatakan:

“Orbital adalah jalur yang dilewati elektron.”

Istilah ilmiah “orbital” telah ditambahkan, tetapi maknanya masih dibangun berdasarkan orbit klasik.

Pada kesetimbangan, peserta didik dapat menghafal bahwa laju reaksi maju sama dengan laju reaksi balik. Namun, ia tetap beranggapan bahwa jumlah pereaksi dan produk harus sama. Ia kemudian menyusun model sintetik:

“Laju kedua reaksi sama karena jumlah kedua sisi sudah sama.”

Pada termokimia, peserta didik dapat menghafal bahwa pemutusan ikatan memerlukan energi. Namun, ketika menjelaskan pembakaran, ia kembali menyatakan bahwa energi bahan bakar keluar dari ikatan yang putus. Pengetahuan ilmiah dipakai pada soal definisi, sedangkan konsepsi lama digunakan pada penjelasan kausal.

Proses semacam ini menghasilkan pengetahuan berlapis:

- istilah baru;
- prosedur baru;
- representasi baru;
- tetapi hubungan kausal lama.

Akibatnya, peserta didik tampak mengalami kemajuan karena kosakatanya bertambah. Pada kenyataannya, struktur pengetahuan belum berubah secara mendasar.

1.8.7 Fragmentasi dan Lemahnya Organisasi Pengetahuan

Miskonsepsi dapat membuat pengetahuan kimia tersimpan sebagai bagian-bagian yang tidak terhubung. Peserta didik mengetahui banyak fakta, tetapi tidak mempunyai jaringan yang memungkinkan fakta tersebut digunakan secara produktif.

Contoh pengetahuan terfragmentasi tentang katalis:

- katalis mempercepat reaksi;
- katalis menurunkan energi aktivasi;
- kesetimbangan mempunyai reaksi maju dan balik;
- nilai K bergantung pada suhu;
- industri menggunakan katalis.

Peserta didik dapat mengingat semua pernyataan tersebut, tetapi tetap menyimpulkan bahwa katalis meningkatkan jumlah produk kesetimbangan karena ia belum menghubungkan:

- penurunan energi aktivasi maju dan balik;
- perubahan laju;
- waktu mencapai kesetimbangan;
- komposisi kesetimbangan;
- ketidakberubahan nilai K pada suhu tetap.

Penelitian tentang organisasi pengetahuan dalam kimia organik menunjukkan bahwa basis pengetahuan mahasiswa dapat bertambah selama perkuliahan, tetapi organisasi kognitifnya tetap lemah dan sejumlah miskonsepsi bertahan setelah beberapa tahun belajar kimia.

Kajian peta konsep mengenai nukleofil dan elektrofil juga menemukan bahwa mahasiswa dapat memiliki gagasan yang terfragmentasi tentang struktur dan fungsi spesies tersebut. Hubungan nukleofil–elektrofil dengan basa–asam tidak selalu digunakan kecuali diminta secara eksplisit. Fragmentasi ini menghambat pemahaman mekanisme reaksi dan mendorong hafalan pola reaksi.

Dampaknya pada pembelajaran lanjutan adalah peserta didik harus mengingat setiap kasus sebagai aturan terpisah. Ketika jumlah topik bertambah, beban hafalan meningkat dan kemungkinan salah menerapkan aturan menjadi semakin besar.

1.8.8 Miskonsepsi Tersembunyi di Balik Keberhasilan Algoritmik

Pembelajaran kimia sering menuntut perhitungan. Peserta didik dapat menguasai prosedur matematis tanpa memahami konsep yang direpresentasikan oleh prosedur tersebut.

Contoh pada gas ideal:

Peserta didik dapat menggunakan persamaan tekanan, volume, jumlah mol, dan suhu. Namun, ia mungkin tetap percaya bahwa:

- partikel gas memuai ketika dipanaskan;
- gas tidak mempunyai massa;
- tekanan berasal dari berat gas;
- ruang antarpartikel berisi udara lain.

Contoh pada stoikiometri:

Peserta didik dapat menyelesaikan langkah:

1. massa menjadi mol;
2. mol pereaksi menjadi mol produk;
3. mol produk menjadi massa.

Namun, ia mungkin tidak memahami bahwa koefisien menyatakan rasio jumlah partikel atau jumlah zat, bukan rasio massa.

Contoh pada kesetimbangan:

Peserta didik dapat menyusun tabel perubahan konsentrasi dan menghitung nilai kesetimbangan. Namun, ia mungkin masih beranggapan bahwa reaksi telah berhenti atau bahwa konsentrasi kedua sisi harus sama.

Kajian kesalahan dalam penyelesaian soal kesetimbangan membedakan kesalahan acak akibat ketidaktelitian atau beban memori kerja dari kesalahan sistematis yang berasal dari miskonsepsi atau lemahnya pemahaman teori. Kesalahan sistematis ditemukan pada tetapan kesetimbangan, stoikiometri, kesetimbangan heterogen, arah reaksi, dan hubungan gas ideal.

Keberhasilan algoritmik dapat menutupi miskonsepsi karena:

- guru melihat hasil, bukan alasan;
- peserta didik memperoleh penguatan berupa nilai;
- prosedur dianggap bukti pemahaman;
- soal lanjutan dibangun di atas asumsi bahwa konsep telah dikuasai;
- miskonsepsi baru terlihat ketika bentuk soal berubah.

1.8.9 Dampak terhadap Transfer Pengetahuan

Pemahaman konsep yang kuat memungkinkan peserta didik menggunakan pengetahuan pada situasi baru. Miskonsepsi menghambat transfer karena pengetahuan sering terikat pada ciri permukaan soal.

Peserta didik dapat mengetahui bahwa HCl adalah asam kuat dan CH_3COOH adalah asam lemah, tetapi gagal membedakan kekuatan dan konsentrasi ketika diberikan pasangan asam lain. Ia sebenarnya menghafal klasifikasi zat, bukan memahami kesetimbangan ionisasi.

Peserta didik dapat mengetahui bahwa CO_2 nonpolar karena bentuknya linear, tetapi gagal menilai kepolaran molekul lain karena ia menghafal contoh CO_2 , bukan mengoordinasikan:

- kepolaran ikatan;
- geometri molekul;

- arah momen dipol;
- resultan vektor.

Peserta didik dapat menyelesaikan soal katalis dengan benar ketika kalimat pertanyaannya sama dengan buku, tetapi salah ketika topik disajikan dalam konteks industri.

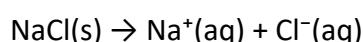
Penelitian mengenai hubungan struktur–sifat menunjukkan bahwa kemampuan membuat prediksi dan penjelasan dipengaruhi oleh cara pertanyaan dirumuskan. Peserta didik tidak selalu mengaktifkan pengetahuan yang sama ketika diminta memprediksi sifat dan ketika diminta menjelaskan penyebabnya.

Kegagalan transfer menunjukkan bahwa konsep ilmiah belum berfungsi sebagai prinsip umum. Pengetahuan mungkin hanya berupa jawaban yang terkait dengan contoh tertentu.

1.8.10 Dampak terhadap Koordinasi Representasi

Pembelajaran lanjutan menuntut kemampuan mengoordinasikan tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, matematis, dan grafis. Miskonsepsi pada satu representasi dapat menghambat pemahaman representasi lain.

Misalnya, peserta didik menulis:



Persamaan tersebut benar, tetapi ia menggambar molekul NaCl terpisah menjadi atom netral. Ia tidak membedakan:

- atom Na dan Cl;
- ion Na^+ dan Cl^- ;
- kisi ionik;
- hidrasi;
- makna muatan;
- simbol keadaan zat.

Ketika mempelajari elektrokimia, kesalahan tersebut menghambat pemahaman tentang spesies pembawa muatan.

Pada termokimia, peserta didik dapat membaca diagram energi, tetapi mencampurkan:

- energi aktivasi;
- energi pereaksi;
- energi produk;

- perubahan entalpi;
- kestabilan;
- laju reaksi.

Penelitian pada mahasiswa tentang diagram koordinat reaksi menemukan berbagai miskonsepsi pada interpretasi diagram energi. Kesalahan ini penting karena diagram tersebut digunakan kembali dalam kinetika, katalisis, termodinamika, dan mekanisme reaksi organik.

Ketika pembelajaran beralih ke jenjang lebih tinggi, tuntutan simbolik meningkat. Mahasiswa perlu menafsirkan persamaan, diagram, grafik, dan model molekuler secara bersamaan. Penelitian pada kimia fisik menunjukkan bahwa ketidakmampuan menghubungkan tingkat submikroskopik dan simbolik meningkatkan kesulitan dalam memahami konsep abstrak.

Kajian terbaru juga menunjukkan bahwa perubahan bentuk representasi molekuler dapat memicu peserta didik menggunakan sumber pengetahuan yang berbeda untuk menjelaskan proses yang sama. Ini memperlihatkan bahwa pemahaman lintas-domain dapat tetap terfragmentasi bahkan pada pembelajaran kimia lanjutan.

1.8.11 Rantai Dampak dari Sifat Partikulat Materi

Sifat partikulat materi merupakan salah satu fondasi utama pembelajaran kimia. Miskonsepsi pada konsep ini dapat menjalar melalui rantai berikut.

Tahap pertama: materi dianggap kontinu

Peserta didik tidak membayangkan adanya partikel dan ruang antarpartikel.

Tahap kedua: perubahan wujud disalahpahami

Pelelehan dan penguapan dianggap mengubah identitas zat karena tidak ada model partikel tetap yang mengalami perubahan susunan serta gerak.

Tahap ketiga: pelarutan disalahpahami

Zat terlarut dianggap hilang, meleleh, atau berubah menjadi pelarut.

Tahap keempat: reaksi kimia disalahpahami

Reaksi dianggap sebagai hilangnya zat, perubahan bentuk, atau pencampuran biasa.

Tahap kelima: kekekalan massa disalahpahami

Gas yang tidak terlihat dianggap tidak mempunyai massa atau keluar dari hukum kekekalan.

Tahap keenam: kesetimbangan disalahpahami

Keadaan makroskopik tetap dianggap menunjukkan tidak adanya proses partikel.

Tahap ketujuh: kinetika disalahpahami

Frekuensi tumbukan dan distribusi energi tidak dapat dibangun karena model gerak partikelnya lemah.

Tahap kedelapan: elektrokimia disalahpahami

Gerak ion, elektron, dan pembawa muatan tidak dapat dibedakan.

Johnstone menjelaskan bahwa kimia menuntut peserta didik mengoordinasikan dunia makroskopik, tingkat atomik-molekuler, serta simbol dan matematika. Memperkenalkan ketiganya secara bersamaan tanpa progresi yang sesuai dapat melampaui kemampuan pemrosesan peserta didik dan menjadi sumber miskonsepsi.

Dampak sifat partikulat materi bukan hanya pada satu bab, melainkan pada keseluruhan cara peserta didik menjelaskan kimia.

1.8.12 Rantai Dampak dari Struktur Atom dan Sistem Periodik

Miskonsepsi struktur atom dapat memengaruhi sistem periodik dan ikatan.

Miskonsepsi awal

- elektron bergerak pada lintasan pasti;
- orbital merupakan orbit;
- kulit merupakan lapisan material;
- inti memenuhi sebagian besar volume atom;
- neutron menentukan tarikan inti terhadap elektron;
- elektron valensi terletak pada permukaan atom.

Dampak pada sistem periodik

Peserta didik dapat gagal memahami:

- muatan inti efektif;
- efek penyarungan;
- jari-jari atom;
- energi ionisasi;
- afinitas elektron;
- keelektronegatifan.

Contohnya, penurunan jari-jari atom dalam satu periode dapat dijelaskan dengan mengatakan:

“Atom mengecil karena elektronnya semakin berat.”

Peserta didik belum memahami interaksi antara peningkatan jumlah proton, penempatan elektron pada tingkat utama yang sama, dan muatan inti efektif.

Dampak pada ikatan

Peserta didik kemudian menggunakan konfigurasi elektron secara mekanis:

- atom “memberikan” elektron agar kulit penuh;
- ikatan terjadi karena kebutuhan oktet;
- orbital dipahami sebagai tempat statis;
- elektron dianggap benda kecil yang berpindah secara klasik.

Dampak pada kimia lanjutan

Kesalahan tersebut memengaruhi:

- polaritas;
- delokalisasi;
- resonansi;
- ikatan koordinasi;
- reaktivitas;
- mekanisme organik;
- spektroskopi;
- teori orbital molekul.

Kajian pembelajaran konsep kuantum dasar di SMA menunjukkan bahwa model Bohr dan bahasa teori kuantum lama tetap menonjol dalam jawaban peserta didik, serta muncul model hibrida yang mencampurkan penjelasan planet dengan mekanika kuantum.

1.8.13 Rantai Dampak dari Miskonsepsi Ikatan Kimia

Ikatan kimia menghubungkan struktur submikroskopik dengan sifat makroskopik. Miskonsepsi pada ikatan berdampak sangat luas.

Miskonsepsi: senyawa ionik tersusun atas molekul

Dampaknya:

- kisi kristal tidak dipahami;
- titik leleh dijelaskan secara keliru;
- pelarutan dianggap memisahkan molekul;
- konduktivitas tidak dikaitkan dengan mobilitas ion;
- unit formula disamakan dengan rumus molekul.

Miskonsepsi: ikatan kovalen putus saat mendidih

Dampaknya:

- gaya antarmolekul dicampur dengan ikatan intramolekul;
- titik didih dianggap langsung menunjukkan kekuatan ikatan kovalen;
- perubahan wujud dianggap sebagai reaksi kimia;
- energi penguapan ditafsirkan sebagai energi disosiasi ikatan.

Miskonsepsi: atom berikatan karena ingin memenuhi oktet

Dampaknya:

- penjelasan energi diabaikan;
- pengecualian dianggap kesalahan;
- reaktivitas spesies beroktet sulit dijelaskan;
- resonansi dan delokalisasi dipahami secara lemah;
- mekanisme reaksi organik menjadi rangkaian aturan panah tanpa sebab.

Miskonsepsi: ikatan menyimpan energi yang keluar ketika putus

Dampaknya:

- termokimia disalahpahami;
- reaksi eksoterm dan endoterm tertukar;
- energi aktivasi dicampur dengan ΔH ;
- pembakaran dan metabolisme dijelaskan keliru.

Penelitian berbasis bukti pada peserta didik sekolah menengah menunjukkan bahwa kesulitan ikatan bersifat luas dan mencakup hubungan struktur, gaya, energi, dan sifat. Teks

pembelajaran yang diperkaya dapat membantu, tetapi peningkatan pemahaman memerlukan perhatian langsung terhadap konsepsi yang telah dimiliki.

1.8.14 Rantai Dampak dari Konsep Mol dan Stoikiometri

Konsep mol menghubungkan jumlah entitas submikroskopik dengan pengukuran makroskopik. Jika mol dipahami hanya sebagai rumus hitung, pembelajaran kuantitatif berikutnya menjadi rapuh.

Miskonsepsi yang mungkin muncul:

- mol adalah massa;
- satu mol semua zat mempunyai massa yang sama;
- koefisien reaksi menunjukkan perbandingan massa;
- jumlah partikel dapat dibandingkan langsung melalui gram;
- pereaksi dengan massa paling kecil pasti menjadi pereaksi pembatas;
- hasil reaksi ditentukan oleh pereaksi dengan koefisien terkecil.

Dampak lanjutan meliputi:

1. kesalahan pereaksi pembatas;
2. kesalahan hasil teoretis dan persen hasil;
3. kesalahan konsentrasi molar;
4. kesalahan kalor reaksi per mol;
5. kesalahan tabel perubahan kesetimbangan;
6. kesalahan campuran asam-basa;
7. kesalahan hukum Faraday;
8. kesalahan perhitungan gas.

Pembelajaran stoikiometri yang hanya menekankan algoritma dapat memberikan ilusi penguasaan. Peserta didik mengetahui langkah, tetapi tidak memahami apa yang dihitung. Ketika bentuk soal berubah, prosedur tidak dapat ditransfer.

Kajian tentang pembelajaran pereaksi pembatas menempatkan prakonsepsi peserta didik sebagai titik awal penting dalam memahami perkembangan konsep stoikiometri.

Kesalahan stoikiometri juga dapat masuk ke soal kesetimbangan. Peserta didik mungkin menguasai bentuk persamaan tetapan, tetapi salah menentukan perubahan konsentrasi karena rasio reaksi dipahami secara keliru. Kajian kesalahan numerik kesetimbangan menunjukkan keterkaitan antara persoalan stoikiometri, tetapan, arah reaksi, dan hukum gas.

1.8.15 Rantai Dampak dari Termokimia

Termokimia membutuhkan pembedaan antara:

- suhu;
- kalor;
- energi internal;
- entalpi;
- energi ikatan;
- energi aktivasi;
- spontanitas;
- laju reaksi.

Miskonsepsi yang tidak diselesaikan akan menjalar ke kinetika dan kesetimbangan.

Miskonsepsi: reaksi eksoterm selalu cepat

Dampaknya:

- ΔH dicampur dengan energi aktivasi;
- laju dianggap ditentukan oleh besar energi yang dilepaskan;
- reaksi eksoterm lambat sulit dipahami;
- katalis dianggap mengubah ΔH .

Miskonsepsi: reaksi eksoterm selalu spontan

Dampaknya:

- entropi dan energi bebas tidak dapat dipahami;
- arah proses disimpulkan hanya dari tanda ΔH ;
- reaksi endoterm spontan dianggap mustahil.

Miskonsepsi: pemutusan ikatan melepaskan energi

Dampaknya:

- perhitungan energi ikatan menjadi prosedural;
- diagram energi salah ditafsirkan;
- mekanisme reaksi organik tidak dipahami;
- kestabilan ikatan dibalik maknanya.

Pada pembelajaran lanjutan, peserta didik perlu mengoordinasikan aspek termodinamika dan kinetika. Suatu reaksi dapat menguntungkan secara termodinamika tetapi lambat secara kinetik. Miskonsepsi dasar mengenai energi membuat perbedaan ini sulit.

Kajian diagram koordinat reaksi menunjukkan bahwa mahasiswa dapat mencampur energi aktivasi, ΔH , posisi keadaan transisi, dan pengaruh katalis. Karena diagram energi digunakan kembali dalam kimia organik dan fisik, kesalahan tersebut mempunyai dampak lintas mata kuliah.

1.8.16 Rantai Dampak dari Laju Reaksi

Konsep laju menjadi dasar untuk memahami kesetimbangan dinamis dan mekanisme reaksi.

Miskonsepsi umum:

- laju tinggi berarti produk akhir lebih banyak;
- reaksi eksoterm selalu lebih cepat;
- katalis hanya mempercepat reaksi maju;
- kenaikan suhu memperbesar ukuran partikel;
- energi aktivasi sama dengan energi pereaksi;
- orde reaksi selalu sama dengan koefisien;
- laju menjadi nol ketika pereaksi masih tersisa.

Dampak pada kesetimbangan:

- katalis dianggap menggeser komposisi;
- kesamaan laju maju dan balik disamakan dengan kesamaan jumlah;
- reaksi balik dianggap dimulai setelah produk terbentuk cukup banyak;
- sistem setimbang dianggap berhenti.

Dampak pada kimia organik:

- mekanisme reaksi dipahami sebagai urutan hafalan;

- tahap penentu laju tidak dipahami;
- hubungan struktur dan reaktivitas menjadi lemah;
- katalisis dan keadaan transisi sulit dijelaskan.

Dampak pada proses industri:

- peningkatan produktivitas per waktu disamakan dengan perubahan hasil kesetimbangan;
- pemilihan suhu tidak mempertimbangkan kompromi kinetika dan termodinamika.

Dengan demikian, miskonsepsi laju bukan hanya masalah satu bab, tetapi menghambat integrasi antara kinetika, kesetimbangan, termodinamika, dan teknologi kimia.

1.8.17 Rantai Dampak dari Kesetimbangan Kimia

Kesetimbangan merupakan konsep penghubung menuju asam-basa, kelarutan, larutan penyangga, hidrolisis, dan kimia analitik.

Miskonsepsi dasar:

- reaksi berhenti ketika setimbang;
- konsentrasi pereaksi dan produk harus sama;
- reaksi maju dan balik berlangsung bergantian;
- katalis menggeser kesetimbangan;
- nilai K berubah ketika konsentrasi diubah;
- asas Le Chatelier merupakan aturan sistem “melawan” semua perubahan.

Dampak pada asam-basa:

- asam lemah dianggap tidak terionisasi;
- ionisasi dipahami sebagai proses satu arah;
- K_a dianggap berubah karena konsentrasi;
- penambahan ion senama tidak dipahami melalui perubahan kesetimbangan.

Dampak pada larutan penyangga:

- penyangga dianggap menjaga pH tetap mutlak;
- aksi penyangga tidak dipahami sebagai reaksi kesetimbangan;
- kapasitas penyangga diabaikan.

Dampak pada kelarutan:

- larutan jenuh dianggap tidak lagi melarutkan zat;
- Ksp dianggap sama dengan kelarutan numerik pada semua stoikiometri;
- endapan dianggap terbentuk segera setiap kali dua ion bertemu;
- ion senama diperlakukan sebagai aturan hafalan.

Dampak pada kimia analitik:

- kurva titrasi dipahami secara prosedural;
- daerah penyangga dan titik ekuivalen tidak dihubungkan dengan spesies dominan;
- kesetimbangan bertingkat sulit dipahami.

Kesalahan sistematis pada soal kesetimbangan dapat berasal dari miskonsepsi mengenai tetapan, stoikiometri, sistem heterogen, arah reaksi, dan hukum gas.

Bahkan guru dapat mempertahankan konsepsi tertentu, seperti anggapan bahwa peningkatan konsentrasi pereaksi selalu menggeser sistem ke kanan tanpa menganalisis bentuk kesetimbangan dan kondisi sistem. Hal ini menunjukkan bahwa dampak miskonsepsi dapat melampaui peserta didik dan masuk ke praktik pengajaran.

1.8.18 Rantai Dampak dari Asam-Basa

Konsep asam-basa merupakan hasil integrasi antara larutan, ion, kesetimbangan, konsentrasi, logaritma, dan model reaksi.

Miskonsepsi dasar:

- asam kuat selalu pekat;
- asam lemah selalu encer;
- asam lemah tidak terionisasi;
- semakin banyak atom H semakin kuat asam;
- pH besar berarti lebih asam;
- netralisasi selalu menghasilkan pH 7;
- indikator menyebabkan perubahan pH.

Dampak pada pembelajaran lanjutan:

A. Larutan penyangga

Peserta didik tidak dapat membedakan konsentrasi komponen dan kekuatan asam, sehingga persamaan penyangga digunakan sebagai algoritma tanpa memahami spesies yang bereaksi.

B. Titrasi

Peserta didik menganggap semua titik ekuivalen mempunyai pH 7 dan tidak memahami pengaruh hidrolisis.

C. Kelarutan

Hubungan pH dengan kelarutan garam atau senyawa amfoter sulit dipahami.

D. Kimia organik

Kekuatan asam dan basa organik dihafalkan tanpa menganalisis stabilitas basa konjugasi, resonansi, induksi, orbital, atau pelarut.

E. Biokimia

Protonasi, deprotonasi, muatan biomolekul, dan fungsi larutan penyangga menjadi sulit.

Penelitian diagnostik pada alkohol dan senyawa karbonil menegaskan bahwa identifikasi dan remediasi miskonsepsi kimia organik tingkat SMA menjadi prasyarat bagi pembelajaran materi organik yang lebih maju.

1.8.19 Rantai Dampak dari Redoks menuju Elektrokimia

Miskonsepsi redoks yang tidak diperbaiki akan menghambat elektrokimia.

Miskonsepsi dasar:

- oksidasi selalu melibatkan oksigen;
- bilangan oksidasi sama dengan muatan aktual;
- oksidator mengalami oksidasi;
- reduktor menerima elektron;
- kenaikan bilangan oksidasi berarti menerima elektron;
- elektron dianggap sebagai zat yang hilang.

Dampak pada sel volta:

- arah aliran elektron salah;
- fungsi anode dan katode tertukar;

- jembatan garam dianggap jalur elektron;
- tanda elektrode dihafalkan tanpa konsep;
- potensial sel dipahami sebagai jumlah muatan.

Dampak pada elektrolisis:

- definisi anode dan katode berubah mengikuti tanda;
- proses elektrode tidak dianalisis berdasarkan oksidasi dan reduksi;
- jumlah zat hasil elektrolisis tidak dihubungkan dengan mol elektron.

Dampak pada korosi:

- korosi hanya dianggap reaksi logam dengan oksigen;
- peran air, ion, dan sel elektrokimia lokal tidak dipahami;
- metode perlindungan korosi dihafalkan.

Kesalahan redoks juga memengaruhi kimia organik dan biokimia karena reaksi oksidasi-reduksi organik tidak selalu mudah dikenali melalui keberadaan oksigen.

1.8.20 Dampak terhadap Hubungan Struktur–Sifat

Salah satu kemampuan inti dalam kimia adalah menggunakan struktur untuk menjelaskan dan memprediksi sifat. Peserta didik perlu menghubungkan:

- komposisi;
- konektivitas atom;
- geometri;
- distribusi elektron;
- polaritas;
- gaya antarmolekul;
- susunan kolektif;
- kondisi lingkungan;
- sifat makroskopik.

Miskonsepsi dapat membuat penalaran berhenti pada komposisi.

Contoh:

“Senyawa yang mengandung oksigen pasti mudah larut dalam air.”

Peserta didik memusatkan perhatian pada satu unsur dan mengabaikan ukuran molekul, struktur, jumlah gugus polar, kemampuan membentuk ikatan hidrogen, dan keseimbangan bagian polar–nonpolar.

Contoh lain:

“Zat dengan massa molekul lebih besar selalu mempunyai titik didih lebih tinggi.”

Massa molekul memang dapat berkaitan dengan polarizabilitas dan gaya dispersi, tetapi bukan satu-satunya faktor. Bentuk, polaritas, ikatan hidrogen, dan struktur juga berperan.

Talanquer menjelaskan bahwa perkembangan penalaran struktur–sifat membutuhkan pergeseran dari penggunaan ciri permukaan dan komposisi menuju koordinasi struktur, interaksi, serta mekanisme emergensi sifat.

Jika perkembangan tersebut terhambat, peserta didik akan kesulitan pada:

- titik didih dan titik leleh;
- kelarutan;
- kekuatan asam-basa;
- kestabilan;
- reaktivitas;
- sifat bahan;
- polimer;
- obat-obatan;
- kimia organik;
- biokimia.

1.8.21 Dampak pada Kimia Organik

Kimia organik menuntut integrasi konsep yang sebelumnya dipelajari:

- struktur atom;
- orbital;
- ikatan;
- polaritas;
- asam-basa;

- resonansi;
- energi;
- kinetika;
- kesetimbangan;
- struktur–sifat.

Jika konsep-konsep dasar tersebut dipahami secara terfragmentasi, peserta didik cenderung menghafal reaksi.

Miskonsepsi yang terbawa ke kimia organik antara lain:

- pasangan elektron dianggap objek statis;
- panah lengkung menunjukkan perpindahan atom;
- resonansi dianggap sebagai perubahan struktur bolak-balik;
- ikatan putus melepaskan energi;
- nukleofil dan basa tidak dihubungkan;
- elektrofil selalu bermuatan positif formal;
- gugus fungsi menentukan sifat tanpa mempertimbangkan struktur keseluruhan;
- stabilitas intermediat dihafalkan tanpa alasan.

Penelitian terhadap mahasiswa tahun keempat menemukan bahwa konsepsi alternatif tetap muncul pada konsep-konsep organik fundamental, meskipun peserta telah menjalani pembelajaran kimia selama beberapa tahun.

Kajian pengetahuan mahasiswa organik juga memperlihatkan bahwa peningkatan jumlah pengetahuan tidak selalu menghasilkan organisasi konseptual yang baik. Miskonsepsi dapat bertahan ketika pembelajaran didominasi hafalan reaksi.

Dampak ini relevan bagi kimia SMA karena konsep dasar yang diajarkan di sekolah menjadi bahan baku pembelajaran perguruan tinggi.

1.8.22 Dampak pada Pemecahan Masalah

Miskonsepsi memengaruhi bukan hanya pengetahuan deklaratif, tetapi juga strategi pemecahan masalah.

Peserta didik dengan pemahaman konsep yang lemah cenderung:

- mencari kata kunci;

- memilih rumus berdasarkan bentuk permukaan;
- meniru contoh;
- mengabaikan asumsi;
- tidak memeriksa satuan;
- tidak menilai kemasukakalan hasil;
- memisahkan perhitungan dari fenomena;
- kesulitan menjelaskan alasan.

Contoh pada pencampuran larutan:

Kata “pengenceran” langsung memicu rumus hubungan konsentrasi dan volume, meskipun dua larutan yang dicampurkan bereaksi. Peserta didik tidak menanyakan apakah jumlah zat terlarut tetap.

Contoh pada termokimia:

Kata “kalor” langsung memicu persamaan perubahan suhu, meskipun soal berkaitan dengan entalpi reaksi molar.

Contoh pada kesetimbangan:

Kata “ditambah” langsung memicu “bergeser ke kanan atau kiri” tanpa memeriksa apakah zat masuk dalam ekspresi kesetimbangan.

Miskonsepsi membuat strategi prosedural tampak efisien dalam jangka pendek, tetapi tidak fleksibel. Ketika soal disajikan dalam bentuk baru, peserta didik tidak mempunyai prinsip konseptual untuk memilih langkah.

1.8.23 Dampak terhadap Beban Kognitif

Peserta didik yang memiliki miskonsepsi sering harus mengelola beberapa sistem pengetahuan sekaligus:

1. konsepsi intuitif yang terasa masuk akal;
2. definisi ilmiah yang dihafalkan;
3. rumus atau algoritma;
4. representasi simbolik;
5. tuntutan matematika;
6. konteks soal.

Sebagai contoh, pada kesetimbangan peserta didik mungkin secara intuitif percaya bahwa reaksi berhenti, tetapi mengingat kalimat “kesetimbangan bersifat dinamis”. Pada saat yang sama ia harus membaca grafik, menulis ekspresi K, dan melakukan perhitungan. Pertentangan tersebut meningkatkan beban pemrosesan.

Johnstone mengingatkan bahwa kimia menuntut koordinasi beberapa tingkat representasi, dan penyajian terlalu banyak tingkat secara bersamaan dapat membebani peserta didik.

Miskonsepsi memperbesar beban karena konsep ilmiah tidak menjadi struktur yang membantu mengorganisasi informasi. Peserta didik harus mengingat setiap aturan secara terpisah.

1.8.24 Dampak Metakognitif

Miskonsepsi dapat menghambat kemampuan peserta didik menilai kualitas pemahamannya sendiri.

Jika suatu konsepsi terasa masuk akal dan telah menghasilkan jawaban benar pada beberapa soal, peserta didik dapat sangat yakin bahwa ia memahami konsep. Ia tidak merasa perlu:

- membaca kembali;
- meminta bantuan;
- memeriksa alasan;
- mencoba representasi lain;
- membandingkan dengan bukti.

Keadaan ini berbahaya karena peserta didik tidak hanya salah, tetapi juga tidak menyadari kesalahannya.

Contoh:

“Saya yakin katalis meningkatkan produk karena semua industri menggunakan katalis untuk menghasilkan lebih banyak barang.”

Penjelasan tersebut menggabungkan fakta industri dengan hubungan kimia yang salah. Karena logikanya terasa kuat, peserta didik dapat menolak koreksi singkat.

Sebaliknya, pengalaman berulang menggunakan konsep yang salah dapat menurunkan keyakinan ketika peserta didik terus memperoleh hasil yang tidak konsisten. Ia merasa kimia penuh pengecualian dan tidak dapat dipahami, padahal masalahnya terletak pada fondasi konseptual.

1.8.25 Dampak Afektif dan Motivasi

Miskonsepsi dapat menghasilkan rangkaian kegagalan yang memengaruhi sikap terhadap kimia.

Peserta didik mungkin mengalami pola berikut:

1. menggunakan konsepsi dasar yang salah;
2. berhasil pada soal rutin tetapi gagal pada soal baru;
3. tidak memahami penyebab kegagalan;
4. menganggap kimia tidak konsisten;
5. meningkatkan hafalan;
6. beban belajar bertambah;
7. hasil tetap tidak stabil;
8. keyakinan dan minat menurun.

Peserta didik kemudian dapat menyimpulkan bahwa kimia hanya dapat dikuasai oleh orang tertentu atau bahwa keberhasilan bergantung pada kemampuan menghafal rumus. Dampak tersebut memengaruhi ketekunan dan pilihan studi.

Kajian terbaru pada mahasiswa yang memasuki kimia organik menunjukkan bahwa miskonsepsi dasar dapat tetap bertahan ketika pengetahuan benar hanya meningkat sedikit; pengajaran karena itu perlu bergerak melampaui hafalan dan secara eksplisit memperkuat konsep fundamental. Penelitian tersebut juga menyoroti kemungkinan hubungan antara miskonsepsi yang tidak selesai, pengalaman kegagalan, kepercayaan diri, dan rasa memiliki dalam lingkungan belajar kimia.

Dampak afektif tidak boleh ditafsirkan bahwa miskonsepsi secara otomatis menyebabkan rendahnya motivasi. Hubungannya dipengaruhi pengalaman kelas, umpan balik, asesmen, dan dukungan sosial. Namun, kesulitan berulang tanpa penjelasan yang jelas dapat memperburuk persepsi peserta didik terhadap kemampuan dirinya.

1.8.26 Dampak terhadap Perkembangan Identitas sebagai Pembelajar Sains

Peserta didik membentuk pandangan tentang dirinya melalui pengalaman belajar. Ketika konsep dasar terus menghasilkan kesalahan, ia dapat membangun identitas:

- “Saya tidak berbakat kimia.”
- “Saya hanya bisa menghafal.”
- “Saya tidak mampu berpikir pada tingkat molekul.”

- “Kimia selalu membingungkan.”

Sebaliknya, peserta didik yang berhasil secara prosedural dapat membangun identitas sebagai peserta didik kuat, padahal pemahamannya masih rapuh. Ketika memasuki materi yang tidak dapat diselesaikan dengan algoritma sederhana, ia dapat mengalami penurunan tajam dalam kepercayaan diri.

Guru perlu memisahkan:

- kesalahan konsep;
- kemampuan intelektual;
- identitas peserta didik.

Miskonsepsi adalah keadaan pemahaman yang dapat berubah, bukan ciri tetap seseorang.

1.8.27 Dampak terhadap Pembelajaran Teman Sebaya

Miskonsepsi yang dibawa ke materi lanjutan dapat menyebar melalui diskusi kelompok.

Peserta didik yang berhasil secara akademik sering dianggap sebagai sumber terpercaya. Jika ia memberikan penjelasan keliru, teman dapat mengadopsinya.

Contoh:

“Pemutusan ikatan melepaskan energi karena bahan bakar menyimpan energi di dalam ikatan.”

Penjelasan ini mudah dipahami dan dapat lebih menarik daripada analisis energi total. Jika tidak dikoreksi, kelompok menggunakan penjelasan yang sama pada pembakaran, makanan, dan ATP.

Miskonsepsi lanjutan dengan demikian dapat berubah dari masalah individual menjadi masalah kolektif. Dampaknya semakin besar ketika bahasa tersebut diterima guru atau tercantum dalam bahan ajar.

1.8.28 Dampak terhadap Guru dan Calon Guru

Miskonsepsi yang tidak terselesaikan dapat dibawa oleh peserta didik ke program pendidikan guru. Ketika menjadi guru, konsepsi tersebut dapat ditransmisikan kepada generasi berikutnya.

Contoh pada kesetimbangan:

Guru yang menganggap penambahan pereaksi selalu menggeser sistem ke kanan dapat mengajarkan aturan mekanis tanpa memeriksa bentuk reaksi, zat yang terlibat, dan kondisi

sistem. Penelitian dengan protokol berpikir lantang menemukan miskonsepsi kesetimbangan pada guru kimia sekolah menengah.

Contoh pada ikatan:

Calon guru yang memahami struktur ionik sebagai pasangan molekul dapat menggunakan gambar yang memperkuat miskonsepsi peserta didik.

Contoh pada energi:

Guru yang mengatakan “energi keluar ketika ikatan putus” dapat memperkuat kesalahan termokimia pada seluruh kelas.

Dampak tersebut membentuk siklus:

miskonsepsi sekolah → pendidikan tinggi → calon guru → pembelajaran sekolah

Pemutusan siklus memerlukan diagnosis konseptual dalam pendidikan guru, bukan hanya penguasaan nilai mata kuliah.

1.8.29 Dampak terhadap Kurikulum

Miskonsepsi yang tidak dipertimbangkan dalam desain kurikulum dapat menyebabkan urutan materi tampak logis bagi ahli tetapi tidak sesuai dengan perkembangan kognitif peserta didik.

Johnstone membedakan urutan kimia yang logis dari perspektif disiplin dengan urutan yang psikologis bagi pembelajar. Konsep yang tampak sederhana bagi ahli dapat sangat abstrak bagi peserta didik karena membutuhkan koordinasi beberapa representasi dan pengetahuan prasyarat.

Kurikulum bermasalah apabila:

- menganggap sifat partikulat materi telah selesai diajarkan pada satu bab;
- mengajarkan sistem periodik melalui tren hafalan;
- mengajarkan ikatan sebelum konsep energi dan struktur cukup kuat;
- memisahkan termokimia, kinetika, dan kesetimbangan;
- mengajarkan asam-basa hanya melalui rumus pH;
- tidak mengulang konsep dasar dalam konteks baru;
- melanjutkan materi berdasarkan kalender, bukan bukti penguasaan.

Learning progression menawarkan cara memandang konsep sebagai perkembangan bertahap. Namun, progresi harus memungkinkan jalur yang kompleks, bukan sekadar urutan linear dari salah menuju benar.

1.8.30 Dampak terhadap Asesmen

Asesmen yang tidak mendeteksi miskonsepsi dapat memberikan informasi keliru kepada guru.

Misalnya, nilai tinggi pada soal hitungan dapat membuat guru menganggap peserta didik siap mempelajari materi lanjutan. Ketika peserta didik gagal, materi baru dianggap terlalu sulit. Padahal, asesmen sebelumnya hanya mengukur prosedur.

Ujian juga dapat memperkuat miskonsepsi apabila:

- memberi penghargaan pada aturan cepat;
- tidak meminta alasan;
- mengulang format yang sama;
- menggunakan representasi tunggal;
- tidak menguji transfer;
- tidak membedakan kesalahan acak dan sistematis.

Kajian ujian akhir kimia menunjukkan bahwa struktur dan isi ujian dapat memengaruhi praktik pengajaran serta berkontribusi terhadap kesulitan konsep struktur dan ikatan.

Asesmen kesiapan pembelajaran lanjutan seharusnya memeriksa:

1. konsep prasyarat;
2. alasan;
3. representasi;
4. tingkat keyakinan;
5. kemampuan transfer;
6. kemampuan menghubungkan konsep.

1.8.31 Miskonsepsi sebagai Penyebab Kegagalan Transfer Vertikal

Transfer vertikal adalah penggunaan konsep dasar untuk memahami konsep yang lebih tinggi dalam hierarki pengetahuan.

Contoh transfer vertikal:

- konsep ion digunakan untuk memahami elektrolit;
- konsep elektrolit digunakan untuk memahami sel elektrokimia;

- konsep energi ikatan digunakan untuk memahami termokimia;
- konsep laju digunakan untuk memahami kesetimbangan dinamis;
- konsep kesetimbangan digunakan untuk memahami larutan penyangga.

Miskonsepsi menghambat transfer vertikal ketika konsep prasyarat tidak mempunyai makna yang tepat.

Peserta didik mungkin telah “lulus” topik struktur atom, tetapi konsep elektron yang dibawa ke ikatan masih berupa benda kecil pada orbit. Ia telah “lulus” topik stoikiometri, tetapi rasio koefisien masih dianggap rasio massa. Secara administratif materi telah selesai; secara konseptual materi belum siap menjadi fondasi.

1.8.32 Miskonsepsi sebagai Penyebab Kegagalan Transfer Horizontal

Transfer horizontal adalah penggunaan konsep pada konteks berbeda dengan tingkat kompleksitas relatif sama.

Contoh:

- hukum kekekalan massa diterapkan pada reaksi yang menghasilkan gas;
- konsep polaritas diterapkan pada kelarutan;
- konsep kesetimbangan diterapkan pada ionisasi dan kelarutan;
- konsep redoks diterapkan pada korosi dan baterai.

Miskonsepsi membuat peserta didik terikat pada contoh.

Peserta didik dapat memahami kekekalan massa dalam persamaan tertulis, tetapi menganggap massa berkurang ketika gas keluar dari wadah terbuka. Ia dapat mengenali reaksi redoks dalam persamaan ion, tetapi tidak mengenali korosi sebagai proses elektrokimia.

Transfer horizontal perlu diuji melalui variasi konteks, bukan pengulangan soal dengan angka berbeda.

1.8.33 Perbedaan Dampak Miskonsepsi Kuat dan Lemah

Tidak semua miskonsepsi mempunyai dampak yang sama.

Miskonsepsi lemah

- muncul pada satu konteks;
- keyakinan rendah;

- tidak terhubung dengan banyak konsep;
- mudah berubah setelah klarifikasi.

Dampaknya cenderung lokal.

Miskonsepsi kuat

- berulang;
- berkeyakinan tinggi;
- mempunyai daya generatif;
- terhubung dengan berbagai konsep;
- tahan terhadap koreksi.

Dampaknya dapat menjalar ke beberapa bab.

Contoh miskonsepsi kuat:

“Energi dilepaskan ketika ikatan diputus.”

Konsepsi tersebut dapat digunakan pada termokimia, kinetika, bahan bakar, metabolisme, dan kimia organik.

Contoh miskonsepsi lemah:

Peserta didik satu kali salah menuliskan simbol natrium.

Kesalahan ini tidak selalu memengaruhi konsep lanjutan.

Prioritas remediasi perlu mempertimbangkan:

- posisi konsep dalam hierarki;
- prevalensi;
- kekuatan keyakinan;
- daya generatif;
- jumlah materi lanjutan yang dipengaruhi.

1.8.34 Miskonsepsi dan Sifat Emergen Kimia

Banyak konsep lanjutan memerlukan pemahaman bahwa sifat suatu sistem muncul dari hubungan kolektif, bukan langsung dari satu komponennya.

Contoh:

- kebasahan bukan sifat satu molekul air;

- konduktivitas logam bukan sifat satu atom;
- titik didih bukan sifat satu molekul;
- kekerasan kristal bukan sifat satu partikel;
- pH bukan sifat satu ion;
- kesetimbangan bukan keadaan satu molekul;
- laju reaksi bukan perilaku satu tumbukan.

Jika peserta didik menganggap sifat makroskopik berada langsung pada partikel individual, ia akan kesulitan memahami hubungan struktur–sifat.

Tümay menekankan bahwa kegagalan memahami sifat emergen merupakan sumber penting miskonsepsi kimia. Peserta didik perlu mengoordinasikan komponen, struktur relasional, interaksi, serta kondisi agar dapat menjelaskan sifat sistem.

Dampak pada pembelajaran lanjutan sangat luas karena kimia pada dasarnya menjelaskan bagaimana struktur dan interaksi pada tingkat partikel menghasilkan perilaku makroskopik.

1.8.35 Studi Kasus I: dari Miskonsepsi Ikatan menuju Kesalahan Termokimia dan Kinetika

Konsepsi awal

“Ikatan menyimpan energi dan energi dilepaskan ketika ikatan diputus.”

Dampak pada termokimia

Peserta didik menyimpulkan bahwa semakin kuat ikatan, semakin banyak energi yang dilepaskan ketika diputus.

Dampak pada pembakaran

Energi pembakaran dianggap seluruhnya berasal dari pemutusan ikatan bahan bakar. Pembentukan ikatan pada CO_2 dan H_2O tidak dipertimbangkan.

Dampak pada kinetika

Energi aktivasi dianggap sebagai energi yang tersimpan dalam ikatan pereaksi.

Dampak pada katalis

Katalis dianggap membantu mengeluarkan energi dari ikatan.

Dampak pada mekanisme organik

Pemutusan ikatan dianggap tahap yang secara otomatis menguntungkan secara energi.

Diagnosis

Guru memberikan tiga tugas:

1. memisahkan H_2 menjadi dua atom H;
2. membentuk H_2 dari dua atom H;
3. membandingkan energi awal dan akhir.

Rekonstruksi

- pemutusan ikatan memerlukan energi;
- pembentukan ikatan melepaskan energi;
- ΔH reaksi adalah hasil bersih;
- energi aktivasi berkaitan dengan jalur reaksi;
- katalis mengubah jalur, bukan ΔH .

Evaluasi transfer

Konsep diterapkan pada pembakaran metana, pembentukan amonia, dan reaksi organik sederhana.

Kasus ini menunjukkan bahwa remediasi harus dilakukan sebelum peserta didik mempelajari konsep energi yang lebih kompleks.

1.8.36 Studi Kasus II: dari Miskonsepsi Keseimbangan menuju Kesalahan Asam-Basa

Konsepsi awal

“Reaksi setimbang berhenti dan jumlah pereaksi sama dengan produk.”

Dampak pada asam lemah

Asam lemah dianggap hanya terionisasi sampai jumlah molekul dan ion sama.

Dampak pada K_a

Nilai K_a dianggap menunjukkan persentase zat yang telah berubah menjadi produk secara tetap.

Dampak pada penyangga

Larutan penyangga dianggap “menghentikan” perubahan pH.

Dampak pada ion senama

Penambahan ion dianggap menghentikan ionisasi sepenuhnya.

Dampak pada titrasi

Titik ekuivalen dianggap keadaan ketika konsentrasi semua spesies sama.

Diagnosis

Peserta didik diminta:

- menggambar partikel asam lemah;
- menunjukkan proses maju dan balik;
- membedakan laju dengan jumlah;
- menafsirkan grafik konsentrasi terhadap waktu.

Rekonstruksi

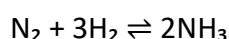
- ionisasi dan rekombinasi berlangsung simultan;
- laju maju dan balik sama saat setimbang;
- konsentrasi tetap tetapi tidak harus sama;
- Ka menyatakan hubungan kesetimbangan pada suhu tertentu;
- gangguan menghasilkan keadaan setimbang baru.

1.8.37 Studi Kasus III: dari Miskonsepsi Mol menuju Kesalahan Kesetimbangan

Konsepsi awal

“Koefisien reaksi menunjukkan perbandingan massa.”

Untuk reaksi:



peserta didik menganggap:

- 1 gram N_2 bereaksi dengan 3 gram H_2 ;
- menghasilkan 2 gram NH_3 .

Dampak stoikiometri

Perubahan jumlah zat dihitung berdasarkan massa langsung.

Dampak kesetimbangan

Tabel perubahan disusun dengan perbandingan massa, bukan molar.

Dampak tekanan parsial

Hubungan jumlah mol dan tekanan gas menjadi salah.

Dampak industri

Komposisi campuran dipahami secara keliru.

Remediasi

Guru menghubungkan:

- koefisien;
- jumlah molekul;
- jumlah mol;
- massa molar;
- perubahan konsentrasi;
- perubahan tekanan parsial.

Kasus tersebut menunjukkan bahwa kesalahan pada soal kesetimbangan dapat berasal dari miskonsepsi stoikiometri, bukan hanya kesetimbangan.

1.8.38 Studi Kasus IV: dari Model Molekul Ionik menuju Kesalahan Elektrokimia

Konsepsi awal

“NaCl terdiri atas molekul-molekul NaCl.”

Dampak pada pelarutan

NaCl dianggap tetap sebagai molekul netral di dalam air.

Dampak pada konduktivitas

Arus dianggap dibawa oleh molekul NaCl.

Dampak pada elektrolisis

Molekul NaCl dianggap bergerak ke salah satu elektrode.

Dampak pada jembatan garam

Jembatan garam dianggap mengalirkan molekul dan elektron.

Remediasi

Peserta didik membandingkan:

- kristal ionik;
- unit formula;
- ion terhidrasi;
- arah migrasi ion;
- aliran elektron pada rangkaian luar.

Konsep harus direkonstruksi pada tingkat struktur zat sebelum prosedur elektrokimia diajarkan.

1.8.39 Dampak terhadap Keberlanjutan Pembelajaran di Perguruan Tinggi

Miskonsepsi SMA dapat bertahan ketika peserta didik memasuki kimia umum, organik, analitik, fisik, atau biokimia.

Mulford dan Robinson menunjukkan bahwa mahasiswa memasuki kimia umum dengan konsepsi alternatif pada konsep fundamental, dan pembelajaran tradisional hanya memberikan perbaikan terbatas.

Pada kimia organik, konsepsi dasar yang tidak terorganisasi dapat menghambat pemahaman nukleofil, elektrofil, mekanisme, asam-basa, dan struktur–sifat.

Pada kimia fisik, kesulitan menghubungkan persamaan dan grafik dengan model submikroskopik meningkatkan tingkat abstraksi dan dapat menyebabkan peserta didik kehilangan makna dari manipulasi matematis.

Dengan demikian, kualitas fondasi konsep SMA berpengaruh terhadap kesiapan belajar pada jenjang lebih tinggi.

1.8.40 Miskonsepsi Tidak Menentukan Masa Depan secara Mutlak

Walaupun dampaknya luas, miskonsepsi tidak boleh dipandang secara deterministik. Peserta didik yang memiliki miskonsepsi tidak ditakdirkan gagal pada pembelajaran lanjutan.

Beberapa alasan:

1. konsepsi dapat berubah;
2. peserta didik dapat memiliki sumber daya pengetahuan yang produktif;
3. miskonsepsi dapat bersifat lokal;
4. konteks baru dapat memicu cara berpikir yang lebih ilmiah;
5. pengajaran eksplisit dapat membantu reorganisasi;

6. refleksi metakognitif dapat meningkatkan kesadaran;
7. diskusi dan bukti dapat memperbaiki model.

Learning progression tidak harus menggunakan pandangan “perbaiki semua yang salah” secara sederhana. Sevian dan Talanquer membedakan progresi yang berorientasi pada perbaikan miskonsepsi dari progresi yang bekerja secara evolusioner dengan sumber daya pemikiran awal.

Pendekatan yang terlalu deterministik berbahaya karena:

- memberi label permanen;
- menurunkan ekspektasi guru;
- mengabaikan variasi konteks;
- menghapus unsur pemahaman yang sudah benar;
- menyamakan satu respons dengan seluruh struktur kognitif.

Miskonsepsi harus dipandang sebagai keadaan pemahaman yang dapat didiagnosis dan direkonstruksi.

1.8.41 Diagnosis Sebelum Pembelajaran Lanjutan

Sebelum memulai materi lanjutan, guru perlu melakukan pemeriksaan konsep prasyarat.

Contoh sebelum termokimia:

- perbedaan sistem dan lingkungan;
- energi;
- ikatan;
- perubahan fisika dan kimia;
- mol dan stoikiometri.

Sebelum kesetimbangan:

- reaksi reversibel;
- laju reaksi;
- konsentrasi;
- stoikiometri;
- grafik.

Sebelum asam-basa:

- larutan;
- ion;
- konsentrasi;
- kesetimbangan;
- logaritma.

Sebelum elektrokimia:

- ion;
- elektrolit;
- redoks;
- muatan;
- stoikiometri;
- energi potensial listrik.

Diagnosis dapat dilakukan melalui:

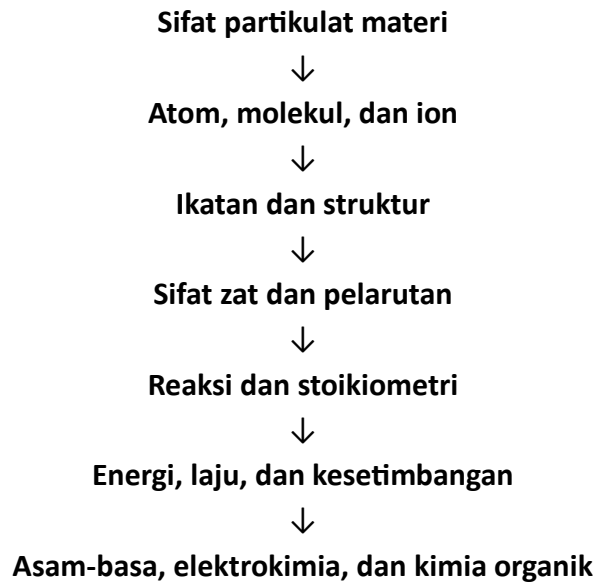
- soal prediksi;
- gambar partikel;
- tes dua atau empat tingkat;
- pertanyaan alasan;
- peta konsep;
- wawancara singkat;
- tugas perbandingan;
- analisis kesalahan.

Tujuannya bukan mengulang seluruh bab sebelumnya, tetapi menemukan konsep prasyarat yang benar-benar memerlukan perbaikan.

1.8.42 Peta Ketergantungan Konsep

Guru dapat menyusun peta ketergantungan untuk mengidentifikasi jalur dampak.

Contoh sederhana:



Untuk setiap simpul, guru mencatat:

- konsep target;
- prasyarat;
- miskonsepsi umum;
- bukti diagnosis;
- intervensi;
- indikator kesiapan.

Peta tersebut membantu mencegah pembelajaran yang hanya mengikuti urutan buku.

1.8.43 Prinsip Remediasi untuk Mencegah Dampak Lanjutan

1. Perbaiki miskonsepsi akar

Jangan hanya mengoreksi jawaban pada topik lanjutan.

2. Gunakan beberapa representasi

Konsep harus konsisten secara verbal, visual, simbolik, dan matematis.

3. Hubungkan konsep prasyarat dengan konsep baru

Peserta didik perlu melihat mengapa konsep lama diperlukan.

4. Bedakan konsep yang sering tercampur

Contoh:

- massa dan mol;

- suhu dan kalor;
- energi aktivasi dan ΔH ;
- laju dan kesetimbangan;
- kekuatan dan konsentrasi;
- ikatan dan gaya antarmolekul.

5. Uji transfer

Gunakan konteks berbeda dari contoh pembelajaran.

6. Uji retensi

Periksa kembali setelah jeda waktu.

7. Minta peserta didik menjelaskan perubahan pemahaman

Refleksi membantu reorganisasi metakognitif.

8. Audit bahasa dan model

Pastikan remediasi tidak menciptakan miskonsepsi baru.

Program intervensi tingkat perguruan tinggi yang menggunakan diagnosis pengetahuan awal dan miskonsepsi untuk merancang tutorial khusus menunjukkan pentingnya menargetkan wilayah kesulitan yang telah diidentifikasi, terutama pada kelompok mahasiswa dengan latar belakang kimia yang beragam.

1.8.44 Indikator Kesiapan untuk Melanjutkan Materi

Peserta didik tidak harus menguasai seluruh detail sebelum berpindah topik. Namun, ia perlu menunjukkan pemahaman minimum yang fungsional.

Indikator kesiapan meliputi:

1. dapat mendefinisikan konsep dengan makna, bukan hafalan;
2. dapat memberikan contoh dan noncontoh;
3. dapat menjelaskan fenomena pada tingkat partikel;
4. dapat menerjemahkan simbol;
5. dapat menggunakan konsep pada konteks baru;
6. dapat membedakan konsep yang berdekatan;
7. dapat memeriksa kemasukakalan hasil;

8. tidak mempertahankan miskonsepsi akar dengan keyakinan tinggi;
9. dapat menghubungkan konsep dengan materi berikutnya;
10. menyadari batas model yang digunakan.

Kesiapan perlu dipandang sebagai derajat, bukan keadaan sempurna. Guru dapat melanjutkan pembelajaran sambil memberikan dukungan pada konsep yang belum stabil.

1.8.45 Implikasi bagi Guru

Dampak miskonsepsi terhadap pembelajaran lanjutan menuntut guru untuk:

- memahami hierarki konsep;
- melakukan asesmen diagnostik;
- tidak menganggap materi selesai hanya karena telah diuji;
- membaca alasan di balik jawaban;
- membedakan kesalahan akar dan gejala;
- menghubungkan topik lama dan baru;
- menggunakan variasi konteks;
- memeriksa retensi;
- merancang remediasi bertingkat;
- berkolaborasi dengan guru pada tingkat kelas lain.

Guru kimia kelas XI, misalnya, perlu mengetahui kemungkinan miskonsepsi struktur atom, ikatan, mol, dan stoikiometri dari kelas X. Guru kelas XII perlu memeriksa pemahaman laju, kesetimbangan, dan asam-basa sebelum memulai elektrokimia atau kimia organik.

1.8.46 Implikasi bagi Kurikulum

Kurikulum perlu dirancang berdasarkan jaringan konsep, bukan hanya daftar materi.

Implikasinya:

1. konsep dasar dipelajari kembali dalam konteks lebih kompleks;
2. progresi konsep dibuat eksplisit;
3. asesmen prasyarat ditempatkan sebelum materi lanjutan;
4. hubungan antarbab diperjelas;

5. waktu remediasi disediakan;
6. representasi digunakan secara konsisten;
7. konsep tidak diajarkan hanya sebagai algoritma;
8. hasil penelitian miskonsepsi digunakan dalam bahan ajar;
9. keberhasilan dinilai melalui transfer dan penjelasan;
10. pendidikan guru menekankan pengetahuan konsepsi peserta didik.

Pendekatan kurikulum yang hanya menyelesaikan cakupan materi berisiko memperluas jumlah konsep yang dikenali tanpa memperkuat organisasi pengetahuan.

1.8.47 Implikasi bagi Asesmen

Asesmen pembelajaran lanjutan perlu memisahkan:

- penguasaan prasyarat;
- pemahaman konsep baru;
- keterampilan prosedural;
- kemampuan representasi;
- transfer;
- keyakinan.

Butir asesmen dapat disusun dalam pasangan.

Butir pertama: prosedural

Hitung nilai tertentu.

Butir kedua: konseptual

Jelaskan makna hasil.

Butir ketiga: representasional

Gambarkan keadaan partikel.

Butir keempat: transfer

Terapkan konsep pada situasi baru.

Butir kelima: metakognitif

Nyatakan keyakinan dan bagian yang belum dipahami.

Pola tersebut membantu menentukan apakah kegagalan berasal dari materi baru atau prasyarat lama.

1.8.48 Implikasi bagi Penelitian

Penelitian dampak miskonsepsi sebaiknya bergerak melampaui inventarisasi persentase.

Pertanyaan penelitian yang penting antara lain:

1. Miskonsepsi dasar mana yang paling kuat memprediksi kesulitan lanjutan?
2. Bagaimana satu miskonsepsi menghasilkan miskonsepsi turunan?
3. Pada tahap mana rantai kesalahan dapat diputus?
4. Apakah perubahan konsep bertahan setelah beberapa bulan?
5. Bagaimana representasi memengaruhi munculnya kembali miskonsepsi?
6. Bagaimana dampaknya terhadap motivasi dan identitas?
7. Bagaimana miskonsepsi berpindah dari sekolah ke perguruan tinggi?
8. Bagaimana calon guru membawa konsepsi ke kelas?
9. Intervensi apa yang paling efektif untuk konsep ambang?
10. Bagaimana kurikulum dapat disusun berdasarkan progresi pemikiran kimia?

Studi longitudinal lebih diperlukan daripada sekadar pretes–postes singkat. Miskonsepsi dapat tampak hilang segera setelah pembelajaran tetapi muncul kembali pada konteks baru.

1.8.49 Analisis Kritis: Apakah Semua Kesulitan Lanjutan Disebabkan oleh Miskonsepsi?

Tidak semua kesulitan pembelajaran lanjutan disebabkan miskonsepsi. Kesulitan dapat berasal dari:

- beban kognitif;
- kemampuan matematika;
- kemampuan bahasa;
- kurangnya latihan;
- instruksi yang tidak jelas;
- kecemasan;
- keterbatasan waktu;

- representasi yang buruk;
- konsep baru yang memang kompleks.

Kesalahan acak dan sistematis perlu dibedakan. Pada soal kesetimbangan, misalnya, kesalahan dapat berasal dari ketidaktelitian maupun pemahaman teori yang salah.

Karena itu, guru tidak boleh menggunakan miskonsepsi sebagai penjelasan tunggal untuk semua kegagalan. Diagnosis perlu memeriksa:

- apakah alasan salah berulang;
- apakah terdapat keyakinan;
- apakah kesalahan muncul lintas konteks;
- apakah peserta didik dapat memperbaikinya setelah diminta memeriksa;
- apakah masalah berasal dari prosedur atau konsep;
- apakah bahasa soal berperan.

Analisis yang terlalu berpusat pada miskonsepsi dapat mengabaikan desain pembelajaran dan kondisi belajar.

1.8.50 Sintesis

Miskonsepsi berdampak terhadap pembelajaran lanjutan karena pengetahuan kimia tersusun secara kumulatif, hierarkis, dan saling berhubungan. Konsep baru tidak dibangun di ruang kosong, tetapi ditafsirkan melalui konsepsi yang telah dimiliki peserta didik.

Dampak utama miskonsepsi meliputi:

1. menghambat penguasaan konsep prasyarat;
2. mendistorsi informasi baru;
3. menghasilkan model sintetik;
4. memfragmentasi jaringan pengetahuan;
5. menutupi kelemahan di balik keberhasilan algoritmik;
6. menghambat transfer;
7. mengganggu koordinasi representasi;
8. menghasilkan miskonsepsi turunan;
9. meningkatkan beban kognitif;

10. mengurangi akurasi metakognitif;
11. memengaruhi motivasi dan identitas belajar;
12. terbawa ke pendidikan tinggi dan profesi guru.

Miskonsepsi pada sifat partikulat materi dapat menjalar ke pelarutan, reaksi, kesetimbangan, dan elektrokimia. Miskonsepsi struktur atom memengaruhi sistem periodik, ikatan, dan reaktivitas. Miskonsepsi ikatan menghambat termokimia, sifat zat, serta kimia organik. Miskonsepsi mol memengaruhi hampir seluruh perhitungan kuantitatif. Miskonsepsi kesetimbangan menghambat asam-basa, kelarutan, penyangga, dan analisis kimia.

Namun, dampak tersebut tidak bersifat deterministik. Miskonsepsi dapat diubah melalui diagnosis, rekonstruksi konsep, multipel representasi, pengujian transfer, refleksi, dan pemeriksaan retensi. Guru perlu menemukan miskonsepsi akar, bukan hanya memperbaiki gejala pada materi lanjutan.

Pembahasan dampak ini menegaskan bahwa identifikasi miskonsepsi bukan kegiatan tambahan di luar pembelajaran. Diagnosis merupakan syarat untuk memastikan bahwa setiap konsep benar-benar dapat berfungsi sebagai fondasi bagi konsep berikutnya.

1.9 Urgensi Diagnosis dan Remediasi Miskonsepsi

1.9.1 Miskonsepsi Tidak Cukup Diketahui, tetapi Harus Ditindaklanjuti

Kajian mengenai miskonsepsi tidak akan memberikan dampak berarti apabila hanya berhenti pada penyusunan daftar jawaban salah. Mengetahui bahwa peserta didik menganggap atom seperti tata surya, asam kuat selalu pekat, katalis menambah hasil kesetimbangan, atau pemutusan ikatan melepaskan energi merupakan langkah awal. Tugas pendidikan yang lebih penting adalah menentukan bagaimana konsepsi tersebut diidentifikasi secara akurat, ditafsirkan secara hati-hati, dicegah agar tidak semakin menguat, dan diremediasi melalui pembelajaran yang tepat.

Urgensi diagnosis muncul karena miskonsepsi dapat tersembunyi di balik jawaban benar, prosedur hitungan yang lancar, penggunaan istilah ilmiah, dan nilai ujian yang tinggi. Peserta didik mungkin mampu menyetarakan persamaan reaksi tanpa memahami makna koefisien, menghitung pH tanpa membedakan kekuatan dan konsentrasi asam, atau menentukan arah pergeseran kesetimbangan tanpa memahami dinamika partikel. Jika guru hanya menilai hasil akhir, struktur pemahaman yang keliru tidak terlihat.

Nakhleh menegaskan bahwa sebagian peserta didik dapat menguasai algoritma kimia tanpa memahami konsep yang mendasarinya. Informasi baru kemudian diproses melalui struktur konseptual yang tidak memadai sehingga pembelajaran formal tidak otomatis menghasilkan pemahaman ilmiah. Temuan tersebut menunjukkan bahwa diagnosis bukan kegiatan tambahan, melainkan bagian penting dari pembelajaran kimia.

Urgensi remediasi muncul karena miskonsepsi tidak selalu hilang setelah guru menyampaikan definisi yang benar. Konsepsi tersebut dapat terasa masuk akal, didukung pengalaman sehari-hari, diperkuat bahasa buku, dan digunakan secara berulang. Peserta didik dapat menghafal koreksi untuk menghadapi ujian, tetapi tetap menggunakan konsepsi lama ketika menghadapi fenomena baru.

Dengan demikian, diagnosis dan remediasi perlu dipandang sebagai satu kesatuan:

Diagnosis tanpa remediasi hanya menghasilkan pemetaan masalah, sedangkan remediasi tanpa diagnosis berisiko memberikan perlakuan yang tidak sesuai dengan sumber kesulitan peserta didik.

Diagnosis menjawab pertanyaan:

- Konsep apa yang dipahami secara keliru?
- Hubungan apa yang dianggap benar oleh peserta didik?
- Seberapa konsisten konsepsi tersebut digunakan?
- Seberapa tinggi keyakinan peserta didik?
- Dari mana konsepsi tersebut mungkin berasal?
- Apakah kesalahan bersifat individual atau kolektif?

Remediasi menjawab pertanyaan:

- Bagian mana yang harus dipertahankan?
- Bagian mana yang harus diperluas atau dibedakan?
- Hubungan mana yang harus direkonstruksi?
- Bukti apa yang perlu ditampilkan?
- Representasi apa yang paling sesuai?
- Bagaimana memastikan perubahan bertahan dan dapat ditransfer?

1.9.2 Pengertian Diagnosis Miskonsepsi

Dalam konteks pendidikan kimia, **diagnosis miskonsepsi** dapat didefinisikan sebagai:

Proses sistematis untuk mengumpulkan, membandingkan, dan menafsirkan bukti mengenai konsepsi peserta didik sehingga dapat dibedakan antara pemahaman ilmiah, pengetahuan parsial, ketidaktahuan, kesalahan prosedural, kekeliruan sesaat, dan miskonsepsi.

Diagnosis bukan sekadar pemberian tes. Tes hanyalah salah satu alat untuk memperoleh bukti. Diagnosis mencakup proses yang lebih luas:

1. menentukan konsep target;
2. mengidentifikasi atribut kritis konsep;
3. memetakan konsep prasyarat;
4. menelaah miskonsepsi yang telah dilaporkan;
5. mengembangkan tugas diagnostik;
6. mengumpulkan jawaban, alasan, dan representasi;
7. memeriksa konsistensi;
8. menilai tingkat keyakinan;
9. menafsirkan sumber kesalahan;
10. menentukan tindakan pembelajaran.

Treagust mengembangkan prosedur sistematis untuk menyusun tes diagnostik dua tingkat dengan jawaban dan alasan. Proses pengembangannya melibatkan penetapan ruang lingkup konsep, identifikasi pengetahuan peserta didik, wawancara, penyusunan distraktor, serta validasi instrumen. Pendekatan tersebut menunjukkan bahwa instrumen diagnostik tidak boleh disusun hanya dengan menciptakan pilihan salah yang dianggap “masuk akal” oleh guru; distraktor idealnya berasal dari konsepsi yang benar-benar digunakan peserta didik.

Diagnosis disebut sistematis karena kesimpulan tidak dibuat berdasarkan satu jawaban. Seorang peserta didik yang salah menjawab satu soal belum tentu mengalami miskonsepsi. Ia mungkin tidak teliti, salah membaca, tidak memahami istilah, atau melakukan kesalahan hitung. Indikasi miskonsepsi menjadi lebih kuat apabila:

- alasan yang sama muncul berulang;
- konsepsi digunakan pada beberapa konteks;
- peserta didik yakin terhadap jawabannya;
- model visual dan penjelasan verbal konsisten;
- koreksi sederhana tidak segera mengubah pemahaman;
- gagasan menghasilkan sejumlah prediksi turunan.

Diagnosis karena itu merupakan **inferensi berbasis bukti**, bukan pembacaan langsung terhadap pikiran.

1.9.3 Pengertian Remediasi Miskonsepsi

Remediasi miskonsepsi adalah proses pembelajaran yang dirancang untuk membantu peserta didik mengevaluasi, membatasi, mereorganisasi, atau mengganti konsepsi yang tidak ilmiah sehingga terbentuk pemahaman yang lebih selaras dengan pengetahuan kimia.

Remediasi tidak selalu berarti menghapus seluruh pemahaman awal. Tindakan yang diperlukan bergantung pada struktur konsepsi.

A. Elaborasi

Dilakukan ketika peserta didik memiliki gagasan benar tetapi belum lengkap.

Contoh:

“Katalis mempercepat reaksi.”

Gagasan tersebut perlu dielaborasi dengan jalur alternatif, energi aktivasi, regenerasi katalis, serta pengaruh terhadap reaksi maju dan balik.

B. Diferensiasi

Dilakukan ketika peserta didik mencampurkan dua konsep.

Contoh:

- asam kuat dengan asam pekat;
- suhu dengan kalor;
- energi aktivasi dengan perubahan entalpi;
- ikatan intramolekul dengan gaya antarmolekul;
- atom dengan unsur;
- mol dengan massa.

C. Pembatasan

Dilakukan ketika aturan yang benar pada konteks tertentu diterapkan secara universal.

Contoh:

“Oksidasi adalah pengikatan oksigen.”

Pemahaman ini perlu dibatasi sebagai salah satu bentuk oksidasi, kemudian diperluas menuju pelepasan elektron dan kenaikan bilangan oksidasi.

D. Rekonstruksi

Dilakukan ketika hubungan mendasar yang digunakan peserta didik bertentangan dengan konsep ilmiah.

Contoh:

“Pemutusan ikatan melepaskan energi.”

Hubungan antara energi, pemutusan ikatan, pembentukan ikatan, dan perubahan entalpi harus dibangun ulang.

E. Rekategorisasi ontologis

Dilakukan ketika suatu konsep ditempatkan dalam kategori yang salah.

Contoh:

“Kalor adalah zat yang tersimpan dalam benda.”

Kalor perlu direkonstruksi sebagai energi yang berpindah karena perbedaan suhu.

F. Pengaturan konteks

Dilakukan ketika intuisi tertentu bermanfaat pada satu konteks tetapi menyesatkan pada konteks lain.

Contoh:

“Semakin banyak tumbukan, semakin cepat reaksi.”

Pernyataan tersebut perlu dilengkapi syarat mengenai tumbukan efektif, orientasi, energi, konsentrasi, dan mekanisme.

Remediasi yang baik mempertahankan unsur pemikiran yang produktif sambil memperbaiki hubungan yang salah. Pendekatan ini lebih konstruktif daripada menggambarkan pikiran peserta didik sebagai kumpulan kesalahan yang harus dikosongkan.

1.9.4 Perkembangan Historis Diagnosis Miskonsepsi

Pada tahap awal penelitian pendidikan sains, diagnosis banyak dilakukan melalui wawancara klinis. Peneliti meminta peserta didik menjelaskan fenomena, menggambar model, atau menanggapi pertanyaan lanjutan. Pendekatan ini memberikan data mendalam mengenai struktur penalaran, tetapi membutuhkan waktu dan hanya dapat digunakan pada jumlah peserta yang terbatas.

Perkembangan berikutnya menghasilkan tes diagnostik dua tingkat. Tingkat pertama meminta jawaban, sedangkan tingkat kedua meminta alasan. Format ini memungkinkan peneliti membedakan jawaban benar dengan alasan benar dari jawaban benar yang diperoleh melalui alasan keliru.

Selanjutnya berkembang:

- *Certainty of Response Index*;

- tes diagnostik tiga tingkat;
- tes diagnostik empat tingkat;
- inventori konsep;
- tugas gambar;
- peta konsep;
- wawancara berbantuan representasi;
- asesmen digital adaptif.

Bretz menjelaskan bahwa inventori konsep dan asesmen diagnostik memungkinkan peneliti serta guru mengidentifikasi pola pemahaman kimia pada jumlah peserta yang lebih besar. Namun, pengembangan instrumen menuntut keputusan metodologis mengenai konstruk, sumber distraktor, validitas, skoring, dan interpretasi.

Perkembangan instrumen tidak menghilangkan peran wawancara. Tes berskala besar memberikan peta umum, sedangkan wawancara membantu menjelaskan mengapa peserta didik memilih suatu jawaban. Kombinasi keduanya memberikan dasar diagnosis yang lebih kuat.

Secara historis, perkembangan diagnosis juga menunjukkan perubahan orientasi. Tujuan awalnya banyak berfokus pada menemukan kesalahan. Orientasi mutakhir lebih menekankan:

- struktur dan sumber penalaran;
- kekuatan keyakinan;
- fleksibilitas penggunaan konsep;
- hubungan antarrepresentasi;
- konteks aktivasi pengetahuan;
- implikasi langsung bagi desain pembelajaran.

1.9.5 Mengapa Diagnosis Harus Dilakukan Sebelum Pembelajaran?

Diagnosis awal memungkinkan guru mengetahui titik keberangkatan peserta didik. Tanpa diagnosis, guru berisiko mengajarkan konsep lanjutan dengan mengasumsikan bahwa seluruh prasyarat telah dikuasai.

Misalnya, sebelum mengajarkan kesetimbangan kimia, guru perlu mengetahui apakah peserta didik telah memahami:

- sifat partikulat materi;

- reaksi reversibel;
- laju reaksi;
- konsentrasi;
- stoikiometri;
- grafik perubahan terhadap waktu.

Jika peserta didik masih menganggap reaksi kimia berlangsung sampai salah satu zat hilang sepenuhnya, konsep reaksi maju dan balik akan sulit dibangun. Jika peserta didik menganggap grafik mendatar berarti semua proses berhenti, kesetimbangan dinamis akan ditafsirkan secara statis.

Johnson menunjukkan bahwa beberapa gagasan dasar yang diperlukan untuk memahami perubahan kimia sering diasumsikan telah dikuasai, padahal justru tidak pernah diajarkan secara eksplisit. Akibatnya, peserta didik dapat berhasil dalam ujian tetapi tetap mempunyai pemahaman perubahan kimia yang lemah.

Diagnosis sebelum pembelajaran memiliki beberapa fungsi:

1. menentukan kesiapan;
2. menemukan konsep prasyarat yang hilang;
3. mengenali miskonsepsi kuat;
4. mengelompokkan kebutuhan peserta didik;
5. memilih contoh dan noncontoh;
6. menentukan kedalaman penjelasan;
7. merancang konflik kognitif;
8. mencegah terbentuknya miskonsepsi baru.

Diagnosis awal bukan pretes untuk memberi nilai. Fungsinya bersifat formatif dan perencanaan.

1.9.6 Diagnosis Selama Pembelajaran

Miskonsepsi dapat muncul atau berubah selama proses belajar. Oleh karena itu, diagnosis tidak boleh hanya dilakukan sebelum pembelajaran.

Guru dapat menggunakan asesmen formatif melalui:

- pertanyaan prediksi;

- pemungutan suara kelas;
- gambar partikel;
- kartu jawaban;
- penjelasan singkat;
- jurnal refleksi;
- peta konsep;
- diskusi kelompok;
- analisis kesalahan;
- pertanyaan “mengapa?”;
- pertanyaan “bagaimana Anda mengetahuinya?”;
- perbandingan dua model.

Contoh pada termokimia:

Guru memberikan pernyataan:

“Pemutusan ikatan H–H melepaskan energi.”

Peserta didik diminta memilih:

- benar;
- salah;
- belum yakin.

Kemudian mereka menuliskan alasan dan tingkat keyakinan.

Respons tersebut memungkinkan guru mengetahui apakah peserta didik:

- memahami bahwa pemutusan memerlukan energi;
- menganggap ikatan sebagai tempat penyimpanan energi;
- mencampurkan energi ikatan dengan energi reaksi;
- sekadar menebak.

Diagnosis selama pembelajaran memungkinkan guru mengubah strategi sebelum miskonsepsi semakin kuat. Guru tidak harus menunggu ujian akhir untuk mengetahui bahwa representasi atau analogi yang digunakan telah disalahpahami.

1.9.7 Diagnosis Setelah Pembelajaran

Asesmen setelah pembelajaran perlu memeriksa lebih dari kemampuan mengulang definisi atau menyelesaikan soal yang sama dengan latihan.

Diagnosis setelah pembelajaran sebaiknya menguji:

1. perubahan jawaban;
2. perubahan alasan;
3. perubahan tingkat keyakinan;
4. konsistensi lintas representasi;
5. penerapan pada konteks baru;
6. retensi setelah jeda waktu.

Peserta didik yang semula salah dan yakin dapat berubah menjadi:

- benar dan yakin;
- benar tetapi ragu;
- salah tetapi mulai ragu;
- tetap salah dan yakin.

Perubahan dari salah-yakin menjadi salah-ragu belum merupakan pemahaman ilmiah, tetapi menunjukkan bahwa kepastian terhadap konsepsi lama mulai melemah. Guru perlu melanjutkan proses sampai peserta didik mempunyai model alternatif yang dapat digunakan.

Diagnosis tertunda penting karena konsepsi lama dapat muncul kembali ketika:

- konteks berubah;
- peserta didik berada di bawah tekanan;
- representasi berbeda digunakan;
- waktu telah berlalu;
- beban kognitif meningkat.

1.9.8 Diagnosis pada Tingkat Makroskopik, Submikroskopik, dan Simbolik

Kimia menuntut koordinasi berbagai tingkat representasi. Diagnosis yang hanya menggunakan satu tingkat dapat menghasilkan gambaran yang tidak lengkap.

A. Tingkat makroskopik

Guru menilai kemampuan peserta didik mengenali fenomena yang diamati:

- perubahan warna;
- terbentuknya gas;
- endapan;
- perubahan suhu;
- perubahan fase.

B. Tingkat submikroskopik

Peserta didik menjelaskan:

- susunan partikel;
- gerak partikel;
- interaksi;
- perubahan elektron;
- pembentukan atau pemutusan spesies.

C. Tingkat simbolik

Peserta didik menggunakan:

- lambang;
- rumus;
- persamaan;
- koefisien;
- muatan;
- notasi keadaan;
- grafik;
- perhitungan.

Contoh pada pelarutan NaCl:

Peserta didik dapat mengamati bahwa kristal “menghilang” dan menuliskan NaCl(aq) . Namun, gambar partikelnya mungkin masih berupa molekul-molekul NaCl netral. Diagnosis lintas representasi mengungkap bahwa keberhasilan simbolik belum disertai pemahaman kisi dan ionisasi.

Pada 2026, Talanquer menekankan pentingnya *conceptual reframing*, yaitu kemampuan melihat fenomena melalui lensa konseptual yang berbeda dan memilih kerangka yang sesuai.

Kesulitan menerapkan pengetahuan lintas konteks tidak selalu disebabkan kekurangan ingatan, tetapi dapat berasal dari lemahnya fleksibilitas mengaktifkan dan mengoordinasikan perspektif kimia.

Diagnosis modern karena itu tidak hanya bertanya “apakah peserta didik mengetahui konsep?”, tetapi juga:

“Apakah peserta didik dapat memilih dan mengoordinasikan konsep yang tepat ketika bentuk persoalan berubah?”

1.9.9 Instrumen Diagnosis yang Relevan

A. Tes pilihan ganda biasa

Keunggulan:

- cepat;
- mudah diperiksa;
- mencakup banyak materi.

Keterbatasan:

- tidak mengungkap alasan;
- jawaban benar dapat berasal dari tebakan;
- pilihan salah belum tentu merepresentasikan konsepsi peserta didik.

B. Tes dua tingkat

Tingkat pertama berisi jawaban, sedangkan tingkat kedua berisi alasan.

Keunggulan:

- membedakan jawaban dan penalaran;
- dapat digunakan pada jumlah peserta besar.

Keterbatasan:

- alasan tetap dibatasi oleh pilihan;
- keyakinan tidak diukur.

C. Tes tiga dan empat tingkat

Tes tersebut menambahkan tingkat keyakinan terhadap jawaban dan alasan.

Keunggulan:

- membantu membedakan ketidaktahuan dan miskonsepsi;
- mengidentifikasi konsepsi kuat;
- menemukan jawaban benar dengan alasan salah.

Keterbatasan:

- lebih panjang;
- membutuhkan pemahaman skala keyakinan;
- tidak menggantikan wawancara.

D. Pertanyaan terbuka

Keunggulan:

- peserta didik menggunakan bahasa sendiri;
- dapat menemukan konsepsi yang tidak diprediksi.

Keterbatasan:

- sulit diskor;
- dipengaruhi kemampuan menulis.

E. Wawancara klinis

Keunggulan:

- mendalam;
- memungkinkan pertanyaan lanjutan;
- mengungkap perubahan penalaran.

Keterbatasan:

- memerlukan waktu;
- sulit digunakan pada seluruh kelas.

F. Gambar partikel

Keunggulan:

- mengungkap model submikroskopik;
- cocok untuk materi, larutan, reaksi, dan fase.

Keterbatasan:

- gambar dapat dipengaruhi keterampilan visual;

- perlu dikombinasikan dengan penjelasan.

G. Peta konsep

Keunggulan:

- memperlihatkan hubungan antarkonsep;
- mengungkap fragmentasi.

Keterbatasan:

- peserta didik perlu memahami cara menyusun peta;
- hubungan yang tidak digambar belum tentu tidak dipahami.

H. *Predict–Observe–Explain*

Peserta didik membuat prediksi, mengamati hasil, lalu menjelaskan.

Keunggulan:

- memperlihatkan konsepsi awal;
- menciptakan kesempatan refleksi.

Keterbatasan:

- pengamatan yang bertentangan tidak otomatis menghasilkan perubahan konsep.

I. *Think-aloud*

Peserta didik mengungkap proses berpikir ketika menyelesaikan masalah.

Keunggulan:

- memperlihatkan strategi dan asumsi.

Keterbatasan:

- sebagian proses berpikir bersifat implisit;
- verbalisasi dapat memengaruhi penyelesaian.

Tidak ada satu instrumen yang mampu mengungkap seluruh struktur pemahaman. Pemilihan alat harus disesuaikan dengan tujuan, jumlah peserta, waktu, dan kompleksitas konsep.

1.9.10 Kesalahan Umum dalam Diagnosis

1. Menyebut semua jawaban salah sebagai miskonsepsi

Kesalahan dapat berasal dari ketidaktahuan, kelalaian, matematika, atau bahasa.

2. Menyimpulkan dari satu butir

Miskonsepsi perlu ditunjukkan melalui pola.

3. Mengabaikan alasan

Pilihan jawaban tidak selalu menunjukkan dasar penalaran.

4. Menggunakan distraktor buatan guru tanpa penelitian awal

Pilihan tersebut mungkin tidak pernah digunakan peserta didik.

5. Menganggap keyakinan tinggi sebagai bukti tunggal

Peserta didik dapat yakin karena salah membaca atau mengandalkan prosedur.

6. Menggunakan soal ambigu

Ketidakjelasan istilah “lebih kuat”, “lebih asam”, atau “lebih stabil” dapat menghasilkan jawaban berbeda tanpa miskonsepsi.

7. Mengabaikan konsep prasyarat

Kesalahan pada kesetimbangan mungkin berakar pada stoikiometri atau laju.

8. Mengabaikan konteks

Peserta didik dapat menggunakan model berbeda pada situasi berbeda.

9. Memberi label permanen

Diagnosis adalah gambaran keadaan pemahaman pada waktu tertentu.

10. Tidak menindaklanjuti hasil

Tes diagnostik kehilangan fungsi apabila pembelajaran tidak diubah.

1.9.11 Urgensi Pencegahan Miskonsepsi

Remediasi penting, tetapi mencegah terbentuknya miskonsepsi tertentu lebih efisien daripada memperbaikinya setelah menguat.

Pencegahan tidak berarti peserta didik tidak boleh membuat kesalahan. Kesalahan merupakan bagian pembelajaran. Pencegahan berarti menghindari kondisi pedagogis yang secara sistematis membangun hubungan konseptual salah.

Strategi pencegahan meliputi:

1. menganalisis konsep sebelum mengajar;
2. mengidentifikasi batas definisi;

3. menjelaskan status model;
4. menggunakan bahasa yang presisi;
5. membatasi analogi;
6. menghubungkan representasi;
7. membandingkan contoh dan noncontoh;
8. menguji konsep prasyarat;
9. meminta alasan;
10. menghindari aturan tanpa konteks;
11. memeriksa pemahaman selama pembelajaran;
12. meninjau ulang bahan ajar.

Contoh pencegahan pada aturan oktet:

Guru tidak cukup mengatakan:

“Atom berikatan untuk mencapai oktet.”

Guru dapat menyatakan:

“Aturan oktet merupakan pola yang membantu memprediksi beberapa struktur unsur golongan utama, tetapi bukan penyebab universal semua pembentukan ikatan.”

Guru kemudian menjelaskan peran energi dan interaksi elektrostatik serta memberikan contoh keterbatasan.

Contoh pencegahan pada energi:

Sejak awal, guru harus membedakan:

- pemutusan ikatan menyerap energi;
- pembentukan ikatan melepaskan energi;
- energi reaksi merupakan hasil bersih kedua proses.

Buku *Chemical Misconceptions: Prevention, Diagnosis and Cure* menempatkan pencegahan, diagnosis, dan penanganan sebagai rangkaian yang saling berkaitan, menegaskan bahwa praktik kelas perlu dirancang berdasarkan pengetahuan mengenai konsepsi alternatif peserta didik.

1.9.12 Remediasi melalui Konflik Kognitif

Konflik kognitif terjadi ketika prediksi peserta didik tidak sesuai dengan bukti atau ketika konsepsinya tidak mampu menjelaskan suatu fenomena.

Tahapan umum:

1. peserta didik menyatakan gagasan;
2. peserta didik membuat prediksi;
3. bukti ditampilkan;
4. perbedaan dianalisis;
5. konsep ilmiah diperkenalkan;
6. konsep baru digunakan;
7. peserta didik merefleksikan perubahan.

Contoh pada kekekalan massa:

Peserta didik memprediksi bahwa massa berkurang ketika reaksi menghasilkan gas. Reaksi dilakukan dalam sistem tertutup dan massa diukur sebelum serta sesudah. Data menunjukkan massa tetap.

Namun, konflik tidak otomatis mengubah konsep. Peserta didik dapat:

- menganggap alat salah;
- menganggap gas tidak terbentuk;
- menghafal hasil tanpa mengubah model;
- menciptakan penjelasan tambahan untuk mempertahankan konsepsi lama.

Konflik kognitif harus diikuti dengan model ilmiah yang dapat dipahami. Menunjukkan bahwa jawaban peserta didik salah tanpa memberikan penjelasan alternatif hanya menghasilkan kebingungan.

1.9.13 Remediasi melalui Teks Perubahan Konseptual

Teks perubahan konseptual dirancang bukan sekadar menyampaikan informasi, tetapi secara eksplisit:

1. memunculkan konsepsi umum;
2. menjelaskan mengapa konsepsi terasa masuk akal;
3. menunjukkan keterbatasannya;

4. memberikan bukti;
5. memperkenalkan konsep ilmiah;
6. menerapkan konsep baru.

Penelitian pada konsep alkena menunjukkan bahwa teks perubahan konseptual yang dikembangkan berdasarkan miskonsepsi dan kesulitan peserta didik dapat meningkatkan pemahaman serta membantu remediasi lebih baik daripada pembelajaran tradisional pada konteks penelitian tersebut.

Contoh struktur teks tentang energi ikatan:

Sebagian peserta didik beranggapan bahwa pemutusan ikatan melepaskan energi karena bahan bakar disebut menyimpan energi kimia. Anggapan tersebut tidak tepat. Untuk memisahkan dua atom yang berikatan, sistem harus menerima energi. Energi reaksi eksoterm muncul ketika pembentukan ikatan produk melepaskan energi lebih besar daripada energi yang diperlukan untuk memutus ikatan pereaksi.

Teks tersebut menghubungkan konsepsi awal, alasan, koreksi, dan konsep ilmiah.

1.9.14 Remediasi melalui Analogi yang Dibangun dan Dibatasi

Analogi membantu memahami konsep abstrak dengan menghubungkannya pada sistem yang familiar. Namun, analogi dapat menjadi sumber miskonsepsi jika kesamaan dan perbedaannya tidak dinyatakan.

Contoh analogi kesetimbangan:

Dua kelompok memindahkan air antara dua wadah dengan kecepatan sama. Volume air dapat tetap meskipun perpindahan terus berlangsung.

Kesamaan:

- terdapat dua proses berlawanan;
- proses terus berlangsung;
- keadaan makroskopik dapat tetap.

Keterbatasan:

- reaksi kimia tidak berupa pemindahan zat yang sama;
- laju ditentukan interaksi partikel;
- konsentrasi tidak harus sama;
- analogi tidak menjelaskan mekanisme molekuler.

Langkah penggunaan analogi:

1. jelaskan konsep sasaran;
2. jelaskan sistem analog;
3. petakan kesamaan;
4. petakan perbedaan;
5. uji melalui contoh;
6. hentikan analogi ketika batasnya tercapai.

Analogi bukan pengganti konsep. Analogi adalah jembatan yang harus ditinggalkan ketika peserta didik mampu menggunakan model ilmiah.

1.9.15 Remediasi melalui Multipel Representasi

Miskonsepsi sering muncul karena peserta didik tidak mampu menghubungkan fenomena, partikel, simbol, grafik, dan matematika.

Remediasi dapat menggunakan urutan:

1. amati fenomena;
2. gambarkan partikel;
3. tuliskan simbol;
4. jelaskan hubungan;
5. gunakan perhitungan;
6. kembali menafsirkan hasil.

Contoh pada reaksi Mg dan HCl:

Makroskopik

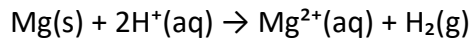
- logam berkurang;
- gelembung terbentuk;
- suhu berubah.

Submikroskopik

- Mg melepaskan elektron;
- H^+ menerima elektron;
- terbentuk Mg^{2+} dan H_2 ;

- Cl^- tetap sebagai ion pengamat.

Simbolik



Kuantitatif

Koefisien digunakan untuk menentukan rasio jumlah zat.

Setelah itu, peserta didik diminta menjelaskan bagaimana setiap bentuk mewakili proses yang sama.

Multipel representasi tidak berarti menampilkan banyak gambar secara sekaligus. Hubungan dan aturan penerjemahan perlu diajarkan secara eksplisit.

1.9.16 Remediasi melalui Model dan Pemodelan

Model kimia bukan gambar dekoratif, tetapi alat untuk menjelaskan dan memprediksi.

Remediasi berbasis pemodelan dapat melibatkan:

1. peserta didik membuat model awal;
2. model digunakan untuk memprediksi;
3. prediksi dibandingkan dengan data;
4. model direvisi;
5. model dibandingkan dengan model ilmiah;
6. keterbatasan model didiskusikan.

Contoh pada gas:

Peserta didik menggambar gas sebelum dan sesudah dimampatkan.

Miskonsepsi yang dapat muncul:

- ukuran partikel mengecil;
- jumlah partikel berkurang;
- partikel berubah menjadi cair;
- ruang antarpartikel berisi udara.

Melalui revisi model, peserta didik membangun pemahaman bahwa perubahan volume terutama berkaitan dengan jarak antarpartikel, bukan ukuran partikel.

Pemodelan membantu peserta didik memahami bahwa model ilmiah dapat berubah berdasarkan bukti. Hal ini juga mencegah model Bohr, struktur Lewis, atau bola-dan-tongkat diperlakukan sebagai salinan literal realitas.

1.9.17 Remediasi melalui Praktikum

Praktikum berpotensi mengubah konsepsi karena memberikan bukti, tetapi praktikum tidak otomatis menghasilkan pemahaman.

Praktikum yang hanya mengikuti resep dapat membuat peserta didik:

- mengamati perubahan tanpa memahami sebab;
- mencari hasil yang diharapkan;
- mengabaikan data yang berbeda;
- menghafal warna atau endapan;
- mempertahankan model lama.

Praktikum remedial harus menghubungkan:

- prediksi;
- pengamatan;
- data;
- model partikel;
- persamaan;
- kesimpulan;
- refleksi.

Contoh pada larutan jenuh:

Peserta didik menganggap bahwa tidak ada proses ketika larutan telah jenuh. Guru menggunakan sistem yang memperlihatkan pertukaran dinamis atau simulasi partikulat untuk menjelaskan bahwa proses pelarutan dan pengendapan tetap berlangsung dengan laju sama.

Pertanyaan reflektif:

- Apa yang tetap?
- Apa yang terus berubah?
- Apa bukti proses dinamis?

- Bagaimana model partikel menjelaskannya?

1.9.18 Remediasi melalui Diskusi dan Argumentasi Ilmiah

Miskonsepsi perlu dibawa ke ruang diskusi agar peserta didik dapat membandingkan penjelasan.

Struktur argumentasi:

1. klaim;
2. bukti;
3. penalaran;
4. evaluasi alternatif;
5. kesimpulan sementara.

Contoh:

Klaim A: Katalis meningkatkan jumlah produk kesetimbangan.

Klaim B: Katalis mempercepat tercapainya kesetimbangan tanpa mengubah komposisinya.

Bukti dapat berupa grafik konsentrasi terhadap waktu dengan dan tanpa katalis.

Peserta didik kemudian menilai:

- apakah nilai akhir berbeda;
- apakah waktu mencapai nilai akhir berbeda;
- apakah reaksi maju dan balik dipengaruhi;
- apakah nilai K berubah.

Diskusi ilmiah berbeda dari voting. Penjelasan yang dipilih harus didasarkan pada kesesuaian dengan bukti dan konsep, bukan jumlah pendukung.

1.9.19 Remediasi melalui Pertanyaan Sokratik

Pertanyaan Sokratik membantu peserta didik memeriksa asumsi tanpa langsung diberi jawaban.

Contoh pada pernyataan:

“Atom berikatan agar stabil.”

Guru dapat bertanya:

- Apa arti stabil dalam pernyataan tersebut?
- Apakah semua zat yang memenuhi oktet tidak dapat bereaksi?
- Mengapa molekul yang telah terbentuk masih dapat mengalami reaksi?
- Apakah BF_3 dapat ada?
- Faktor energi apa yang terlibat?
- Apakah atom mempunyai keinginan?

Pertanyaan tersebut tidak dimaksudkan menjebak, tetapi membuat peserta didik menyadari bahwa penjelasannya belum cukup.

Pertanyaan remedial yang baik:

- spesifik;
- tidak mempermalukan;
- mengarah pada pemeriksaan bukti;
- membuka kemungkinan revisi;
- tidak langsung mengungkapkan jawaban.

1.9.20 Remediasi melalui Contoh dan Noncontoh

Miskonsepsi sering terbentuk karena peserta didik hanya melihat contoh tipikal.

Konsep elektrolit, misalnya, tidak cukup dijelaskan dengan larutan NaCl . Guru perlu membandingkan:

- NaCl padat;
- NaCl leleh;
- larutan NaCl ;
- larutan HCl ;
- larutan CH_3COOH ;
- larutan gula;
- air murni.

Perbandingan tersebut membantu peserta didik memahami bahwa konduktivitas memerlukan pembawa muatan yang dapat bergerak.

Pada konsep molekul, guru membandingkan:

- H_2O ;
- O_2 ;
- CO_2 ;
- NaCl ;
- SiO_2 ;
- Fe.

Peserta didik kemudian membedakan molekul diskrit, unit formula, kisi kovalen, dan struktur logam.

Noncontoh memperjelas batas konsep. Tanpa noncontoh, peserta didik mudah membentuk prototipe yang terlalu sempit.

1.9.21 Remediasi melalui Perbandingan Kontras

Perbandingan kontras menempatkan dua konsep yang sering tercampur secara berdampingan.

Konsep A	Konsep B
Asam kuat	Asam pekat
Kalor	Suhu
Reaksi cepat	Reaksi spontan
Energi aktivasi	Perubahan entalpi
Ikatan kimia	Gaya antarmolekul
Molekul	Unit formula
Keseimbangan	Kesamaan jumlah
Ionisasi	Disosiasi
Orbit	Orbital
Koefisien	Indeks

Peserta didik diminta membandingkan:

- definisi;
- unit;
- variabel penentu;
- representasi;
- contoh;
- noncontoh;

- hubungan antara keduanya.

Strategi ini efektif karena banyak miskonsepsi bukan berasal dari tidak adanya pengetahuan, tetapi dari kegagalan membedakan konsep yang berdekatan.

1.9.22 Remediasi melalui Teknologi dan Simulasi

Simulasi dapat menampilkan proses yang tidak dapat diamati secara langsung:

- gerak partikel;
- tumbukan;
- ionisasi;
- kesetimbangan dinamis;
- distribusi energi;
- perpindahan elektron;
- interaksi antarmolekul.

Namun, animasi dapat menimbulkan miskonsepsi baru apabila:

- skala tidak realistis;
- warna dianggap sifat atom;
- gerak dibuat terlalu terarah;
- partikel digambarkan dengan ukuran salah;
- model tidak diberi keterangan;
- peserta didik hanya menonton tanpa memprediksi.

Teknologi sebaiknya digunakan dalam siklus:

1. prediksi;
2. eksplorasi;
3. pengamatan;
4. penjelasan;
5. perbandingan;
6. refleksi.

Teknologi bukan pengganti mediasi guru.

1.9.23 Remediasi Berbasis Profil Peserta Didik

Satu intervensi tidak selalu sesuai bagi seluruh peserta didik.

Kelompok 1: Belum mengetahui konsep

Mebutuhkan pengajaran dasar dan contoh.

Kelompok 2: Pengetahuan parsial

Mebutuhkan elaborasi serta penghubungan.

Kelompok 3: Miskonsepsi lokal

Mebutuhkan klarifikasi pada representasi tertentu.

Kelompok 4: Miskonsepsi kuat

Mebutuhkan konflik, bukti, rekonstruksi, dan latihan transfer.

Kelompok 5: Jawaban benar tetapi ragu

Mebutuhkan penguatan alasan dan pengalaman keberhasilan.

Kelompok 6: Jawaban benar dengan alasan salah

Mebutuhkan diagnosis hubungan yang tersembunyi.

Diferensiasi tidak harus berarti guru membuat enam pembelajaran terpisah. Guru dapat menggunakan:

- tugas bertingkat;
- kelompok fleksibel;
- pertanyaan lanjutan;
- bahan pengayaan;
- tutorial singkat;
- umpan balik individual.

1.9.24 Peran Tingkat Keyakinan dalam Menentukan Remediasi

Keyakinan membantu memperkirakan intensitas intervensi.

Jawaban	Keyakinan	Prioritas tindakan
Salah	Rendah	Ajarkan atau klarifikasi
Salah	Sedang	Uji alasan dan contoh
Salah	Tinggi	Remediasi konseptual mendalam
Benar	Rendah	Perkuat dan uji transfer
Benar	Tinggi	Uji alasan dan konteks baru

Jawaban salah dengan keyakinan tinggi perlu diprioritaskan karena peserta didik tidak menyadari kelemahan konsepsinya. Namun, keyakinan tidak boleh berdiri sendiri. Alasan dan konsistensi harus diperiksa.

1.9.25 Peran Guru dalam Diagnosis dan Remediasi

Guru berperan sebagai:

A. Analisis konsep

Guru mengidentifikasi atribut, batas, prasyarat, dan representasi konsep.

B. Pengamat pemikiran

Guru mendengarkan bahasa dan alasan peserta didik.

C. Perancang tugas diagnostik

Guru memilih pertanyaan yang membedakan berbagai konsepsi.

D. Mediator representasi

Guru menghubungkan fenomena, model partikel, simbol, dan matematika.

E. Fasilitator argumentasi

Guru membantu peserta didik menilai klaim melalui bukti.

F. Pemberi umpan balik

Guru menanggapi alasan, bukan hanya hasil.

G. Praktisi reflektif

Guru memeriksa apakah bahasa dan modelnya sendiri menimbulkan miskonsepsi.

Program pendidikan calon guru yang secara khusus membahas sifat, diagnosis, dan remediasi miskonsepsi menunjukkan bahwa guru memegang peran kritis dalam mengubah konsepsi peserta didik. Calon guru yang memperoleh pengalaman mendiagnosis serta merancang intervensi dapat mengembangkan pemahaman pedagogis yang lebih baik mengenai miskonsepsi.

Pengembangan profesional guru juga perlu menyentuh perubahan konseptual pedagogis. Penelitian terhadap guru kimia menunjukkan bahwa penggunaan bukti, model, dan kerangka representasi dapat memicu ketidakpuasan terhadap praktik lama serta mendukung perubahan cara mengajar.

1.9.26 Remediasi pada Tingkat Kelas dan Sistem

Jika miskonsepsi dimiliki sebagian besar kelas, intervensi individual tidak cukup. Guru perlu meninjau:

- bahasa pembelajaran;
- contoh;
- bahan ajar;
- model;
- urutan materi;
- praktikum;
- asesmen.

Jika pola yang sama ditemukan lintas sekolah, masalah dapat berada pada tingkat kurikulum atau buku teks.

Remediasi sistemik meliputi:

1. memasukkan miskonsepsi umum dalam panduan guru;
2. menyediakan butir diagnostik;
3. memperbaiki bahasa buku;
4. menyelaraskan representasi;
5. mengubah asesmen;
6. menyediakan waktu remediasi;
7. mengembangkan kompetensi guru;
8. memantau perubahan lintas jenjang.

Miskonsepsi bukan hanya tanggung jawab peserta didik. Sistem pembelajaran dapat membentuk dan mempertahankannya.

1.9.27 Risiko Remediasi yang Tidak Tepat

A. Koreksi langsung tanpa mengetahui alasan

Peserta didik menghafal jawaban, tetapi model lama bertahan.

B. Konflik tanpa konsep alternatif

Peserta didik menjadi bingung tanpa memperoleh penjelasan baru.

C. Analogi tanpa batas

Miskonsepsi baru muncul.

D. Terlalu banyak representasi sekaligus

Beban kognitif meningkat.

E. Mempermalukan jawaban salah

Peserta didik menyembunyikan pemikirannya.

F. Mengulang metode yang sama

Jika ceramah awal tidak mengubah konsep, ceramah yang lebih panjang belum tentu efektif.

G. Remediasi terlalu umum

Sumber kesalahan setiap kelompok tidak ditangani.

H. Hanya mengukur postes langsung

Perubahan sementara dianggap perubahan permanen.

I. Menganggap satu aktivitas menyelesaikan semua masalah

Miskonsepsi kuat membutuhkan intervensi berulang.

J. Mengajarkan daftar miskonsepsi untuk dihafal

Peserta didik mengenali jawaban salah tanpa memahami konsep benar.

1.9.28 Kriteria Keberhasilan Remediasi

Remediasi tidak cukup dinilai dari peningkatan persentase jawaban benar.

Keberhasilan perlu ditunjukkan melalui:

1. jawaban benar;
2. alasan ilmiah;
3. keyakinan yang sesuai;
4. konsistensi lintas butir;
5. kemampuan menjelaskan mekanisme;
6. koordinasi representasi;
7. transfer ke konteks baru;
8. retensi setelah jeda;

9. kemampuan mengenali batas konsep;
10. kemampuan mengoreksi penjelasan salah.

Contoh pada katalis:

Peserta didik dinyatakan mengalami perubahan lebih kuat apabila dapat:

- menjelaskan jalur alternatif;
- membedakan energi aktivasi dan ΔH ;
- menjelaskan pengaruh terhadap reaksi maju dan balik;
- menyatakan bahwa K tetap pada suhu tetap;
- menafsirkan grafik;
- menerapkan konsep pada konteks industri.

1.9.29 Contoh Siklus Diagnosis–Remediasi: Asam Kuat dan Asam Pekat

Tahap 1: Diagnosis awal

Peserta didik membandingkan:

- HCl 0,001 M;
- CH₃COOH 1,0 M.

Pertanyaan:

- Mana yang lebih kuat?
- Mana yang lebih pekat?
- Mana yang memiliki pH lebih rendah?
- Bagaimana model partikelnya?

Tahap 2: Identifikasi

Sebagian peserta didik menyamakan kekuatan dengan konsentrasi.

Tahap 3: Elisitasi alasan

“Asam yang jumlahnya lebih banyak pasti lebih kuat.”

Tahap 4: Perbandingan kontras

Guru membedakan:

- kekuatan;

- konsentrasi;
- derajat ionisasi;
- konsentrasi H_3O^+ ;
- pH.

Tahap 5: Model partikel

Empat kombinasi kuat–lemah dan pekat–encer dibandingkan.

Tahap 6: Aplikasi

Peserta didik mengerjakan contoh dengan zat berbeda.

Tahap 7: Diagnosis ulang

Jawaban, alasan, dan keyakinan diperiksa.

Tahap 8: Pemeriksaan tertunda

Konsep diuji pada titrasi dan larutan penyangga.

1.9.30 Contoh Siklus Diagnosis–Remediasi: Energi Ikatan

Diagnosis

Pernyataan:

“Energi dilepaskan ketika ikatan diputus.”

Peserta didik menyatakan benar atau salah, alasan, dan keyakinan.

Bukti

Kurva energi potensial dua atom diperlihatkan.

Analisis

Memisahkan atom dari keadaan berikatan menuju keadaan berjauhan memerlukan energi.

Rekonstruksi

- pemutusan menyerap energi;
- pembentukan melepaskan energi;
- reaksi eksoterm ditentukan hasil bersih.

Transfer

- pembakaran;

- pembentukan air;
- hidrogenasi;
- energi makanan.

Evaluasi

Peserta didik membuat diagram energi dan menjelaskan dengan kata-kata.

1.9.31 Contoh Siklus Diagnosis–Remediasi: Keseimbangan Dinamis

Diagnosis awal

Peserta didik menggambar keadaan setimbang.

Konsepsi yang mungkin:

- partikel berhenti;
- jumlah pereaksi dan produk sama;
- reaksi maju selesai dahulu;
- katalis menambah produk.

Intervensi

- simulasi proses maju–balik;
- grafik konsentrasi;
- grafik laju;
- model partikel;
- perbandingan katalis dan tanpa katalis.

Rekonstruksi

- proses simultan;
- laju sama;
- konsentrasi tetap tetapi tidak harus sama;
- katalis mempercepat tercapainya keseimbangan;
- nilai K ditentukan suhu.

Transfer

Konsep diterapkan pada:

- ionisasi asam lemah;
- kelarutan;
- kesetimbangan fase;
- proses industri.

1.9.32 Diagnosis dan Remediasi dalam Pendidikan Kimia Organik

Miskonsepsi kimia dasar dapat menghambat pembelajaran organik. Karena itu, diagnosis perlu dilakukan sebelum topik lanjutan.

Penelitian 2024 mengenai alkohol dan senyawa karbonil menggunakan tes empat tingkat untuk mengidentifikasi tantangan konseptual peserta didik SMA. Studi tersebut menegaskan bahwa deteksi dan remediasi miskonsepsi merupakan prasyarat bagi pembelajaran kimia organik yang lebih maju.

Topik yang perlu didiagnosis:

- ikatan dan polaritas;
- asam-basa;
- resonansi;
- struktur–sifat;
- gaya antarmolekul;
- energi;
- reaktivitas.

Tanpa diagnosis, peserta didik cenderung menghafal nama reaksi dan gugus fungsi tanpa memahami sebab.

1.9.33 Urgensi Diagnosis pada Guru dan Calon Guru

Miskonsepsi tidak hanya terdapat pada peserta didik. Guru dan calon guru dapat mempertahankan konsepsi yang tidak tepat serta menyebarkannya melalui bahasa dan representasi.

Diagnosis kompetensi guru perlu meliputi:

- penguasaan konsep;
- kemampuan menganalisis jawaban peserta didik;

- pemahaman sumber miskonsepsi;
- kemampuan mengembangkan instrumen;
- pemilihan remediasi;
- kesadaran terhadap bahasa;
- pengetahuan batas model.

Guru yang mengetahui kunci jawaban belum tentu mampu menjelaskan mengapa peserta didik memilih jawaban tertentu. Pengetahuan pedagogis mengenai konsepsi peserta didik perlu menjadi bagian pendidikan guru.

1.9.34 Diagnosis sebagai Bagian dari Pembelajaran Berkeadilan

Diagnosis yang baik mencegah guru menyamakan semua kesalahan dengan rendahnya kemampuan.

Peserta didik dapat gagal karena:

- konsep prasyarat belum diajarkan;
- bahasa soal sulit;
- representasi tidak familiar;
- keterampilan matematika terbatas;
- konsepsi ilmiah belum stabil;
- miskonsepsi kuat;
- kecemasan;
- kesalahan sesaat.

Tanpa diagnosis, guru dapat memberi label:

- tidak mampu;
- tidak teliti;
- tidak belajar;
- lemah kimia.

Diagnosis mengarahkan perhatian dari identitas peserta didik menuju struktur tugas dan pemahaman yang dapat diperbaiki.

Data diagnosis juga membantu diferensiasi. Peserta didik yang belum tahu memerlukan pengajaran berbeda dari peserta didik yang salah tetapi sangat yakin.

1.9.35 Pemanfaatan Kecerdasan Artifisial secara Kritis

Kecerdasan artifisial dapat mendukung diagnosis melalui:

- analisis jawaban terbuka;
- pengelompokan pola alasan;
- pembuatan umpan balik awal;
- penyajian soal adaptif;
- visualisasi profil kelas.

Namun, penggunaannya mempunyai risiko:

- salah mengklasifikasikan bahasa peserta didik;
- memberi koreksi yang terlalu umum;
- menghasilkan penjelasan ilmiah yang tidak tepat;
- mengabaikan konteks lokal;
- memperkuat ketergantungan pada jawaban otomatis.

AI tidak boleh menjadi otoritas tunggal dalam diagnosis. Interpretasi tetap memerlukan guru yang memahami konsep, bahasa peserta didik, dan konteks kelas. Data peserta didik juga harus dikelola secara bertanggung jawab.

1.9.36 Kerangka Operasional Diagnosis–Remediasi

Siklus operasional dapat dirumuskan sebagai berikut.

Tahap 1: Analisis konsep

- konsep target;
- atribut kritis;
- batas;
- prasyarat;
- representasi.

Tahap 2: Pemetaan miskonsepsi

- telaah literatur;
- jawaban terbuka;
- pengalaman guru;
- wawancara awal.

Tahap 3: Elisitasi

- pertanyaan;
- gambar;
- prediksi;
- alasan;
- keyakinan.

Tahap 4: Klasifikasi

- memahami;
- pengetahuan parsial;
- belum tahu;
- kesalahan prosedural;
- miskonsepsi.

Tahap 5: Penelusuran sumber

- pengalaman;
- bahasa;
- model;
- bahan ajar;
- konsep prasyarat.

Tahap 6: Pemilihan intervensi

- elaborasi;
- diferensiasi;
- pembatasan;
- konflik;

- pemodelan;
- praktikum;
- argumentasi.

Tahap 7: Implementasi

Peserta didik membandingkan konsepsi, bukti, dan model.

Tahap 8: Evaluasi segera

Jawaban, alasan, dan representasi diperiksa.

Tahap 9: Transfer

Konsep diterapkan pada konteks baru.

Tahap 10: Retensi

Pemahaman diuji kembali setelah jeda.

Siklus tersebut dapat berulang. Diagnosis setelah remediasi menjadi dasar intervensi berikutnya.

1.9.37 Indikator Prioritas Remediasi

Tidak semua miskonsepsi dapat ditangani sekaligus. Guru dapat memprioritaskan berdasarkan:

Indikator	Pertanyaan
Prevalensi	Berapa banyak peserta didik yang mengalaminya?
Keyakinan	Seberapa kuat konsepsi diyakini?
Konsistensi	Apakah muncul pada beberapa konteks?
Posisi hierarkis	Apakah konsep menjadi prasyarat?
Daya generatif	Berapa banyak kesalahan turunan yang dihasilkan?
Persistensi	Apakah bertahan setelah pengajaran?
Relevansi	Apakah segera diperlukan pada materi berikutnya?
Risiko penyebaran	Apakah diperkuat oleh buku atau bahasa kelas?

Miskonsepsi pada sifat partikulat materi, mol, ikatan, energi, dan kesetimbangan umumnya perlu diprioritaskan karena berfungsi sebagai konsep dasar bagi banyak topik.

1.9.38 Analisis Kritis: Apakah Semua Miskonsepsi Harus Dihilangkan?

Tujuan pembelajaran bukan menghapus seluruh cara berpikir nonformal dari pikiran peserta didik. Bahasa sehari-hari akan tetap digunakan. Model sederhana juga tetap berguna pada konteks tertentu.

Tujuan yang lebih realistis adalah membantu peserta didik:

1. mengenali perbedaan antara bahasa sehari-hari dan ilmiah;
2. memahami batas model;
3. memilih konsep sesuai konteks;
4. mengoordinasikan beberapa representasi;
5. merevisi penjelasan ketika bukti menuntut;
6. menghindari penggunaan konsepsi salah dalam penalaran ilmiah.

Konsep Bohr, misalnya, tidak harus dilupakan. Peserta didik perlu memahami fungsi historis dan keterbatasannya. Aturan oktet tetap berguna sebagai heuristik pada kasus tertentu, tetapi tidak boleh dijadikan sebab universal.

Perspektif *conceptual reframing* menekankan bahwa keahlian kimia memerlukan fleksibilitas menggunakan lensa yang tepat, bukan hanya menyimpan satu definisi.

1.9.39 Implikasi bagi Perencanaan Pembelajaran

Perencanaan pembelajaran perlu memasukkan kolom:

- konsep target;
- prasyarat;
- miskonsepsi potensial;
- metode diagnosis;
- intervensi;
- bukti perubahan;
- tindak lanjut.

Contoh:

Komponen	Isi
Konsep target	Katalis
Prasyarat	Laju, energi aktivasi, kesetimbangan
Miskonsepsi	Katalis menambah produk
Diagnosis	Soal empat tingkat dan grafik

Komponen	Isi
Remediasi	Profil energi dan grafik konsentrasi
Evaluasi	Alasan, transfer, keyakinan
Retensi	Kuis pada konteks industri

Dengan cara ini, miskonsepsi tidak diperlakukan sebagai kejutan setelah ujian, tetapi dipertimbangkan sejak awal desain pembelajaran.

1.9.40 Implikasi bagi Asesmen

Asesmen seharusnya mengukur:

- apa jawaban peserta didik;
- mengapa jawaban dipilih;
- seberapa yakin peserta didik;
- bagaimana konsep direpresentasikan;
- apakah konsep dapat diterapkan.

Bretz menegaskan bahwa instrumen konseptual dan inventori konsep diperlukan untuk mengukur pengetahuan kimia yang tidak selalu tampak melalui tes prosedural.

Asesmen sumatif juga perlu memasukkan soal konseptual. Jika ujian hanya menilai hitungan, peserta didik akan memusatkan belajar pada algoritma.

1.9.41 Implikasi bagi Kurikulum

Kurikulum perlu:

1. memetakan progresi konsep;
2. mengidentifikasi konsep ambang;
3. menyediakan diagnosis prasyarat;
4. mengintegrasikan remediasi;
5. menghubungkan antartopik;
6. mengulang konsep pada konteks baru;
7. mengajarkan status model;

8. menilai transfer dan retensi;
9. menyediakan panduan miskonsepsi bagi guru;
10. menyelaraskan asesmen dengan pemahaman konseptual.

Kurikulum yang berorientasi menuntaskan isi tanpa memperhatikan kesiapan konseptual dapat memperbesar akumulasi miskonsepsi.

1.9.42 Implikasi bagi Penelitian

Penelitian diagnosis dan remediasi perlu menjawab:

- Instrumen mana yang paling sesuai untuk konsep tertentu?
- Apakah konsepsi bertahan lintas konteks?
- Bagaimana keyakinan berubah?
- Intervensi mana yang menghasilkan transfer?
- Apakah perubahan bertahan?
- Bagaimana guru menggunakan data diagnosis?
- Bagaimana teknologi mendukung remediasi?
- Bagaimana miskonsepsi dipengaruhi bahasa dan budaya?
- Bagaimana hasil penelitian masuk ke kurikulum?

Penelitian tidak cukup menyatakan bahwa suatu strategi meningkatkan skor. Perlu diperiksa apakah:

- alasan berubah;
- miskonsepsi berkurang;
- representasi menjadi konsisten;
- konsep dapat digunakan pada situasi baru;
- perubahan bertahan.

1.9.43 Sintesis

Diagnosis dan remediasi miskonsepsi merupakan bagian inti pembelajaran kimia karena miskonsepsi dapat tersembunyi, bertahan, menjalar, dan memengaruhi pembelajaran

lanjutan. Diagnosis diperlukan untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan kekeliruan sesaat.

Diagnosis yang valid menggunakan beberapa jenis bukti:

- jawaban;
- alasan;
- keyakinan;
- gambar;
- representasi;
- konsistensi;
- transfer.

Remediasi harus disesuaikan dengan struktur konsepsi. Pengetahuan parsial memerlukan elaborasi, pencampuran konsep memerlukan diferensiasi, generalisasi berlebihan memerlukan pembatasan, sedangkan hubungan mendasar yang salah memerlukan rekonstruksi.

Strategi remediasi dapat meliputi:

- konflik kognitif;
- teks perubahan konseptual;
- multipel representasi;
- model;
- praktikum;
- argumentasi;
- analogi terbatas;
- contoh dan noncontoh;
- perbandingan kontras;
- simulasi;
- refleksi metakognitif.

Keberhasilan remediasi tidak cukup dinilai melalui jawaban benar segera setelah pembelajaran. Perubahan harus terlihat pada alasan, keyakinan, representasi, transfer, dan retensi.

Diagnosis dan remediasi juga tidak semata-mata menjadi tanggung jawab peserta didik. Guru, bahan ajar, asesmen, kurikulum, dan teknologi dapat membentuk atau memperkuat miskonsepsi. Oleh sebab itu, penanganannya perlu berlangsung pada tingkat individu, kelas, pendidikan guru, dan sistem kurikulum.

1.10 Implikasi Kajian Miskonsepsi bagi Pembelajaran Kimia

1.10.1 Kajian Miskonsepsi Mengubah Cara Memandang Pembelajaran Kimia

Kajian miskonsepsi membawa perubahan mendasar terhadap cara pembelajaran kimia dipahami. Pembelajaran tidak lagi dapat dipandang sebagai proses memindahkan definisi, rumus, hukum, dan prosedur dari guru atau buku teks ke dalam ingatan peserta didik. Peserta didik memasuki pembelajaran dengan pengetahuan awal, pengalaman, bahasa, intuisi, model mental, dan cara penalaran yang telah terbentuk. Semua unsur tersebut menjadi kerangka untuk menafsirkan informasi baru.

Dalam pandangan transmisi, keberhasilan pembelajaran terutama ditentukan oleh seberapa jelas guru menerangkan dan seberapa baik peserta didik mengingat penjelasan tersebut. Apabila peserta didik memberikan jawaban salah, kesalahan biasanya dikaitkan dengan kurang belajar, kurang memperhatikan, atau belum banyak berlatih. Solusi yang diberikan adalah mengulang materi, menambah contoh, dan meningkatkan jumlah latihan.

Kajian miskonsepsi menunjukkan bahwa tindakan tersebut tidak selalu cukup. Peserta didik dapat mendengarkan penjelasan yang benar, mencatat definisi secara lengkap, dan mengerjakan soal rutin dengan baik, tetapi tetap menafsirkan konsep melalui model yang tidak ilmiah. Mereka dapat menguasai algoritma kimia tanpa memahami makna kimianya. Nakhleh menegaskan bahwa keberhasilan menjalankan prosedur tidak menjamin terbentuknya pemahaman konseptual karena informasi baru selalu berinteraksi dengan struktur kognitif yang telah dimiliki peserta didik.

Sebagai contoh, peserta didik dapat menghitung perubahan entalpi menggunakan data energi ikatan. Namun, ia tetap menjelaskan bahwa energi reaksi dilepaskan ketika ikatan pereaksi diputus. Peserta didik dapat menghitung pH asam lemah, tetapi masih menyamakan kekuatan asam dengan konsentrasi. Peserta didik dapat menentukan arah perubahan sistem kesetimbangan, tetapi menganggap bahwa reaksi berhenti ketika keadaan setimbang tercapai.

Contoh-contoh tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran kimia harus memperhatikan tiga pertanyaan yang berbeda:

1. Apakah peserta didik dapat menghasilkan jawaban yang benar?
2. Apakah peserta didik menggunakan alasan yang benar?
3. Apakah peserta didik dapat menerapkan konsep tersebut secara konsisten dalam konteks dan representasi yang berbeda?

Pertanyaan pertama berkaitan dengan kinerja. Pertanyaan kedua berkaitan dengan struktur konseptual. Pertanyaan ketiga berkaitan dengan kedalaman, fleksibilitas, dan transfer pemahaman.

Implikasi utama kajian miskonsepsi adalah pergeseran dari pembelajaran yang berpusat pada **penyampaian materi** menuju pembelajaran yang berpusat pada **konstruksi, diagnosis, pengujian, dan pengembangan pemahaman**.

1.10.2 Dari “Apa yang Harus Diajarkan?” menuju “Bagaimana Peserta Didik Memaknainya?”

Guru kimia tentu perlu menguasai materi yang akan diajarkan. Akan tetapi, penguasaan isi belum cukup. Guru juga perlu memahami bagaimana peserta didik kemungkinan menafsirkan konsep tersebut.

Ketika guru mengajarkan larutan jenuh, maksud ilmiahnya adalah keadaan ketika proses pelarutan dan pengendapan berlangsung dengan laju yang sama pada kondisi tertentu. Peserta didik dapat memaknai istilah “jenuh” sebagai keadaan ketika seluruh ruang di dalam pelarut telah penuh sehingga tidak tersedia tempat bagi partikel zat terlarut.

Ketika guru menjelaskan bahwa elektron menempati orbital, maksudnya adalah wilayah ruang yang berkaitan dengan fungsi gelombang dan probabilitas menemukan elektron. Peserta didik dapat memaknai orbital sebagai lintasan melingkar atau kotak fisik tempat elektron disimpan.

Ketika guru menyatakan bahwa kesetimbangan “bergeser ke kanan”, maksudnya adalah komposisi sistem berubah menuju keadaan setimbang baru dengan pembentukan produk secara bersih selama proses penyesuaian. Peserta didik dapat membayangkan pereaksi dan produk berada pada dua tempat yang berbeda, kemudian suatu benda bernama kesetimbangan bergerak ke salah satu sisi.

Masalah pembelajaran bukan hanya apakah penjelasan guru secara ilmiah benar, tetapi apakah bahasa, gambar, analogi, dan prosedur tersebut menghasilkan pemaknaan yang diharapkan.

Taber menunjukkan adanya kesenjangan antara hasil penelitian mengenai konsepsi peserta didik dan praktik pembelajaran. Literatur telah mendokumentasikan banyak konsepsi alternatif dalam kimia, tetapi pengetahuan tersebut belum selalu digunakan untuk merancang kurikulum dan pembelajaran kelas.

Oleh karena itu, perencanaan pembelajaran kimia perlu menjawab pertanyaan berikut:

- Apa konsep ilmiah yang ditargetkan?
- Apa atribut kritisnya?
- Konsep apa yang sering tertukar?

- Pengetahuan awal apa yang dibutuhkan?
- Konsepsi alternatif apa yang mungkin muncul?
- Bahasa apa yang berpotensi disalahartikan?
- Representasi apa yang perlu digunakan?
- Bagaimana guru dapat mengetahui makna yang dibangun peserta didik?
- Bukti apa yang menunjukkan bahwa perubahan konseptual telah terjadi?

Dengan demikian, kajian miskonsepsi menempatkan interpretasi peserta didik sebagai komponen utama desain pembelajaran.

1.10.3 Implikasi bagi Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaran kimia sering dirumuskan menggunakan kata kerja seperti menjelaskan, menentukan, menghitung, mengidentifikasi, dan menganalisis. Kajian miskonsepsi menuntut tujuan tersebut dirumuskan secara lebih konseptual dan representasional.

Tujuan:

“Peserta didik dapat menghitung pH larutan asam lemah.”

belum menjamin bahwa peserta didik memahami:

- perbedaan kekuatan dan konsentrasi asam;
- ionisasi parsial;
- kesetimbangan dinamis;
- makna nilai K_a ;
- asumsi yang digunakan dalam pendekatan matematika;
- hubungan antara model partikel dan hasil perhitungan.

Tujuan yang lebih komprehensif dapat dirumuskan:

“Peserta didik mampu membedakan kekuatan asam, konsentrasi awal, derajat ionisasi, dan konsentrasi ion hidronium; merepresentasikan ionisasi asam lemah pada tingkat partikel dan simbolik; serta menggunakan model kesetimbangan untuk menjelaskan dan menghitung pH dalam kondisi yang sesuai.”

Perubahan tujuan tersebut mengandung beberapa implikasi.

A. Tujuan harus mencakup makna, bukan hanya hasil

Peserta didik tidak hanya menghasilkan angka, tetapi menjelaskan apa arti angka tersebut.

B. Tujuan harus mencakup hubungan antarkonsep

Pemahaman kimia dibangun sebagai jaringan, bukan sebagai daftar definisi.

C. Tujuan harus mencakup representasi

Peserta didik perlu mampu berpindah antara fenomena, partikel, simbol, grafik, dan matematika.

D. Tujuan harus mencakup batas konsep

Peserta didik perlu mengetahui kapan suatu aturan berlaku dan kapan tidak berlaku.

E. Tujuan harus mencakup transfer

Konsep harus dapat digunakan pada kasus yang tidak identik dengan contoh.

F. Tujuan harus mencakup kesadaran metakognitif

Peserta didik perlu mengenali alasan, asumsi, dan tingkat keyakinannya.

Kajian miskonsepsi dengan demikian menggeser tujuan pembelajaran dari sekadar **menguasai materi** menuju **membangun struktur pemahaman yang koheren, dapat dijelaskan, dan dapat digunakan**.

1.10.4 Implikasi bagi Analisis Konsep

Sebelum mengajar, guru perlu melakukan analisis konsep. Analisis ini lebih mendalam daripada membaca ringkasan materi atau menyiapkan contoh soal.

Analisis konsep mencakup:

1. nama konsep;
2. definisi ilmiah;
3. atribut kritis;
4. atribut nonkritis;
5. contoh;
6. noncontoh;
7. konsep prasyarat;
8. konsep yang sering tertukar;
9. representasi;
10. batas penerapan;

11. miskonsepsi yang mungkin muncul;
12. hubungan dengan materi berikutnya.

Sebagai contoh, untuk konsep katalis:

Komponen	Analisis
Definisi	Zat yang meningkatkan laju reaksi melalui jalur mekanistik alternatif dan diregenerasi dalam proses
Atribut kritis	Memengaruhi mekanisme dan energi aktivasi; tidak habis secara keseluruhan
Bukan atribut kritis	Tidak harus berfase sama dengan pereaksi
Konsep prasyarat	Laju reaksi, mekanisme, energi aktivasi, kesetimbangan
Konsep yang bertukar	ΔH , energi aktivasi, hasil kesetimbangan
Miskonsepsi	Katalis memberikan energi; katalis meningkatkan jumlah produk; katalis hanya mempercepat reaksi maju
Representasi	Diagram energi, grafik konsentrasi, persamaan mekanisme
Batas	Katalis dapat mengalami deaktivasi; mekanisme aktual dapat kompleks
Aplikasi	Industri, enzim, konverter katalitik

Analisis tersebut membantu guru menghindari penjelasan:

“Katalis membuat reaksi lebih mudah.”

Pernyataan itu dapat digunakan sebagai pengantar, tetapi harus diuraikan: apa yang dimaksud lebih mudah, bagian mana dari profil energi berubah, dan apa yang tidak berubah.

Taber menunjukkan bahwa pengajaran struktur kimia dapat menciptakan *pedagogic impediments* ketika model atau penyederhanaan yang digunakan untuk membantu pembelajaran justru menjadi sumber konsepsi alternatif.

Analisis konsep karena itu juga merupakan analisis risiko pedagogis.

1.10.5 Implikasi bagi Pengetahuan Pedagogis Guru

Guru tidak cukup hanya mempunyai *content knowledge*. Ia juga memerlukan pengetahuan tentang cara konsep dipahami, disalahpahami, direpresentasikan, dan dikembangkan oleh peserta didik.

Pengetahuan pedagogis terkait miskonsepsi mencakup:

- konsepsi awal yang sering muncul;
- pola alasan yang menyertai jawaban;
- contoh yang dapat mengungkap konsepsi;

- analogi yang produktif dan berisiko;
- representasi yang sesuai;
- pertanyaan diagnostik;
- intervensi perubahan konseptual;
- indikator keberhasilan remediasi;
- hubungan konsep dengan topik lain.

Guru yang memahami hukum kesetimbangan belum tentu dapat mendiagnosis mengapa peserta didik menganggap konsentrasi pereaksi dan produk harus sama. Guru yang mengetahui teori ikatan belum tentu memahami mengapa peserta didik menganggap ikatan ion sebagai pemindahan elektron atau pasangan eksklusif antara satu kation dan satu anion.

Pengetahuan mengenai konsepsi peserta didik memungkinkan guru menafsirkan jawaban secara lebih akurat.

Ketika peserta didik mengatakan:

“NaCl merupakan molekul karena terbentuk dari dua atom,”

guru dapat mengenali beberapa masalah:

1. senyawa disamakan dengan molekul;
2. rumus kimia dianggap menunjukkan satu partikel diskrit;
3. atom netral tidak dibedakan dari ion;
4. struktur kisi belum dipahami;
5. perbedaan rumus molekul dan unit formula belum terbentuk.

Respons guru kemudian tidak cukup berupa:

“NaCl bukan molekul.”

Guru perlu memperbaiki jaringan konsep yang mendasari pernyataan tersebut.

Kajian representasi kimia pada calon guru menunjukkan bahwa pemilihan dan interpretasi visualisasi membutuhkan pengetahuan pedagogis-visual yang khusus. Guru harus memahami bukan hanya isi gambar, tetapi bagaimana peserta didik dapat menafsirkan hubungan antara tingkat makroskopik, submikroskopik, dan simbolik.

1.10.6 Implikasi bagi Peran Guru

Kajian miskonsepsi mengubah peran guru dari penyampai pengetahuan menjadi beberapa peran yang saling berhubungan.

A. Guru sebagai diagnostikus

Guru mengumpulkan bukti mengenai pemahaman peserta didik sebelum, selama, dan setelah pembelajaran.

B. Guru sebagai analis penalaran

Guru tidak hanya memeriksa hasil, tetapi menelusuri alasan, model, dan asumsi.

C. Guru sebagai mediator konsep ilmiah

Guru membantu peserta didik berpindah dari bahasa sehari-hari menuju bahasa dan cara berpikir kimia.

D. Guru sebagai perancang pengalaman

Guru memilih fenomena, eksperimen, simulasi, dan tugas yang dapat menantang serta mengembangkan konsep.

E. Guru sebagai pengelola diskursus

Guru membangun budaya kelas yang meminta klaim, bukti, alasan, dan evaluasi.

F. Guru sebagai penghubung representasi

Guru memperjelas hubungan antara apa yang diamati, apa yang dimodelkan, dan apa yang dituliskan.

G. Guru sebagai praktisi reflektif

Guru memeriksa apakah penjelasan dan asesmennya sendiri menjadi sumber miskonsepsi.

Peran tersebut tidak menghilangkan pentingnya penjelasan langsung. Pada beberapa konsep, penjelasan eksplisit tetap diperlukan. Namun, penjelasan harus diberikan berdasarkan diagnosis dan diikuti dengan pemeriksaan bagaimana peserta didik memaknainya.

Konstruktivisme tidak berarti guru membiarkan peserta didik menemukan seluruh konsep sendiri tanpa arahan. Driver dan koleganya menjelaskan bahwa pembelajaran sains merupakan proses personal sekaligus sosial; guru memediasi peserta didik agar dapat memasuki cara berpikir dan cara berbicara komunitas ilmiah.

1.10.7 Implikasi bagi Pembelajaran yang Berpusat pada Pengetahuan Awal

Pembelajaran sebaiknya dimulai dengan elisitasi pengetahuan awal. Elisitasi bukan sekadar aperepsi berupa pertanyaan “masih ingat materi sebelumnya?”, tetapi kegiatan yang mengungkap cara peserta didik menjelaskan fenomena.

Metode elisitasi dapat berupa:

- pertanyaan terbuka;
- gambar partikel;
- prediksi;
- perbandingan kasus;
- peta konsep;
- demonstrasi;
- soal diagnostik bertingkat;
- diskusi kelompok;
- pernyataan setuju–tidak setuju;
- penjelasan tertulis singkat.

Contoh sebelum mengajarkan perubahan wujud:

“ Gambarkan susunan partikel air dalam es, air cair, dan uap air. Jelaskan apa yang berubah dan apa yang tetap.”

Respons dapat mengungkap apakah peserta didik menganggap:

- molekul air berubah ukuran;
- molekul air terurai menjadi H_2 dan O_2 ;
- partikel es tidak bergerak;
- uap air tidak memiliki massa;
- ruang antarpartikel berisi udara.

Hasil elisitasi perlu digunakan. Apabila guru tetap memberikan penjelasan yang sama tanpa mempertimbangkan respons, kegiatan diagnosis hanya menjadi formalitas.

Pembelajaran berbasis pengetahuan awal menggunakan hasil diagnosis untuk:

1. menentukan konsep yang perlu diperkuat;
2. memilih urutan materi;

3. menentukan contoh dan noncontoh;
4. membentuk kelompok;
5. memilih model;
6. menentukan pertanyaan;
7. merancang remediasi.

1.10.8 Implikasi bagi Pendekatan Perubahan Konseptual

Kajian miskonsepsi menjadi dasar berkembangnya pendekatan perubahan konseptual. Pendekatan ini mengakui bahwa belajar kadang bukan sekadar menambahkan informasi, tetapi mereorganisasi pemahaman yang telah ada.

Perubahan konseptual dapat berbentuk:

- penambahan;
- perluasan;
- diferensiasi;
- penggabungan;
- pembatasan;
- rekonstruksi;
- rekategorisasi;
- perubahan kondisi penerapan;
- perubahan dominasi suatu model.

Tidak semua miskonsepsi perlu ditangani dengan konflik kognitif yang kuat. Konsepsi parsial dapat dikembangkan melalui elaborasi. Konsep yang tercampur memerlukan diferensiasi. Heuristik yang diterapkan terlalu luas memerlukan pembatasan.

Contoh diferensiasi:

Konsep yang tercampur	Diferensiasi yang diperlukan
Asam kuat dan asam pekat	Kecenderungan ionisasi dibandingkan jumlah zat per volume
Kalor dan suhu	Energi yang berpindah dibandingkan ukuran keadaan termal
Laju dan hasil kesetimbangan	Kecepatan perubahan dibandingkan komposisi akhir
Energi aktivasi dan ΔH	Penghalang jalur reaksi dibandingkan selisih keadaan awal–akhir

Ikatan dan gaya antarmolekul	Interaksi penyusun partikel dibandingkan interaksi antarsatuan partikel
Mol dan massa	Jumlah zat dibandingkan besaran massa

Pendekatan perubahan konseptual klasik menekankan perlunya ketidakpuasan terhadap konsepsi lama dan tersedianya konsep baru yang dapat dipahami, dianggap masuk akal, serta produktif. Namun, kajian berikutnya mengingatkan bahwa perubahan tidak selalu berupa penggantian seketika. Pengetahuan awal juga dapat mengandung sumber daya yang produktif dan perlu diorganisasi, bukan seluruhnya dihapus. Kritik Smith, diSessa, dan Roschelle mendorong pandangan yang lebih seimbang terhadap pengetahuan dalam transisi.

Implikasinya, guru harus menganalisis **bagian mana yang salah**, bukan sekadar menyatakan bahwa seluruh pemahaman peserta didik salah.

1.10.9 Implikasi bagi Pemilihan Strategi Pembelajaran

Tidak terdapat satu strategi universal yang dapat mengatasi semua miskonsepsi. Strategi perlu dipilih berdasarkan sifat konsep, struktur miskonsepsi, tingkat keyakinan, serta kondisi kelas.

A. Konflik kognitif

Sesuai untuk konsepsi yang menghasilkan prediksi berbeda dari bukti.

Contoh: massa sistem tertutup sebelum dan sesudah reaksi.

B. *Predict–Observe–Explain*

Sesuai untuk mengungkap dan meninjau prediksi peserta didik.

C. Teks perubahan konseptual

Sesuai untuk menjelaskan konsepsi umum, keterbatasannya, dan konsep ilmiah alternatif.

D. Diskusi argumentatif

Sesuai untuk membandingkan beberapa penjelasan berdasarkan bukti.

E. Pemodelan

Sesuai untuk konsep partikel, struktur, ikatan, kesetimbangan, dan mekanisme.

F. Perbandingan kontras

Sesuai untuk konsep yang sering tertukar.

G. Analogi terbatas

Sesuai untuk menjembatani konsep abstrak, selama kesamaan dan perbedaannya dijelaskan.

H. Simulasi

Sesuai untuk proses submikroskopik dan dinamis yang tidak dapat diamati langsung.

I. Peta konsep

Sesuai untuk mengembangkan hubungan dan mendeteksi fragmentasi.

J. Pembelajaran berbasis masalah

Sesuai untuk melatih transfer serta integrasi konsep.

Pemilihan strategi harus diawali dengan pertanyaan:

“Perubahan pemahaman seperti apa yang dibutuhkan?”

Jika peserta didik hanya belum mengetahui istilah, konflik kognitif mungkin tidak diperlukan. Jika ia memiliki keyakinan kuat bahwa ikatan yang diputus melepaskan energi, penjelasan satu arah kemungkinan tidak cukup.

1.10.10 Implikasi bagi Penggunaan Konflik Kognitif

Konflik kognitif sering dianggap inti remediasi miskonsepsi, tetapi penerapannya harus hati-hati.

Menunjukkan hasil yang bertentangan dengan prediksi belum tentu mengubah pemahaman. Peserta didik dapat:

- meragukan alat;
- menganggap eksperimen gagal;
- menambahkan pengecualian;
- menghafal hasil tanpa mengubah alasan;
- menerima jawaban guru hanya untuk ujian.

Konflik yang produktif memerlukan:

1. konsepsi awal dinyatakan secara eksplisit;
2. peserta didik membuat prediksi;
3. peserta didik memahami bukti;
4. ketidaksesuaian dianalisis;
5. tersedia model ilmiah alternatif;
6. model baru dapat digunakan;
7. peserta didik melakukan refleksi.

Contoh pada energi ikatan:

- peserta didik memprediksi energi dilepaskan ketika dua atom dipisahkan;
- kurva energi potensial menunjukkan kebutuhan energi untuk meningkatkan jarak;
- peserta didik menjelaskan perbedaan;
- konsep pemutusan dan pembentukan ikatan dibangun;
- konsep diterapkan pada reaksi keseluruhan.

Tanpa tahap pembangunan konsep baru, konflik hanya menghasilkan ketidakpastian.

1.10.11 Implikasi bagi Penggunaan Analogi

Analogi sangat penting dalam kimia karena banyak entitas dan proses tidak dapat diamati langsung. Namun, analogi dapat berubah menjadi sumber miskonsepsi apabila dipahami secara harfiah.

Model tata surya membantu menggambarkan adanya inti dan elektron, tetapi dapat menimbulkan gagasan bahwa elektron mempunyai lintasan pasti.

Model bola-dan-tongkat membantu menunjukkan konektivitas dan geometri, tetapi dapat menimbulkan gagasan bahwa ikatan merupakan batang fisik.

Analogi timbangan membantu memperkenalkan kesetimbangan, tetapi dapat menimbulkan gagasan bahwa jumlah pereaksi dan produk harus sama.

Setiap analogi perlu disertai tabel pemetaan:

Aspek	Sistem analog	Konsep kimia	Batas analogi
Dua proses	Air dipindahkan dua arah	Reaksi maju dan balik	Zat yang dipindahkan tidak sama dengan perubahan identitas kimia
Keadaan tetap	Volume relatif tetap	Konsentrasi tetap	Konsentrasi kedua sisi tidak harus sama
Proses berlanjut	Pemindahan terus terjadi	Reaksi tetap berlangsung	Mekanisme molekul lebih kompleks

Guru perlu secara eksplisit mengatakan:

- bagian mana yang mirip;
- bagian mana yang berbeda;
- kapan analogi tidak boleh digunakan.

Analogi yang tidak dibatasi dapat berubah dari jembatan pembelajaran menjadi hambatan pedagogis.

1.10.12 Implikasi bagi Representasi Kimia

Karakter khusus kimia adalah penggunaan beberapa tingkat representasi. Johnstone menekankan perbedaan antara dunia makroskopik, dunia submikroskopik, serta dunia simbol dan matematika. Pembelajaran yang menuntut peserta didik mengoordinasikan ketiganya sekaligus tanpa dukungan dapat meningkatkan beban kognitif dan memicu miskonsepsi.

Kajian miskonsepsi memberikan beberapa prinsip penggunaan representasi.

A. Setiap representasi harus diberi status

Guru perlu menjelaskan apakah suatu gambar merupakan:

- hasil pengamatan;
- model;
- simbol;
- diagram;
- ilustrasi skematik;
- data.

B. Konvensi harus dijelaskan

Warna atom, ukuran bola, garis ikatan, arah panah, dan skala bukan sifat literal entitas.

C. Hubungan antarrepresentasi harus diajarkan

Peserta didik tidak otomatis mampu menerjemahkan persamaan ke model partikel.

D. Representasi harus konsisten

Perubahan konvensi tanpa penjelasan dapat membingungkan.

E. Peserta didik harus menghasilkan representasi

Menggambar model sendiri memberikan informasi lebih banyak daripada sekadar melihat gambar.

F. Representasi harus dikritik

Peserta didik perlu menjawab:

- Apa yang ditunjukkan?
- Apa yang tidak ditunjukkan?
- Apa yang disederhanakan?
- Kapan model berguna?

- Kapan model gagal?

Protokol observasi representasi kimia menekankan bahwa pembelajaran berkualitas perlu membuat hubungan antara model partikulat dan fenomena atau simbol menjadi eksplisit, bukan hanya menghadirkan berbagai representasi secara berdampingan.

1.10.13 Implikasi bagi Bahasa Kimia

Bahasa merupakan salah satu sumber utama pembentukan konsep sekaligus miskonsepsi.

Istilah sehari-hari yang mempunyai makna khusus dalam kimia meliputi:

- kuat;
- lemah;
- stabil;
- spontan;
- jenuh;
- setimbang;
- bergeser;
- donor;
- penerima;
- awan;
- kulit;
- orbital;
- resonansi;
- pasangan.

Johnstone dan Selepeng menunjukkan bahwa istilah umum yang digunakan dalam konteks sains dapat menjadi sumber kesulitan ketika makna sehari-hari dan ilmiahnya berbeda.

Guru perlu menerapkan beberapa prinsip.

1. Definisikan istilah secara operasional

“Spontan” dalam termodinamika tidak berarti berlangsung sangat cepat.

2. Bandingkan makna sehari-hari dan ilmiah

“Jenuh” bukan berarti ruang larutan penuh secara fisik.

3. Hindari antropomorfisme sebagai penjelasan final

“Atom ingin stabil” perlu diganti dengan analisis energi dan interaksi.

4. Gunakan kalimat yang menunjukkan kondisi

“Asam kuat terionisasi hampir sempurna dalam model larutan encer tertentu” lebih tepat daripada “asam kuat selalu terurai sempurna” tanpa konteks.

5. Minta peserta didik menjelaskan dengan bahasa sendiri

Pengulangan definisi buku belum menjamin makna yang sama.

6. Periksa metafora

Kalimat “kesetimbangan bergeser” perlu dijelaskan sebagai perubahan komposisi, bukan gerakan benda.

Kajian terhadap buku teks kesetimbangan menunjukkan bahwa bahasa bahan ajar dapat berkaitan dengan terbentuk atau menguatnya konsepsi alternatif.

1.10.14 Implikasi bagi Buku Teks dan Modul

Buku teks tidak boleh dinilai hanya dari kelengkapan isi, urutan bab, dan ketepatan rumus. Buku perlu dianalisis berdasarkan potensi interpretasi peserta didik.

Aspek yang perlu ditinjau meliputi:

1. ketepatan definisi;
2. konsistensi istilah;
3. batas model;
4. kualitas ilustrasi;
5. hubungan antarrepresentasi;
6. contoh dan noncontoh;
7. keberadaan penjelasan kausal;
8. jenis soal;
9. miskonsepsi yang berpotensi diperkuat;
10. keterkaitan konsep.

Contoh masalah bahan ajar:

“Molekul NaCl terbentuk ketika atom Na memberikan elektron kepada atom Cl.”

Kalimat ini mengandung beberapa potensi kesalahan:

- NaCl dianggap molekul diskrit;
- ikatan ion disamakan dengan peristiwa transfer elektron;
- struktur kisi diabaikan;
- perubahan energi keseluruhan tidak dijelaskan;
- atom dianggap mempunyai tindakan personal.

Redaksi yang lebih hati-hati perlu menjelaskan pembentukan ion dan gaya elektrostatik dalam struktur ionik, serta membedakan model proses pembentukan dari struktur zat yang dihasilkan.

Materi pembelajaran sebaiknya menyertakan kotak khusus:

- “Kesalahan yang sering terjadi”;
- “Batas model”;
- “Jangan tertukar”;
- “Periksa pemahaman”;
- “Jelaskan pada tingkat partikel”.

Namun, daftar miskonsepsi tidak boleh sekadar dihafalkan. Setiap kesalahan perlu dianalisis dan dibandingkan dengan konsep ilmiah.

1.10.15 Implikasi bagi Praktikum Kimia

Praktikum sering dianggap otomatis menghasilkan pemahaman karena peserta didik melihat fenomena secara langsung. Kajian miskonsepsi menunjukkan bahwa pengamatan tidak berbicara sendiri. Peserta didik menafsirkan hasil melalui konsepsi yang telah dimiliki.

Ketika gas terbentuk, peserta didik dapat mengatakan bahwa massa hilang.

Ketika gula larut, peserta didik dapat mengatakan bahwa gula lenyap.

Ketika larutan berubah warna, peserta didik dapat menganggap indikator menghasilkan asam atau basa baru.

Ketika logam bereaksi, peserta didik dapat mengatakan bahwa asam “memakan” logam.

Praktikum perlu dirancang melalui siklus:

1. konsepsi awal;
2. prediksi;

3. alasan;
4. pengamatan;
5. pencatatan data;
6. model partikel;
7. representasi simbolik;
8. evaluasi prediksi;
9. kesimpulan;
10. refleksi.

Contoh praktikum kekekalan massa:

- peserta didik memprediksi massa sebelum dan sesudah reaksi;
- sistem terbuka dan tertutup dibandingkan;
- massa diukur;
- gas dimodelkan sebagai materi;
- perbedaan sistem dan lingkungan dijelaskan;
- hukum kekekalan dihubungkan dengan atom dan persamaan.

Praktikum remedial tidak boleh menjadi pertunjukan guru untuk “membuktikan peserta didik salah”. Peserta didik perlu memahami bukti dan menggunakannya untuk merevisi model.

1.10.16 Implikasi bagi Pembelajaran Berbasis Model

Model merupakan inti pengetahuan kimia. Atom, orbital, ikatan, kisi, tumbukan, mekanisme, dan kesetimbangan dipahami melalui model.

Kajian miskonsepsi mengharuskan pembelajaran berbasis model mencakup:

- penyusunan model awal;
- penggunaan model untuk prediksi;
- perbandingan dengan data;
- evaluasi;
- revisi;
- perbandingan beberapa model;
- pembahasan batas model.

Peserta didik perlu memahami bahwa:

- model bukan realitas;
- satu fenomena dapat dijelaskan melalui beberapa model;
- model dipilih berdasarkan tujuan;
- model dapat berubah;
- model mempunyai kekuatan dan keterbatasan.

Contoh perkembangan model atom:

1. model Dalton membantu menjelaskan kekekalan atom;
2. model Thomson memasukkan struktur internal;
3. model Rutherford menjelaskan inti;
4. model Bohr membantu menjelaskan spektrum hidrogen secara terbatas;
5. model mekanika kuantum menggunakan orbital dan probabilitas.

Urutan historis tidak cukup apabila model hanya dihafalkan sebagai daftar tokoh. Peserta didik perlu mengetahui bukti yang menuntut perubahan dan fenomena yang dapat atau tidak dapat dijelaskan setiap model.

1.10.17 Implikasi bagi Pembelajaran Berbasis Inkuiri

Pembelajaran inkuiri berpotensi membantu peserta didik membangun konsep melalui pertanyaan, bukti, dan penjelasan. Namun, inkuiri tidak boleh diartikan bahwa peserta didik harus menemukan seluruh konsep tanpa arahan.

Peserta didik dapat melakukan eksperimen yang sama tetapi menghasilkan penjelasan berbeda. Tanpa mediasi, bukti dapat diasimilasikan ke dalam konsepsi lama.

Inkuiri yang responsif terhadap miskonsepsi memerlukan:

1. pertanyaan yang berangkat dari konsepsi peserta didik;
2. prediksi yang dapat dibedakan;
3. bukti yang relevan;
4. diskusi representasi;
5. scaffolding;
6. evaluasi beberapa penjelasan;

7. penyusunan model ilmiah.

Contoh inkuiri laju reaksi:

Peserta didik menyelidiki pengaruh suhu. Guru tidak hanya meminta grafik waktu reaksi, tetapi juga:

- prediksi pada tingkat partikel;
- penjelasan distribusi energi;
- perbedaan frekuensi tumbukan dan tumbukan efektif;
- hubungan dengan energi aktivasi;
- batas pernyataan “partikel bergerak lebih cepat”.

Tanpa diskusi tersebut, peserta didik dapat menyimpulkan bahwa suhu memperbesar ukuran partikel atau menambahkan “zat panas” ke dalam sistem.

1.10.18 Implikasi bagi Pembelajaran Berbasis Masalah dan Proyek

Masalah kontekstual dan proyek dapat memperluas transfer konsep, tetapi konteks yang menarik tidak otomatis menghasilkan pemahaman kimia.

Dalam proyek korosi, peserta didik dapat membuat pelapis logam tanpa memahami:

- oksidasi;
- reduksi;
- sel elektrokimia lokal;
- peran air dan ion;
- potensial elektrode.

Dalam proyek bioplastik, peserta didik dapat menghasilkan lembaran bahan tanpa memahami:

- struktur polimer;
- interaksi antarmolekul;
- fungsi plastisiser;
- perubahan sifat material.

Dalam proyek pengolahan air, peserta didik dapat mengikuti prosedur tanpa membedakan:

- filtrasi;

- adsorpsi;
- koagulasi;
- reaksi kimia;
- disinfeksi.

Kajian miskonsepsi mengharuskan pembelajaran berbasis masalah dan proyek memasukkan:

- diagnosis konsep prasyarat;
- pertanyaan penjelasan;
- model mekanistik;
- analisis data;
- refleksi;
- asesmen individual.

Produk proyek tidak boleh menjadi satu-satunya indikator keberhasilan. Peserta didik perlu menjelaskan kimia yang mendasari desain dan hasilnya.

1.10.19 Implikasi bagi Diskusi Kelas

Diskusi merupakan sarana penting untuk membuat konsepsi peserta didik terlihat. Namun, diskusi tidak otomatis menghasilkan konsep ilmiah.

Kelompok dapat mencapai konsensus salah karena:

- peserta didik dominan;
- alasan sederhana lebih menarik;
- mayoritas dianggap benar;
- bukti tidak digunakan;
- guru tidak memberikan mediasi.

Diskusi yang mendukung perubahan konseptual memerlukan norma:

1. semua klaim memerlukan alasan;
2. alasan harus dihubungkan dengan bukti;
3. representasi dapat dipertanyakan;
4. jawaban dapat direvisi;
5. ketidakpastian boleh dinyatakan;

6. mayoritas tidak menentukan kebenaran;
7. perbedaan diperlakukan sebagai sumber belajar.

Struktur diskusi dapat menggunakan:

- klaim;
- bukti;
- penalaran;
- batas;
- alternatif;
- revisi.

Contoh:

Klaim: Katalis meningkatkan hasil reaksi.

Bukti: Grafik menunjukkan komposisi akhir yang sama, tetapi waktu berbeda.

Penalaran: Katalis memengaruhi laju tercapainya keadaan setimbang, bukan nilai tetapan pada suhu tetap.

Batas: Pada sistem industri nyata, katalis dapat memengaruhi produktivitas per waktu tanpa mengubah posisi kesetimbangan termodinamik.

Diskusi semacam ini membantu peserta didik memahami mengapa suatu jawaban lebih kuat, bukan sekadar mengetahui jawaban yang disukai guru.

1.10.20 Implikasi bagi Asesmen Diagnostik

Kajian miskonsepsi mengubah asesmen dari alat pengukuran akhir menjadi alat pengarah pembelajaran.

Asesmen diagnostik perlu membedakan:

- memahami konsep;
- pengetahuan parsial;
- tidak tahu;
- salah prosedur;
- salah representasi;
- miskonsepsi;

- jawaban benar karena menebak;
- jawaban benar dengan alasan salah.

Tes pilihan ganda biasa tidak selalu mampu melakukan pembedaan tersebut. Penggunaan alasan, tingkat keyakinan, gambar, dan tugas transfer memberikan informasi lebih kaya.

Konsep inventori dan instrumen diagnostik memerlukan pengembangan yang cermat. Distraktor harus berasal dari pola konsepsi yang benar-benar ditemukan, sedangkan interpretasi harus mempertimbangkan validitas konstruk serta karakteristik butir. Analisis psikometrik instrumen termokimia, misalnya, menegaskan pentingnya standar pengembangan dan evaluasi instrumen konseptual.

Prinsip asesmen diagnostik:

1. tidak digunakan untuk menghukum;
2. dilakukan sebelum dan selama pembelajaran;
3. menanyakan alasan;
4. menggunakan beberapa butir untuk konsep yang sama;
5. menguji representasi berbeda;
6. mengukur keyakinan bila relevan;
7. diikuti tindakan;
8. diperiksa kembali setelah remediasi.

1.10.21 Implikasi bagi Asesmen Formatif

Asesmen formatif merupakan proses berkelanjutan untuk memperoleh bukti dan menggunakannya dalam pengambilan keputusan pembelajaran.

Contoh kegiatan formatif:

- *exit ticket*;
- pertanyaan diagnostik singkat;
- gambar sebelum–sesudah;
- kartu jawaban;
- pemungutan suara;
- penjelasan satu menit;
- peta konsep;

- analisis jawaban teman;
- refleksi tingkat keyakinan.

Contoh *exit ticket* pada ikatan:

1. Apakah pemutusan ikatan menyerap atau melepaskan energi?
2. Jelaskan dengan kurva energi.
3. Seberapa yakin Anda?
4. Apa bagian yang masih membingungkan?

Guru kemudian mengelompokkan respons:

- benar dan yakin;
- benar tetapi ragu;
- salah tetapi ragu;
- salah dan yakin.

Kelompok tersebut memerlukan tindak lanjut berbeda.

Asesmen formatif menjadi bermakna apabila guru bersedia mengubah pembelajaran. Mengumpulkan data tanpa menyesuaikan tindakan hanya menambah administrasi.

1.10.22 Implikasi bagi Asesmen Sumatif

Asesmen sumatif turut membentuk cara peserta didik belajar. Jika ujian hanya menilai prosedur, peserta didik akan menganggap bahwa pemahaman konsep bukan prioritas.

Asesmen sumatif perlu menyeimbangkan:

- pengetahuan faktual;
- pemahaman konseptual;
- prosedur;
- representasi;
- argumentasi;
- transfer;
- evaluasi model.

Contoh paket soal kesetimbangan:

1. menghitung komposisi;

2. menjelaskan makna nilai K;
3. menggambar keadaan partikel;
4. membandingkan sistem dengan dan tanpa katalis;
5. mengevaluasi pernyataan salah;
6. menerapkan konsep pada ionisasi asam atau kelarutan.

Zoller menekankan perlunya pergeseran dari asesmen yang didominasi keterampilan kognitif tingkat rendah dan algoritmik menuju asesmen yang mendorong pemahaman konseptual serta keterampilan berpikir tingkat tinggi.

Asesmen sumatif yang baik juga menyediakan data untuk perbaikan kurikulum, bukan hanya penentuan nilai.

1.10.23 Implikasi bagi Umpan Balik

Umpan balik “benar” atau “salah” tidak cukup untuk mengubah miskonsepsi. Peserta didik perlu mengetahui:

- bagian jawaban yang benar;
- hubungan yang salah;
- alasan kesalahan;
- konsep yang harus digunakan;
- langkah tindak lanjut.

Contoh umpan balik kurang efektif:

“Salah. Katalis tidak mengubah kesetimbangan.”

Contoh umpan balik lebih diagnostik:

“Anda benar bahwa katalis mempercepat reaksi, tetapi kecepatan mencapai keadaan setimbang berbeda dari komposisi kesetimbangan. Katalis menurunkan penghalang energi untuk jalur maju dan balik sehingga sistem mencapai komposisi setimbang yang sama dalam waktu lebih singkat pada suhu tetap.”

Umpan balik juga perlu mendorong peserta didik melakukan sesuatu:

- memperbaiki gambar;
- menjelaskan ulang;
- membandingkan konsep;

- menyelesaikan kasus baru;
- menilai keyakinan;
- menuliskan perubahan pemahaman.

Umpan balik yang terlalu panjang tetapi tidak ditindaklanjuti dapat diabaikan. Karena itu, remediasi harus menjadi aktivitas, bukan hanya informasi.

1.10.24 Implikasi bagi Diferensiasi Pembelajaran

Dalam satu kelas terdapat peserta didik dengan profil berbeda:

- memahami konsep;
- memahami tetapi kurang yakin;
- memiliki pengetahuan parsial;
- belum mengetahui;
- mengalami kesalahan prosedural;
- memiliki miskonsepsi lemah;
- memiliki miskonsepsi kuat.

Memberikan penjelasan yang sama kepada seluruh kelas tidak selalu efisien.

Diferensiasi dapat dilakukan melalui:

A. Kelompok fleksibel

Peserta didik dikelompokkan berdasarkan kebutuhan sementara.

B. Pertanyaan lanjutan berbeda

Kelompok miskonsepsi kuat memperoleh tugas konflik dan rekonstruksi, sedangkan kelompok pemahaman kuat memperoleh transfer.

C. Scaffolding representasi

Peserta didik yang kesulitan simbol memperoleh dukungan model partikel.

D. Tutorial singkat

Konsep prasyarat diperbaiki dalam kelompok kecil.

E. Tugas pilihan

Peserta didik menjelaskan melalui tulisan, gambar, atau model, kemudian menghubungkannya.

Diferensiasi tidak berarti memberikan standar ilmiah yang berbeda. Tujuan akhirnya sama, tetapi jalur dan dukungannya dapat berbeda.

1.10.25 Implikasi bagi Urutan Pembelajaran

Urutan materi kimia yang logis bagi ahli belum tentu psikologis bagi peserta didik. Johnstone menekankan perlunya membedakan organisasi disiplin dari urutan yang dapat diproses dan dibangun oleh pembelajar.

Sebagai contoh, guru dapat memperkenalkan persamaan kimia sebelum peserta didik mempunyai model yang kuat tentang partikel dan kekekalan atom. Akibatnya, penyetaraan dipahami sebagai manipulasi angka.

Guru dapat mengajarkan struktur Lewis sebelum peserta didik memahami muatan, elektron valensi, dan energi. Akibatnya, struktur Lewis menjadi latihan menggambar titik.

Guru dapat mengajarkan asas Le Chatelier sebelum peserta didik memahami reaksi reversibel dan laju. Akibatnya, kesetimbangan menjadi aturan arah panah.

Urutan pembelajaran yang responsif terhadap miskonsepsi perlu:

1. memetakan konsep prasyarat;
2. memeriksa kesiapan;
3. membangun model secara bertahap;
4. menghubungkan konsep lama dan baru;
5. meninjau ulang konsep dalam konteks lebih kompleks;
6. tidak memperkenalkan simbol sebelum maknanya dibangun.

Johnson menunjukkan bahwa kurikulum kimia dapat mengabaikan gagasan-gagasan dasar yang sebenarnya dibutuhkan peserta didik untuk memahami perubahan kimia.

1.10.26 Implikasi bagi Progresi Belajar

Kajian miskonsepsi tidak seharusnya menghasilkan daftar kesalahan yang terpisah dari perkembangan konsep. Temuan perlu digunakan untuk menyusun progresi belajar.

Progresi belajar menggambarkan jalur perkembangan dari cara berpikir awal menuju penalaran yang semakin ilmiah.

Contoh progresi sifat materi:

1. zat dikenali berdasarkan ciri inderawi;

2. zat dipahami sebagai bahan kontinu;
3. zat dianggap tersusun atas partikel;
4. partikel dibedakan menjadi atom, molekul, dan ion;
5. sifat dipahami terkait jenis partikel;
6. sifat dijelaskan melalui struktur dan interaksi;
7. sifat dipahami sebagai hasil emergen dari sistem.

Contoh progresi asam-basa:

1. asam dikenali melalui rasa atau bahaya;
2. asam dihubungkan dengan ion H^+ ;
3. kekuatan dan konsentrasi mulai dibedakan;
4. ionisasi dipahami sebagai kesetimbangan;
5. teori Brønsted–Lowry digunakan;
6. struktur dan stabilitas spesies konjugasi dianalisis;
7. pengaruh pelarut dan konteks dipertimbangkan.

Sevian dan Talanquer mengusulkan progresi pemikiran kimia yang tidak hanya berfokus pada penguasaan konsep terpisah, tetapi juga kemampuan menganalisis, menjelaskan, merancang, mengendalikan, dan mengevaluasi sistem kimia.

Implikasinya, miskonsepsi perlu ditempatkan dalam lintasan perkembangan, bukan dipandang sebagai kegagalan mutlak.

1.10.27 Implikasi bagi Keterhubungan Antartopik

Miskonsepsi sering bertahan karena kimia diajarkan sebagai bab-bab terpisah.

- struktur atom selesai;
- sistem periodik selesai;
- ikatan selesai;
- stoikiometri selesai;
- termokimia selesai.

Padahal, konsep tersebut saling bergantung.

Pembelajaran perlu membuat hubungan berikut eksplisit:

struktur elektron → ikatan → struktur zat → gaya antarpartikel → sifat fisika

mol → persamaan reaksi → stoikiometri → termokimia → kesetimbangan → elektrokimia

energi → laju → kesetimbangan → proses industri

ionisasi → kesetimbangan → asam-basa → penyangga → titrasi

Kajian miskonsepsi membantu guru menemukan titik hubungan yang lemah. Peserta didik yang salah memahami katalis mungkin bukan hanya mengalami masalah kinetika, tetapi gagal menghubungkan laju, energi, dan kesetimbangan.

Tugas integratif dapat digunakan:

“Jelaskan mengapa kenaikan suhu dapat mempercepat reaksi tetapi pengaruhnya terhadap hasil kesetimbangan bergantung pada sifat endoterm atau eksoterm reaksi.”

Tugas tersebut menuntut integrasi kinetika dan termodinamika.

1.10.28 Implikasi bagi Pengembangan Berpikir Kimia

Tujuan pendidikan kimia tidak hanya membuat peserta didik mengetahui banyak zat dan reaksi. Peserta didik perlu mengembangkan cara berpikir kimia.

Cara berpikir kimia mencakup kemampuan:

- mengidentifikasi zat;
- menghubungkan struktur dan sifat;
- menggunakan model;
- menjelaskan mekanisme;
- mempertimbangkan energi dan peluang;
- memprediksi perubahan;
- mengendalikan proses;
- mengevaluasi manfaat dan risiko;
- merancang bahan atau sistem.

Miskonsepsi menghambat cara berpikir tersebut apabila peserta didik hanya menggunakan ciri permukaan dan aturan sederhana.

Contoh penalaran permukaan:

“Zat ini larut karena mengandung oksigen.”

Penalaran kimia yang lebih berkembang mempertimbangkan:

- struktur molekul;
- polaritas;
- ukuran;
- gugus fungsi;
- interaksi dengan pelarut;
- perubahan energi dan entropi.

Kajian miskonsepsi perlu digunakan bukan sekadar untuk mengoreksi jawaban, tetapi untuk mengembangkan kualitas penalaran.

1.10.29 Implikasi bagi Literasi Kimia

Miskonsepsi tidak hanya memengaruhi nilai sekolah. Ia juga memengaruhi kemampuan peserta didik menilai informasi dalam kehidupan sehari-hari.

Contoh klaim publik:

- bahan alami tidak mengandung bahan kimia;
- air alkali selalu menetralkan asam tubuh;
- bahan yang bebas kimia lebih aman;
- semua radiasi berbahaya;
- pH tinggi selalu lebih sehat;
- zat organik selalu ramah lingkungan;
- energi dilepaskan karena ikatan dipecah;
- katalis merupakan zat tambahan yang pasti beracun.

Peserta didik memerlukan konsep untuk mengevaluasi:

- makna istilah;
- dosis;
- konsentrasi;
- mekanisme;
- bukti;
- hubungan sebab-akibat;

- risiko dan manfaat.

Miskonsepsi yang tidak diperbaiki dapat membuat istilah ilmiah digunakan untuk membenarkan klaim yang tidak tepat.

Pembelajaran perlu memasukkan konteks nyata, tetapi analisisnya harus tetap berbasis konsep. Peserta didik dapat diminta mengevaluasi iklan, label produk, berita lingkungan, atau klaim kesehatan berdasarkan pengetahuan kimia dan kualitas bukti.

1.10.30 Implikasi bagi Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi

Miskonsepsi dapat tersembunyi pada soal rutin, tetapi muncul ketika peserta didik diminta:

- menganalisis;
- mengevaluasi;
- menjelaskan;
- merancang;
- mempertahankan argumen;
- memecahkan masalah baru.

Karena itu, tugas berpikir tingkat tinggi juga berfungsi diagnostik.

Contoh tugas analisis:

“Dua peserta didik berdebat. Peserta didik A mengatakan reaksi eksoterm selalu cepat. Peserta didik B mengatakan laju ditentukan energi aktivasi dan mekanisme. Evaluasi kedua pernyataan menggunakan diagram energi.”

Contoh tugas evaluasi:

“Seorang penulis menyatakan katalis meningkatkan nilai K karena mempercepat reaksi menuju produk. Identifikasi bagian yang benar dan salah.”

Contoh tugas desain:

“Rancang representasi yang membedakan asam kuat encer dari asam lemah pekat.”

Tugas semacam ini mengungkap apakah peserta didik menghubungkan konsep atau hanya mengingat aturan.

1.10.31 Implikasi bagi Metakognisi Peserta Didik

Peserta didik perlu belajar membedakan:

- mengetahui istilah;
- mengenali jawaban;
- mengingat rumus;
- memahami konsep;
- mampu menjelaskan;
- mampu menerapkan.

Kajian miskonsepsi menunjukkan bahwa keyakinan tinggi tidak selalu sejalan dengan pemahaman. Peserta didik dapat sangat yakin pada penjelasan yang salah. Penelitian inventori redoks memperlihatkan hubungan antara miskonsepsi dan *meta-ignorance*, yaitu peserta didik tidak menyadari bahwa pemahamannya tidak tepat.

Pembelajaran metakognitif dapat menggunakan pertanyaan:

1. Apa jawaban saya?
2. Apa alasan saya?
3. Konsep apa yang saya gunakan?
4. Seberapa yakin saya?
5. Bukti apa yang mendukung?
6. Apakah ada kasus yang tidak dapat dijelaskan?
7. Bagaimana saya memeriksa hasil?
8. Apa yang berubah setelah belajar?

Tujuan metakognisi bukan membuat peserta didik selalu ragu. Tujuannya adalah membangun keyakinan yang terkalibrasi dan keterbukaan untuk merevisi pengetahuan berdasarkan bukti.

1.10.32 Implikasi bagi Budaya Kelas

Budaya kelas sangat menentukan apakah miskonsepsi dapat terlihat.

Dalam kelas yang menghukum kesalahan, peserta didik akan:

- menunggu jawaban guru;
- menyalin;
- menyembunyikan kebingungan;
- menghindari alasan;

- berpura-pura memahami.

Dalam kelas yang menggunakan kesalahan sebagai data, peserta didik lebih mungkin:

- menyatakan prediksi;
- menjelaskan alasan;
- membandingkan model;
- mengakui ketidakpastian;
- memperbaiki jawaban.

Budaya yang mendukung perubahan konseptual mempunyai norma:

- revisi jawaban dihargai;
- alasan lebih penting daripada kecepatan;
- bukti dapat mengubah pendapat;
- pertanyaan dianggap bagian belajar;
- kesalahan tidak menjadi identitas;
- konsep diuji, bukan hanya diterima.

Guru perlu membedakan antara mengkritik gagasan dan mengkritik peserta didik.

Kalimat yang kurang tepat:

“Anda tidak memahami konsep dasar.”

Kalimat yang lebih konstruktif:

“Penjelasan ini menyamakan laju reaksi dengan jumlah produk. Mari kita pisahkan kedua konsep tersebut.”

1.10.33 Implikasi bagi Pembelajaran Berkeadilan

Diagnosis miskonsepsi mendukung pembelajaran yang lebih adil karena mencegah guru menyimpulkan kemampuan peserta didik hanya dari jawaban akhir.

Kesalahan dapat berasal dari:

- konsep;
- bahasa;
- matematika;
- keterbatasan representasi;

- pengalaman belajar sebelumnya;
- ketidaktelitian;
- kecemasan;
- miskonsepsi.

Peserta didik yang menggunakan bahasa sederhana belum tentu tidak memahami konsep. Peserta didik yang menggunakan istilah ilmiah belum tentu memahami maknanya.

Tugas multimodal dapat memberi peserta didik beberapa cara menampilkan pemahaman:

- tulisan;
- gambar;
- model;
- penjelasan lisan;
- grafik;
- simbol.

Namun, penggunaan beberapa bentuk tidak berarti standar konsep diturunkan. Multimodalitas bertujuan memperoleh bukti yang lebih valid mengenai pemahaman.

Diagnosis juga perlu sensitif terhadap bahasa soal. Pertanyaan “asam mana yang lebih kuat?” dapat ambigu jika guru sebenarnya ingin membandingkan pH larutan. Kejelasan bahasa merupakan bagian keadilan asesmen.

1.10.34 Implikasi bagi Pendidikan Calon Guru

Calon guru perlu mengalami sendiri proses diagnosis dan perubahan konseptual. Mata kuliah kimia dan pendidikan kimia perlu menghindari asumsi bahwa mahasiswa calon guru otomatis bebas miskonsepsi.

Calon guru perlu dilatih untuk:

1. mengerjakan tes diagnostik;
2. menganalisis alasannya sendiri;
3. membaca respons peserta didik;
4. mengembangkan distraktor;
5. melakukan wawancara;
6. merancang representasi;

7. membatasi analogi;
8. menyusun remediasi;
9. mengevaluasi perubahan konsep;
10. merefleksikan praktik mengajar.

Konsepsi alternatif juga ditemukan pada guru dan lulusan kimia. Goodwin menegaskan bahwa variasi konsepsi tidak hanya terdapat pada peserta didik, tetapi juga pada guru dan kimiawan terlatih, sehingga pembelajaran profesional perlu dipandang sebagai proses berkelanjutan.

Calon guru yang belum memahami sifat partikulat materi, ikatan, kesetimbangan, atau energi dapat menyebarkan miskonsepsi melalui penjelasan yang berotoritas.

1.10.35 Implikasi bagi Pengembangan Profesional Guru

Pelatihan guru tidak cukup hanya memperbarui materi atau menyediakan perangkat ajar. Guru perlu mengembangkan kemampuan menggunakan penelitian pendidikan kimia dalam pengambilan keputusan.

Program pengembangan profesional dapat mencakup:

- kajian konsep sulit;
- analisis miskonsepsi;
- audit buku teks;
- observasi video kelas;
- pengembangan pertanyaan diagnostik;
- praktik wawancara;
- analisis representasi;
- desain intervensi;
- penelitian tindakan kelas;
- refleksi kolaboratif.

Perubahan pedagogis guru juga merupakan perubahan konseptual. Guru dapat memiliki keyakinan bahwa:

- penjelasan yang jelas pasti menghasilkan pemahaman;
- praktikum otomatis memperbaiki konsep;
- peserta didik salah karena kurang belajar;
- tes hitungan cukup mengukur kimia;

- analogi sederhana selalu membantu.

Kajian pembelajaran guru kimia menunjukkan bahwa perubahan praktik membutuhkan kondisi awal dan mekanisme tertentu, termasuk penggunaan bukti serta refleksi terhadap keterbatasan pendekatan sebelumnya.

1.10.36 Implikasi bagi Kurikulum

Kurikulum yang responsif terhadap miskonsepsi perlu memuat lebih dari daftar materi dan alokasi waktu.

Kurikulum perlu menyediakan:

1. progresi konsep;
2. konsep prasyarat;
3. konsep ambang;
4. miskonsepsi umum;
5. representasi inti;
6. pertanyaan diagnostik;
7. contoh dan noncontoh;
8. strategi remediasi;
9. indikator transfer;
10. pemeriksaan retensi.

Kurikulum juga perlu memberi ruang untuk remediasi. Jika seluruh waktu digunakan untuk mengejar cakupan materi, guru terdorong melanjutkan bab meskipun fondasi belum terbentuk.

Kurikulum kimia sebaiknya disusun sebagai jaringan perkembangan:

- partikel;
- struktur;
- interaksi;
- energi;
- perubahan;
- laju;

- kesetimbangan;
- aplikasi.

Sevian dan Talanquer mengkritik pendekatan yang mengajarkan konsep kimia sebagai gagasan terisolasi dan menawarkan kerangka progresi pemikiran kimia yang lebih terintegrasi dengan praktik disipliner.

1.10.37 Implikasi bagi Kebijakan Asesmen

Jika ujian nasional, ujian sekolah, atau seleksi masuk hanya menilai hasil algoritmik, praktik kelas akan menyesuaikan tuntutan tersebut.

Kebijakan asesmen perlu memastikan adanya soal yang menilai:

- alasan;
- hubungan konsep;
- interpretasi data;
- model;
- evaluasi klaim;
- transfer;
- argumentasi.

Namun, asesmen konseptual harus dirancang hati-hati. Soal sulit bukan otomatis soal konseptual. Soal dengan perhitungan panjang dapat tetap hanya mengukur ketekunan prosedural.

Kebijakan juga perlu mencegah penggunaan skor diagnostik sebagai hukuman. Tes diagnostik harus memberi informasi untuk pembelajaran, bukan menjadi mekanisme seleksi.

1.10.38 Implikasi bagi Pengembangan Media Digital

Media digital dapat membantu menampilkan proses submikroskopik dan dinamis. Animasi dapat memperlihatkan:

- gerak partikel;
- tumbukan;
- distribusi energi;
- ionisasi;

- kesetimbangan;
- migrasi ion;
- perubahan struktur.

Namun, media juga dapat memperkuat miskonsepsi jika:

- partikel bergerak terarah seolah mempunyai tujuan;
- skala tidak dijelaskan;
- warna dianggap literal;
- ikatan divisualkan sebagai batang;
- tumbukan selalu menghasilkan reaksi;
- elektron digambarkan pada lintasan pasti;
- simulasi tidak dihubungkan dengan data.

Media perlu disertai pertanyaan:

- Apa yang dimodelkan?
- Apa yang disederhanakan?
- Apa yang tidak terlihat?
- Apakah ukuran dan waktu sesuai skala nyata?
- Bagaimana animasi dihubungkan dengan persamaan?
- Prediksi apa yang dapat diuji?

Teknologi yang menarik secara visual tidak otomatis menghasilkan perubahan konseptual.

1.10.39 Implikasi bagi Penggunaan Kecerdasan Artifisial

Kecerdasan artifisial dapat mendukung pembelajaran kimia melalui:

- pembuatan pertanyaan;
- pemberian umpan balik;
- analisis jawaban;
- penyajian simulasi;
- adaptasi tingkat kesulitan;
- identifikasi pola respons.

Namun, AI juga dapat menghasilkan:

- definisi terlalu sederhana;
- analogi tanpa batas;
- penjelasan ilmiah tidak akurat;
- sitasi yang tidak ada;
- umpan balik yang meyakinkan tetapi salah;
- generalisasi respons peserta didik.

Penggunaan AI dalam kajian miskonsepsi perlu mengikuti beberapa prinsip.

A. AI sebagai alat bantu, bukan penentu diagnosis

Guru tetap perlu memeriksa respons dan konteks.

B. Jawaban AI harus diverifikasi

Terutama pada konsep kompleks dan referensi.

C. AI perlu diberi data konsepsi nyata

Distraktor tidak boleh hanya dihasilkan secara imajinatif.

D. Privasi peserta didik dijaga

Data jawaban tidak boleh digunakan tanpa perlindungan.

E. Peserta didik dilatih mengevaluasi jawaban AI

Mereka perlu memeriksa konsep, bukti, dan konsistensi.

AI dapat membantu mengelompokkan ribuan respons, tetapi tidak boleh menggantikan pertimbangan pedagogis guru.

1.10.40 Implikasi bagi Penelitian Pendidikan Kimia

Kajian miskonsepsi telah menghasilkan daftar konsepsi yang luas. Tantangan berikutnya bukan hanya menemukan miskonsepsi baru, tetapi menjawab pertanyaan yang lebih mendalam:

1. Bagaimana miskonsepsi terbentuk?
2. Kapan miskonsepsi digunakan?
3. Seberapa stabil miskonsepsi tersebut?
4. Bagaimana hubungannya dengan representasi?
5. Bagaimana miskonsepsi berubah?

6. Intervensi apa yang menghasilkan transfer?
7. Apakah perubahan bertahan?
8. Bagaimana guru menggunakan temuan penelitian?
9. Bagaimana kurikulum memperkuat atau mencegah miskonsepsi?
10. Bagaimana faktor bahasa, budaya, motivasi, dan teknologi berinteraksi?

Penelitian perlu bergerak dari inventarisasi menuju penjelasan mekanisme.

Penelitian mengenai model mental tekanan uap, misalnya, mengingatkan bahwa sekadar membuat daftar miskonsepsi tidak cukup; peneliti perlu memahami struktur mental dan sumber yang mendasari pola respons.

Desain penelitian yang diperlukan meliputi:

- longitudinal;
- metode campuran;
- analisis lintas representasi;
- wawancara;
- observasi kelas;
- analisis diskursus;
- eksperimen pembelajaran;
- studi implementasi;
- penelitian tindakan kelas.

1.10.41 Implikasi bagi Validitas Penelitian

Penelitian miskonsepsi harus berhati-hati agar tidak menciptakan kesimpulan yang lebih kuat daripada bukti.

Kesalahan metodologis yang perlu dihindari:

- menganggap satu jawaban salah sebagai miskonsepsi;
- menggunakan distraktor tanpa validasi;
- tidak menanyakan alasan;
- mengabaikan bahasa;
- menggunakan ambang keyakinan secara arbitrer;

- menggeneralisasikan satu kelas;
- menyamakan prevalensi dengan kekuatan;
- tidak memeriksa retensi;
- menyebut peningkatan skor sebagai perubahan konseptual.

Interpretasi yang lebih tepat menggunakan bahasa:

- “menunjukkan indikasi”;
- “konsisten dengan konsepsi”;
- “terdapat bukti kuat”;
- “memerlukan klarifikasi tambahan”.

Instrumen juga perlu menjalani analisis validitas isi, proses respons, struktur internal, dan hubungan dengan variabel lain. Kajian psikometrik inventori termokimia menunjukkan bahwa pengembangan instrumen konseptual memerlukan evaluasi yang lebih kuat daripada sekadar penilaian ahli dan reliabilitas sederhana.

1.10.42 Implikasi bagi Hubungan Penelitian dan Praktik

Salah satu masalah utama kajian miskonsepsi adalah kesenjangan antara publikasi akademik dan praktik kelas.

Guru memerlukan hasil penelitian dalam bentuk yang dapat digunakan:

- ringkasan miskonsepsi;
- contoh jawaban;
- pertanyaan diagnostik;
- strategi pembelajaran;
- contoh representasi;
- indikator perubahan;
- bahan refleksi.

Peneliti perlu bekerja sama dengan guru dalam:

- merumuskan masalah;
- mengembangkan instrumen;
- menguji strategi;

- menilai kelayakan;
- menyederhanakan hasil tanpa menghilangkan makna.

Taber secara khusus menyoroti perlunya menjembatani penelitian mengenai konsepsi alternatif dengan praktik pengajaran kimia.

Hubungan tersebut tidak seharusnya satu arah. Guru bukan hanya pengguna penelitian, tetapi dapat menjadi produsen pengetahuan melalui penelitian tindakan dan dokumentasi kelas.

1.10.43 Kerangka Implementasi di Sekolah

Sekolah dapat membangun sistem penanganan miskonsepsi melalui tahapan berikut.

Tahap 1: Pemetaan konsep prioritas

Tentukan konsep fondasional dan berdaya generatif tinggi.

Tahap 2: Penyusunan bank diagnostik

Kembangkan pertanyaan berbasis alasan dan representasi.

Tahap 3: Diagnosis awal

Lakukan sebelum topik utama.

Tahap 4: Analisis kelas

Petakan pola, subkelompok, dan tingkat keyakinan.

Tahap 5: Penyesuaian pembelajaran

Pilih strategi dan representasi.

Tahap 6: Diagnosis formatif

Periksa perkembangan selama pembelajaran.

Tahap 7: Remediasi

Berikan intervensi kelas atau individual.

Tahap 8: Evaluasi transfer

Gunakan konteks baru.

Tahap 9: Evaluasi retensi

Periksa setelah jeda waktu.

Tahap 10: Dokumentasi dan kolaborasi

Bagikan temuan antarguru dan antaranjang.

Kerangka tersebut membantu mencegah guru kelas berikutnya mengulang diagnosis dari awal tanpa informasi perkembangan sebelumnya.

1.10.44 Contoh Implementasi pada Topik Ikatan Kimia

Diagnosis awal

Peserta didik diminta:

- menjelaskan mengapa atom berikatan;
- menggambar NaCl padat;
- membandingkan ikatan dan gaya antarmolekul;
- menjelaskan energi pemutusan ikatan.

Pola yang ditemukan

- atom ingin memperoleh oktet;
- NaCl terdiri atas molekul;
- garis ikatan merupakan batang;
- pemutusan ikatan melepaskan energi.

Desain pembelajaran

1. membandingkan model molekul dan kisi;
2. menggunakan kurva energi potensial;
3. membahas interaksi elektrostatik;
4. membatasi aturan oktet;
5. menghubungkan struktur dan sifat;
6. membahas status model.

Asesmen formatif

- gambar kisi;
- penjelasan titik leleh;
- analisis pernyataan salah;
- keyakinan.

Transfer

Peserta didik menjelaskan:

- MgO ;
- SiO_2 ;
- logam;
- grafit;
- es.

Keberhasilan tidak dinilai hanya dari kemampuan memberi nama jenis ikatan, tetapi dari kemampuan menghubungkan struktur, interaksi, energi, dan sifat.

1.10.45 Contoh Implementasi pada Topik Keseimbangan

Diagnosis awal

Pertanyaan:

- Apakah reaksi berhenti?
- Apakah konsentrasi harus sama?
- Apa pengaruh katalis?
- Apakah K berubah ketika konsentrasi diubah?

Intervensi

- grafik laju;
- grafik konsentrasi;
- simulasi partikel;
- analisis kuosien reaksi;
- perbandingan katalis;
- konteks ionisasi dan kelarutan.

Fokus diferensiasi

- peserta didik yang belum memahami reversibilitas;
- peserta didik yang mencampur laju dan konsentrasi;
- peserta didik yang menghafal asas Le Chatelier;

- peserta didik yang salah stoikiometri.

Transfer

Konsep diterapkan pada:

- asam lemah;
- larutan jenuh;
- kesetimbangan gas;
- penyangga;
- proses industri.

Pendekatan ini mencegah kesetimbangan menjadi kumpulan aturan “kanan–kiri”.

1.10.46 Contoh Implementasi pada Topik Termokimia

Diagnosis awal

- Apa perbedaan suhu dan kalor?
- Apakah pemutusan ikatan menyerap atau melepaskan energi?
- Apakah reaksi eksoterm selalu cepat?
- Apakah katalis mengubah ΔH ?

Intervensi

1. perbandingan kontras suhu–kalor;
2. kurva energi ikatan;
3. diagram reaksi;
4. perbandingan ΔH dan energi aktivasi;
5. analisis reaksi cepat–lambat dan eksoterm–endoterm.

Tugas integratif

Peserta didik menjelaskan:

“Mengapa pembakaran memerlukan pemantik meskipun reaksinya eksoterm?”

Jawaban yang diharapkan menghubungkan:

- penghalang energi;
- energi aktivasi;

- sifat eksoterm;
- jalur reaksi.

Tugas tersebut mengungkap apakah peserta didik telah memisahkan termodinamika dan kinetika.

1.10.47 Analisis Kritis: Bahaya Pendekatan Defisit

Kajian miskonsepsi dapat disalahgunakan apabila semua gagasan peserta didik dipandang sebagai kekurangan yang harus dihapus.

Pendekatan defisit berisiko:

- mengabaikan intuisi produktif;
- merendahkan peserta didik;
- menghasilkan koreksi satu arah;
- mengabaikan konteks;
- memberi label permanen;
- menganggap konsep ilmiah dapat dipindahkan begitu saja.

Sebagian pernyataan peserta didik mengandung dasar produktif.

“Katalis memberi jalan yang lebih mudah.”

Kata “mudah” belum ilmiah, tetapi dapat dikembangkan menjadi jalur alternatif dengan energi aktivasi lebih rendah.

“Larutan penyangga menahan perubahan pH.”

Kata “menahan” perlu diperjelas, tetapi mengandung gagasan bahwa perubahan dikurangi.

“Partikel bergerak lebih aktif ketika panas.”

Bahasanya tidak tepat, tetapi mengandung hubungan antara suhu dan gerak.

Guru perlu memisahkan unsur produktif dari hubungan yang salah.

Pandangan sumber daya tidak berarti semua gagasan peserta didik sama benarnya dengan konsep ilmiah. Standar bukti dan koherensi tetap dipertahankan. Perbedaannya terletak pada cara melakukan perubahan: membangun dari sumber daya yang ada, bukan memperlakukan pikiran sebagai ruang yang harus dikosongkan.

1.10.48 Analisis Kritis: Bahaya Daftar Miskonsepsi

Daftar miskonsepsi berguna untuk antisipasi, tetapi mempunyai keterbatasan.

Pertama, daftar dapat membuat guru mengasumsikan bahwa semua peserta didik memiliki kesalahan yang sama.

Kedua, daftar tidak selalu menjelaskan sumber dan struktur.

Ketiga, istilah yang sama dapat merujuk pada alasan berbeda.

Keempat, fokus pada daftar dapat mengabaikan pemahaman yang benar.

Kelima, peserta didik dapat mempelajari daftar jawaban salah tanpa memahami konsep ilmiah.

Literatur sebaiknya digunakan sebagai **peta kemungkinan**, bukan pengganti diagnosis.

Guru dapat menggunakan daftar untuk menyusun pertanyaan, kemudian memeriksa apakah pola tersebut benar-benar muncul di kelasnya.

1.10.49 Analisis Kritis: Bahaya Menganggap Konsepsi Selalu Stabil

Sebagian teori menggambarkan miskonsepsi sebagai struktur yang kuat dan koheren. Pandangan ini menjelaskan ketahanannya, tetapi tidak berlaku pada semua kasus.

Peserta didik dapat:

- berubah menurut konteks;
- menggunakan beberapa model;
- memberikan jawaban tidak konsisten;
- memiliki pengetahuan parsial;
- mengaktifkan intuisi berbeda.

Implikasinya:

- diagnosis perlu menggunakan beberapa konteks;
- satu jawaban tidak cukup;
- remediasi perlu melatih pemilihan model;
- perubahan tidak selalu berupa penggantian total.

Pembelajaran perlu mengembangkan fleksibilitas konseptual: kemampuan memilih kerangka yang tepat sekaligus memahami batasnya.

1.10.50 Analisis Kritis: Pembelajaran Konseptual dan Prosedural Tidak Boleh Dipertentangkan

Kajian miskonsepsi sering mengkritik dominasi algoritma. Namun, kesimpulannya bukan bahwa prosedur dan perhitungan tidak penting.

Kimia membutuhkan:

- perhitungan mol;
- logaritma;
- persamaan;
- grafik;
- model matematis;
- teknik laboratorium.

Masalah muncul ketika prosedur tidak dihubungkan dengan konsep.

Pembelajaran yang baik mengintegrasikan:

konsep → representasi → prosedur → interpretasi

Contoh stoikiometri:

1. persamaan merepresentasikan perubahan partikel;
2. koefisien menyatakan rasio jumlah;
3. mol menghubungkan partikel dan pengukuran;
4. perhitungan menghasilkan jumlah;
5. hasil ditafsirkan dalam konteks reaksi.

Prosedur harus menjadi alat berpikir, bukan pengganti pemahaman.

1.10.51 Analisis Kritis: Tidak Semua Kesalahan adalah Miskonsepsi

Kajian miskonsepsi tidak boleh menjadikan miskonsepsi sebagai penjelasan tunggal bagi semua kegagalan.

Peserta didik dapat salah karena:

- tidak mengetahui;
- salah membaca;
- lupa;
- tidak teliti;

- kesulitan matematika;
- bahasa soal ambigu;
- kecemasan;
- beban kognitif;
- miskonsepsi.

Diagnosis harus mendahului label.

Pernyataan:

“Peserta didik gagal menghitung kesetimbangan karena miskonsepsi”

belum cukup tanpa bukti mengenai alasan dan pola kesalahan.

Guru perlu memeriksa:

- apakah kesalahan sistematis;
- apakah alasan berulang;
- apakah keyakinan tinggi;
- apakah dapat diperbaiki setelah diperiksa;
- apakah konsep prasyarat bermasalah.

1.10.52 Indikator Pembelajaran Kimia yang Responsif terhadap Miskonsepsi

Pembelajaran dapat disebut responsif terhadap miskonsepsi apabila:

1. pengetahuan awal dielaborasi;
2. konsep prasyarat diperiksa;
3. alasan peserta didik didengar;
4. kesalahan diperlakukan sebagai bukti;
5. representasi dihubungkan;
6. model dan analogi diberi batas;
7. konsep yang tertukar dibandingkan;
8. strategi dipilih berdasarkan diagnosis;
9. asesmen menguji transfer;
10. retensi diperiksa;
11. peserta didik melakukan refleksi;

12. guru meninjau praktiknya sendiri.

Indikator tersebut tidak mengharuskan setiap pelajaran menggunakan tes formal. Diagnosis dapat dilakukan melalui interaksi singkat tetapi terencana.

1.10.53 Kerangka Perencanaan Pembelajaran Responsif Miskonsepsi

Komponen	Pertanyaan perencanaan
Konsep target	Apa pemahaman ilmiah yang diharapkan?
Atribut kritis	Ciri apa yang harus dipahami?
Prasyarat	Konsep apa yang diperlukan?
Konsepsi alternatif	Kesalahan apa yang mungkin muncul?
Sumber	Bahasa, pengalaman, model, atau prosedur apa yang berpotensi memicu?
Diagnosis	Bagaimana gagasan peserta didik dibuat terlihat?
Intervensi	Perubahan apa yang dibutuhkan?
Representasi	Bentuk apa yang perlu dihubungkan?
Asesmen	Bukti apa yang menunjukkan pemahaman?
Transfer	Konteks baru apa yang digunakan?
Retensi	Kapan konsep diperiksa kembali?

Kerangka ini dapat diterapkan pada RPP, modul ajar, LKPD, praktikum, maupun asesmen.

1.10.54 Implikasi bagi Buku Ini

Kajian pada Bab 1 menghasilkan beberapa prinsip yang akan menjadi dasar pembahasan seluruh buku.

Pertama, miskonsepsi tidak disimpulkan hanya dari jawaban salah. Setiap pembahasan topik perlu membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, pengetahuan parsial, dan kesalahan prosedural.

Kedua, miskonsepsi dianalisis melalui alasan, representasi, konsistensi, keyakinan, dan sumbernya.

Ketiga, pembahasan tidak hanya menyajikan daftar miskonsepsi, tetapi juga hubungan antara konsep dasar dan konsep lanjutan.

Keempat, strategi remediasi disesuaikan dengan struktur konsepsi.

Kelima, guru, buku teks, bahasa, kurikulum, dan asesmen ikut dianalisis sebagai sumber potensial.

Keenam, setiap topik kimia perlu dilihat melalui hubungan antara:

- makroskopik;
- submikroskopik;
- simbolik;

- matematis;
- kontekstual.

Ketujuh, keberhasilan perubahan konsep dinilai melalui alasan, transfer, dan retensi, bukan hanya peningkatan skor sesaat.

1.10.55 Transisi menuju Karakteristik Pengetahuan Kimia

Bab ini telah membahas konsep, konsepsi peserta didik, pengertian miskonsepsi, karakteristiknya, prakonsepsi, konsepsi alternatif, tingkat keyakinan, dimensi individual dan kolektif, dampak terhadap pembelajaran lanjutan, serta pentingnya diagnosis dan remediasi.

Seluruh pembahasan tersebut menunjukkan bahwa miskonsepsi kimia tidak dapat dipahami hanya sebagai masalah kurang belajar. Kemunculannya berkaitan erat dengan karakter pengetahuan kimia itu sendiri.

Kimia memiliki sejumlah karakteristik yang membuat pembelajarannya rentan terhadap miskonsepsi:

- objek kajiannya banyak yang tidak dapat diamati langsung;
- penjelasan bergerak antara tingkat makroskopik dan submikroskopik;
- bahasa simboliknya padat;
- model digunakan secara luas;
- sifat zat sering bersifat emergen;
- konsepnya berjenjang dan saling bergantung;
- matematika digunakan untuk merepresentasikan hubungan;
- istilah ilmiah sering beririsan dengan bahasa sehari-hari;
- bukti eksperimen harus ditafsirkan melalui teori.

Karakteristik tersebut akan menjadi fokus bab berikutnya. Pembahasan akan menelusuri mengapa kimia secara epistemologis, representasional, linguistik, matematis, dan pedagogis mempunyai kerentanan khusus terhadap pembentukan miskonsepsi.

Daftar Pustaka Bab 1

Barke, H.-D., Hazari, A., & Yitbarek, S. (2009). *Misconceptions in chemistry: Addressing perceptions in chemical education*. Springer. doi: 10.1007/978-3-540-70989-3.

Brandriet, A. R., & Bretz, S. L. (2014). Measuring meta-ignorance through the lens of confidence: Examining students' redox misconceptions about oxidation numbers, charge, and electron transfer. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 729–746. doi: 10.1039/C4RP00129J.

Chi, M. T. H. (2005). Commonsense conceptions of emergent processes: Why some misconceptions are robust. *The Journal of the Learning Sciences*, 14(2), 161–199. doi: 10.1207/s15327809jls1402_1.

Chi, M. T. H., Slotta, J. D., & de Leeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4(1), 27–43. doi: 10.1016/0959-4752(94)90017-5.

Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Scott, P., & Mortimer, E. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5–12. doi: 10.3102/0013189X023007005.

Driver, R., & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5(1), 61–84. doi: 10.1080/03057267808559857.

Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671–688. doi: 10.1080/09500690305016.

Easa, E., & Blonder, R. (2024). Fostering inclusive learning: Customized kits in chemistry education and their influence on self-efficacy, attitudes and achievements. *Chemistry Education Research and Practice*, 25(4), 1175–1196. doi: 10.1039/D4RP00144C.

Gabel, D. L., Samuel, K. V., & Hunn, D. (1987). Understanding the particulate nature of matter. *Journal of Chemical Education*, 64(8), 695–697. doi: 10.1021/ed064p695.

Goodwin, A. (2002). Teachers' continuing learning of chemistry: Some implications for science teaching. *Chemistry Education Research and Practice*, 3(3), 345–359. doi: 10.1039/B2RP90026B.

Hasan, S., Bagayoko, D., & Kelley, E. L. (1999). Misconceptions and the certainty of response index (CRI). *Physics Education*, 34(5), 294–299. doi: 10.1088/0031-9120/34/5/304.

Hewson, M. G., & Hewson, P. W. (1983). Effect of instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(8), 731–743. doi: 10.1002/tea.3660200804.

Hoe, K. Y., & Subramaniam, R. (2016). On the prevalence of alternative conceptions on acid–base chemistry among secondary students: Insights from cognitive and confidence measures. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(2), 263–282. doi: 10.1039/C5RP00146C.

Johnson, P. (2000). Developing students' understanding of chemical change: What should we be teaching? *Chemistry Education Research and Practice*, 1(1), 77–90. doi: 10.1039/A9RP90008J.

Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry—Logical or psychological? *Chemistry Education Research and Practice*, 1(1), 9–15. doi: 10.1039/A9RP90001B.

Johnstone, A. H., & Selepeng, D. (2001). A language problem revisited. *Chemistry Education Research and Practice*, 2(1), 19–29. doi: 10.1039/B0RP90028A.

Kararo, A. T., Colvin, R. A., Cooper, M. M., & Underwood, S. M. (2019). Predictions and constructing explanations: An investigation into introductory chemistry students' understanding of structure–property relationships. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(2), 316–328. doi: 10.1039/C8RP00195B.

Koriat, A. (1997). Monitoring one's own knowledge during study: A cue-utilization approach to judgments of learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 126(4), 349–370. doi: 10.1037/0096-3445.126.4.349.

Mathabathe, K. C., & Potgieter, M. (2014). Metacognitive monitoring and learning gain in foundation chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(1), 94–104. doi: 10.1039/C3RP00119A.

Mavridi, M., Salta, K., & Koulougliotis, D. (2026). Students' thinking about chemical analysis: An investigation within the conceptual profile theoretical framework. *Chemistry Education Research and Practice*, 27, 1000–1023. doi: 10.1039/D5RP00441A.

Mortimer, E. F. (1995). Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, 4(3), 267–285. doi: 10.1007/BF00486624.

Mulford, D. R., & Robinson, W. R. (2002). An inventory for alternate conceptions among first-semester general chemistry students. *Journal of Chemical Education*, 79(6), 739–744. doi: 10.1021/ed079p739.

Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 191–196. doi: 10.1021/ed069p191.

Nelsen, I., Riordan, A., & Lewis, S. E. (2026). Organic chemistry students' resource selection across the submicroscopic and macroscopic domains. *Chemistry Education Research and Practice*. Advance online publication. doi: 10.1039/D5RP00439J.

Pedrosa, M. A., & Dias, M. H. (2000). Chemistry textbook approaches to chemical equilibrium and student alternative conceptions. *Chemistry Education Research and Practice*, 1(2), 227–236. doi: 10.1039/A9RP90024A.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227. doi: 10.1002/sce.3730660207.

Rosenthal, D. P., & Sanger, M. J. (2012). Student misinterpretations and misconceptions based on their explanations of two computer animations of varying complexity depicting the same oxidation–reduction reaction. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(4), 471–483. doi: 10.1039/C2RP20048A.

Sevian, H., & Talanquer, V. (2014). Rethinking chemistry: A learning progression on chemical thinking. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(1), 10–23. doi: 10.1039/C3RP00111C.

Smith, J. P., III, diSessa, A. A., & Roschelle, J. (1994). Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition. *The Journal of the Learning Sciences*, 3(2), 115–163. doi: 10.1207/s15327809jls0302_1.

Taber, K. S. (2001a). Building the structural concepts of chemistry: Some considerations from educational research. *Chemistry Education Research and Practice*, 2(2), 123–158. doi: 10.1039/B1RP90014E.

Taber, K. S. (2001b). Constructing chemical concepts in the classroom? Using research to inform practice. *Chemistry Education Research and Practice*, 2(1), 43–51. doi: 10.1039/B0RP90029J.

Taber, K. S. (2002a). *Chemical misconceptions: Prevention, diagnosis and cure: Volume I—Theoretical background*. Royal Society of Chemistry.

Taber, K. S. (2002b). *Chemical misconceptions: Prevention, diagnosis and cure: Volume II—Classroom resources*. Royal Society of Chemistry.

Talanquer, V. (2006). Commonsense chemistry: A model for understanding students' alternative conceptions. *Journal of Chemical Education*, 83(5), 811–816. doi: 10.1021/ed083p811.

Talanquer, V. (2013). When atoms want. *Journal of Chemical Education*, 90(11), 1419–1424. doi: 10.1021/ed400311x.

Talanquer, V. (2015). Threshold concepts in chemistry: The critical role of implicit schemas. *Journal of Chemical Education*, 92(1), 3–9. doi: 10.1021/ed500679k.

Talanquer, V. (2026). The importance of fostering conceptual reframing in chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 27(2), 693–700. doi: 10.1039/D5RP00421G.

Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10(2), 159–169. doi: 10.1080/0950069880100204.

Tümay, H. (2016). Reconsidering learning difficulties and misconceptions in chemistry: Emergence in chemistry and its implications for chemical education. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(2), 229–245. doi: 10.1039/C6RP00008H.

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45–69. doi: 10.1016/0959-4752(94)90018-3.

Wren, D., & Barbera, J. (2014). Psychometric analysis of the thermochemistry concept inventory. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(3), 380–390. doi: 10.1039/C3RP00170A.

Yan, Y. K., & Subramaniam, R. (2018). Using a multi-tier diagnostic test to explore the nature of students' alternative conceptions on reaction kinetics. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(1), 213–226. doi: 10.1039/C7RP00143F.

BAB 2

KARAKTERISTIK PENGETAHUAN KIMIA DAN KERENTANANNYA TERHADAP MISKONSEPSI

Pengantar Bab

Kimia mempelajari materi, struktur, komposisi, sifat, energi, dan transformasinya. Akan tetapi, pengetahuan kimia tidak dibangun hanya dari apa yang dapat dilihat secara langsung. Warna larutan, terbentuknya endapan, perubahan suhu, nyala, bau, massa, tekanan, dan data instrumen merupakan gejala makroskopik yang harus ditafsirkan melalui gagasan tentang atom, molekul, ion, elektron, ikatan, distribusi energi, serta interaksi antarpartikel. Karena penjelasan bergerak di antara dunia yang tampak dan entitas yang tidak teramati, kimia menuntut koordinasi penalaran yang kompleks.

Kompleksitas tersebut bertambah karena kimia menggunakan bahasa simbolik dan matematis yang sangat padat. Lambang unsur, rumus kimia, persamaan reaksi, diagram partikel, struktur Lewis, grafik, persamaan termodinamika, dan perhitungan stoikiometri tidak sekadar menyingkat kata. Setiap representasi memiliki aturan, fungsi, asumsi, dan keterbatasan. Peserta didik dapat mengoperasikan simbol secara benar tetapi gagal menghubungkannya dengan fenomena atau model partikel yang direpresentasikan.

Karakter pengetahuan kimia juga bersifat hierarkis. Pemahaman mengenai kesetimbangan, asam-basa, elektrokimia, kinetika, dan kimia organik bergantung pada penguasaan konsep dasar tentang materi, partikel, jumlah zat, struktur atom, ikatan, energi, dan perubahan. Kesalahan pada konsep prasyarat dapat menyebar ke banyak topik dan membentuk jaringan miskonsepsi yang sukar diperbaiki. Dengan demikian, kerentanan terhadap miskonsepsi bukan hanya berasal dari kurangnya perhatian peserta didik, tetapi juga dari tuntutan epistemologis dan representasional disiplin kimia itu sendiri.

Bab ini menguraikan karakteristik tersebut secara sistematis. Pembahasan dimulai dari kimia sebagai ilmu tentang materi dan transformasinya, kemudian beralih pada sifat abstrak konsep, hubungan makroskopik-submikroskopik, representasi simbolik dan matematis, triplet representasi kimia, hubungan struktur-sifat-perubahan, bahasa ilmiah, kedudukan persamaan kimia dan model, bahaya reduksi materi menjadi hafalan, beban kognitif, struktur hierarkis konsep, kesulitan berpindah antartingkat representasi, serta implikasinya bagi desain pembelajaran. Tujuannya adalah menjelaskan mengapa miskonsepsi mudah terbentuk sekaligus menunjukkan prinsip untuk mencegahnya.

2.1 Kimia sebagai Ilmu tentang Materi dan Transformasinya

Objek kajian kimia mencakup materi dalam berbagai skala, keadaan, dan tingkat organisasi. Kimia tidak berhenti pada identifikasi zat, tetapi menelaah bagaimana komposisi dan struktur menghasilkan sifat, bagaimana kondisi memengaruhi perilaku sistem, serta bagaimana materi berubah melalui penataan ulang partikel dan pertukaran energi.

Cara pandang ini membedakan pengetahuan kimia dari katalog fakta. Suatu data baru memperoleh makna ketika ditempatkan dalam sistem penjelasan yang menghubungkan materi, struktur, energi, dan transformasi. Kegagalan menghubungkan komponen tersebut mudah menghasilkan pemahaman yang parsial.

Subbab ini memperluas pembahasan mengenai materi, sistem, komposisi, struktur, energi, dan transformasi dengan menempatkan setiap gagasan sebagai bagian dari sistem penjelasan kimia. Uraian tidak hanya menjawab apa yang dimaksud oleh istilah tertentu, tetapi juga mengapa konsep tersebut diperlukan, bagaimana konsep dibangun dari bukti, bagaimana ia direpresentasikan, dan dalam kondisi apa penggunaannya memiliki keterbatasan. Perspektif ini penting karena miskonsepsi sering muncul bukan akibat ketiadaan informasi, melainkan akibat hubungan yang tidak tepat antara pengamatan, model partikel, simbol, bahasa, dan prosedur kuantitatif.

Pengembangan pada subbab ini diarahkan untuk menunjukkan bahwa materi, sistem, komposisi, struktur, energi, dan transformasi memiliki konsekuensi langsung terhadap cara peserta didik belajar dan cara guru merancang pembelajaran. Setiap bagian akan menghubungkan landasan disipliner dengan potensi kesalahan konseptual, bentuk diagnosis yang relevan, serta strategi pedagogis yang memungkinkan peserta didik menguji dan merevisi gagasannya. Dengan demikian, karakteristik pengetahuan kimia dipahami sekaligus sebagai kekuatan penjelas ilmu dan sebagai sumber tuntutan kognitif yang perlu dikelola secara sadar.

2.1.1 Ruang Lingkup Materi dalam Kimia

Materi dalam kimia dipahami sebagai segala sesuatu yang memiliki massa dan menempati ruang, tetapi kajiannya meliputi lebih dari definisi tersebut. Kimia menelaah komposisi, struktur internal, distribusi partikel, keadaan agregasi, serta interaksi materi dengan lingkungan. Satu sampel dapat dikaji sebagai zat makroskopik, kumpulan partikel, dan sistem energi pada saat yang sama.

Air di dalam gelas dapat dideskripsikan melalui volume, massa, suhu, dan kejernihan. Pada tingkat partikulat, sistem dipahami sebagai molekul H_2O yang bergerak dan berinteraksi. Pada tingkat molekuler yang lebih rinci, bentuk bengkok, polaritas ikatan, dan jejaring ikatan hidrogen membantu menjelaskan sifat pelarut dan titik didihnya.

Peserta didik sering menyamakan materi dengan benda padat yang dapat disentuh. Gas dianggap bukan materi karena tidak terlihat, sedangkan panas kadang diperlakukan sebagai

zat yang mengalir. Kesalahan kategorisasi ini menghambat pemahaman tentang massa gas, tekanan, kalor, dan perubahan energi.

Pembelajaran perlu menampilkan ragam materi - padat, cair, gas, larutan, koloid, dan material berpori - serta meminta peserta didik menggunakan bukti untuk menentukan batas konsep. Definisi harus dihubungkan dengan pengukuran dan model, bukan hanya dihafalkan.

Pendalaman Konseptual

ruang lingkup materi dalam kimia perlu ditempatkan dalam kerangka materi, sistem, komposisi, struktur, energi, dan transformasi. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan ruang lingkup materi dalam kimia juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi, dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional memiliki fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui pembakaran metana dan air dalam wadah tertutup. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam ruang lingkup materi dalam kimia berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti materi dianggap hanya benda padat, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa energi diperlakukan sebagai zat. Kedua pola perlu dipahami

sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran ruang lingkup materi dalam kimia akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk menetapkan batas sistem, membedakan pengamatan dan inferensi, serta menelusuri apa yang tetap dan berubah, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang ruang lingkup materi dalam kimia bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup materi, sistem, kekekalan, energi, dan transformasi. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna ruang lingkup materi dalam kimia tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui kalorimetri, pelarutan, pembakaran, dan perubahan fase membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan ruang lingkup materi dalam kimia sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh

melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk ruang lingkup materi dalam kimia perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk menetapkan batas sistem dan menelusuri materi serta energi, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.1.2 Sistem, Lingkungan, dan Batas Kajian

Penjelasan kimia selalu bergantung pada penetapan sistem, lingkungan, dan batas. Sistem adalah bagian alam yang dipilih untuk dianalisis, sedangkan lingkungan mencakup segala sesuatu di luar batas tersebut. Batas dapat nyata atau konseptual, terbuka atau tertutup terhadap pertukaran materi dan energi.

Dalam kalorimetri, larutan reaksi dapat dipilih sebagai sistem, sedangkan kalorimeter dan udara sebagai lingkungan. Pada sel elektrokimia, pilihan batas menentukan apakah aliran elektron, perpindahan ion, dan kerja listrik dihitung sebagai bagian dari sistem atau interaksi dengan lingkungan.

Tanpa batas yang jelas, peserta didik dapat menganggap massa selalu berkurang ketika gas keluar dari wadah terbuka atau menyimpulkan bahwa energi 'hilang' karena tidak lagi terdeteksi pada objek yang diamati. Padahal, materi atau energi mungkin berpindah melintasi batas.

Guru perlu membiasakan pertanyaan: apa sistemnya, apa lingkungannya, apa yang dapat melintasi batas, dan besaran apa yang dipantau. Kebiasaan ini memperkuat penalaran konservasi serta mencegah kesimpulan yang didasarkan pada pengamatan lokal.

Pendalaman Konseptual

sistem, lingkungan, dan batas kajian perlu ditempatkan dalam kerangka materi, sistem, komposisi, struktur, energi, dan transformasi. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-

akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, sistem, lingkungan, dan batas kajian harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Untuk memperjelas sistem, lingkungan, dan batas kajian, pembelajaran dapat menggunakan perbandingan antara pelarutan natrium klorida dan perubahan fase air. Perbandingan tidak dimaksudkan sebagai ilustrasi tambahan semata, tetapi sebagai sarana menguji batas konsep. Peserta didik perlu menentukan persamaan dan perbedaan kedua sistem, memilih bukti yang relevan, serta menjelaskan proses pada skala partikel. Selanjutnya, mereka dapat menerjemahkan penjelasan itu ke dalam persamaan, grafik, atau model lain. Rangkaian aktivitas tersebut membantu mengungkap apakah jawaban didasarkan pada hubungan konseptual atau hanya pada pola kata dan prosedur yang telah dihafal.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam sistem, lingkungan, dan batas kajian berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti energi diperlakukan sebagai zat, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa massa dianggap hilang ketika gas keluar. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, sistem, lingkungan, dan batas kajian memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap

mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan menetapkan batas sistem, membedakan pengamatan dan inferensi, serta menelusuri apa yang tetap dan berubah pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, sistem, lingkungan, dan batas kajian memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan materi, sistem, kekekalan, energi, dan transformasi. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna sistem, lingkungan, dan batas kajian tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui kalorimetri, pelarutan, pembakaran, dan perubahan fase membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman sistem, lingkungan, dan batas kajian harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran sistem, lingkungan, dan batas kajian dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari kalorimetri, pelarutan, pembakaran, dan perubahan fase digunakan untuk menguji prediksi.

Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan menetapkan batas sistem dan menelusuri materi serta energi, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.1.3 Komposisi, Struktur, Sifat, dan Energi

Pengetahuan kimia dibangun melalui hubungan antara komposisi, struktur, sifat, dan energi. Komposisi menjelaskan jenis serta perbandingan penyusun; struktur menjelaskan susunan dan hubungan antarpenyusun; sifat menunjukkan respons sistem pada kondisi tertentu; energi membantu menjelaskan kestabilan dan kemungkinan perubahan.

Karbon dan grafit tersusun dari unsur yang sama, tetapi struktur tiga dimensinya berbeda sehingga kekerasan, konduktivitas, dan penampilannya berbeda. Etanol dan dimetil eter memiliki rumus molekul sama, tetapi konektivitas atom berbeda dan menghasilkan sifat fisik serta reaktivitas yang berbeda.

Miskonsepsi muncul ketika sifat zat dianggap hanya ditentukan oleh 'jenis atom' tanpa memperhatikan susunan dan interaksi. Peserta didik juga dapat menganggap energi sebagai bahan tambahan yang tersimpan secara harfiah di dalam ikatan.

Desain pembelajaran perlu menggunakan perbandingan terkontrol: komposisi sama-struktur berbeda, struktur serupa-gugus fungsi berbeda, atau kondisi sama-interaksi berbeda. Perbandingan membantu peserta didik melihat hubungan kausal, bukan sekadar mengingat daftar sifat.

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai komposisi, struktur, sifat, dan energi menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari materi, sistem, komposisi, struktur, energi, dan transformasi. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindarkan pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, komposisi, struktur, sifat, dan energi menuntut pembedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus perubahan fase air dapat dipasangkan dengan air dalam wadah tertutup untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebut hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan menetapkan batas sistem, membedakan pengamatan dan inferensi, serta menelusuri apa yang tetap dan berubah, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada komposisi, struktur, sifat, dan energi muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain materi dianggap hanya benda padat dan energi diperlakukan sebagai zat. Kesalahan tersebut tidak selalu terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, komposisi, struktur, sifat, dan energi memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan menetapkan batas sistem, membedakan pengamatan dan inferensi, serta menelusuri apa yang tetap dan berubah pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, komposisi, struktur, sifat, dan energi memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan materi, sistem, kekekalan, energi, dan transformasi. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna komposisi, struktur, sifat, dan energi tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui kalorimetri, pelarutan, pembakaran, dan perubahan fase membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan komposisi, struktur, sifat, dan energi sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran komposisi, struktur, sifat, dan energi dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari kalorimetri, pelarutan, pembakaran, dan perubahan fase digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan menetapkan batas sistem dan menelusuri materi serta energi, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.1.4 Identitas Zat dan Makna Transformasi

Transformasi kimia melibatkan perubahan identitas zat melalui penataan ulang atom dan perubahan distribusi elektron. Transformasi fisika dapat mengubah bentuk, keadaan, ukuran, atau penyebaran tanpa menghasilkan identitas kimia baru. Pembedaan ini memerlukan analisis komposisi dan struktur, bukan hanya gejala permukaan.

Es mencair dan etanol menguap mempertahankan identitas molekul, sedangkan pembakaran metana menghasilkan CO_2 dan H_2O melalui penataan ulang atom. Pelarutan NaCl mempertahankan unsur dan jumlah atom, tetapi unit kisi terpisah menjadi ion terhidrasi sehingga deskripsinya memerlukan kehati-hatian.

Peserta didik sering menggunakan kriteria 'dapat kembali', perubahan warna, atau munculnya panas sebagai penentu tunggal. Kriteria tersebut tidak selalu valid: perubahan fisika dapat sulit dibalik, dan perubahan kimia dapat tidak menunjukkan gejala mencolok.

Kegiatan klasifikasi sebaiknya meminta alasan pada tingkat partikel dan bukti tentang identitas zat. Guru perlu menekankan bahwa pengamatan adalah petunjuk, sedangkan keputusan ilmiah memerlukan interpretasi berdasarkan komposisi dan struktur.

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai identitas zat dan makna transformasi menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari materi, sistem, komposisi, struktur, energi, dan transformasi. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindari pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, identitas zat dan makna transformasi harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Untuk memperjelas identitas zat dan makna transformasi, pembelajaran dapat menggunakan perbandingan antara reaksi logam dengan asam dan air dalam wadah tertutup. Perbandingan tidak dimaksudkan sebagai ilustrasi tambahan semata, tetapi sebagai sarana menguji batas konsep. Peserta didik perlu menentukan persamaan dan perbedaan kedua sistem, memilih bukti yang relevan, serta menjelaskan proses pada skala partikel. Selanjutnya, mereka dapat menerjemahkan penjelasan itu ke dalam persamaan, grafik, atau model lain. Rangkaian aktivitas tersebut membantu mengungkap apakah jawaban didasarkan pada hubungan konseptual atau hanya pada pola kata dan prosedur yang telah dihafal.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada identitas zat dan makna transformasi muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain perubahan kimia ditentukan hanya

dari gejala permukaan dan energi diperlakukan sebagai zat. Kesalahan tersebut tidak selalu terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, identitas zat dan makna transformasi memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan menetapkan batas sistem, membedakan pengamatan dan inferensi, serta menelusuri apa yang tetap dan berubah pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, identitas zat dan makna transformasi memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan materi, sistem, kekekalan, energi, dan transformasi. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari identitas zat dan makna transformasi. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari kalorimetri, pelarutan, pembakaran, dan perubahan fase dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan identitas zat dan makna transformasi sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa

jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran identitas zat dan makna transformasi dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari kalorimetri, pelarutan, pembakaran, dan perubahan fase digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan menetapkan batas sistem dan menelusuri materi serta energi, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.1.5 Kekekalan dan Penataan Ulang

Transformasi kimia tunduk pada prinsip kekekalan massa, muatan, atom unsur, dan energi dalam batas sistem yang ditetapkan. Atom tidak diciptakan atau dimusnahkan dalam reaksi kimia biasa; yang berubah adalah pasangan, susunan, keadaan oksidasi, dan distribusi energi.

Persamaan $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ menunjukkan bahwa empat atom H dan dua atom O sebelum reaksi tetap terdapat setelah reaksi. Pada reaksi redoks, muatan total dan jumlah elektron yang dilepas harus setara dengan jumlah elektron yang diterima.

Penggunaan istilah 'zat habis' dapat ditafsirkan sebagai materi lenyap. Koefisien persamaan juga kerap dianggap mengubah ukuran molekul, bukan jumlah relatif entitas. Kesalahan ini berasal dari kegagalan membedakan partikel, jumlah partikel, dan zat makroskopik.

Guru perlu menghubungkan penimbangan, diagram partikel, dan persamaan setara dalam satu rangkaian bukti. Peserta didik harus menunjukkan apa yang tetap dan apa yang berubah pada setiap representasi.

Pendalaman Konseptual

kekekalan dan penataan ulang perlu ditempatkan dalam kerangka materi, sistem, komposisi, struktur, energi, dan transformasi. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini,

istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, kekekalan dan penataan ulang harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui reaksi logam dengan asam dan pembakaran metana. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian kekekalan dan penataan ulang, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa massa dianggap hilang ketika gas keluar atau materi dianggap hanya benda padat. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran kekekalan dan penataan ulang akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk menetapkan batas sistem,

membedakan pengamatan dan inferensi, serta menelusuri apa yang tetap dan berubah, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, kekekalan dan penataan ulang memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan materi, sistem, kekekalan, energi, dan transformasi. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna kekekalan dan penataan ulang tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui kalorimetri, pelarutan, pembakaran, dan perubahan fase membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan kekekalan dan penataan ulang sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk kekekalan dan penataan ulang perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk menetapkan batas sistem dan menelusuri materi serta energi, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti.

Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.1.6 Pengamatan, Data, dan Inferensi Kimia

Kimia mengandalkan pengamatan, tetapi penjelasan kimia selalu mengandung inferensi. Spektrum, kurva titrasi, perubahan tekanan, dan citra instrumen tidak secara langsung memperlihatkan atom atau ikatan; data tersebut ditafsirkan melalui teori, model, dan asumsi pengukuran.

Puncak pada spektrum inframerah dapat mendukung keberadaan mode vibrasi tertentu, tetapi tidak identik dengan foto ikatan. Endapan putih menunjukkan terbentuknya fase padat, tetapi identitas dan mekanisme pembentukannya memerlukan data tambahan serta pengetahuan tentang kelarutan.

Peserta didik dapat menganggap apa yang digambarkan model sama dengan apa yang 'terlihat' oleh ilmuwan. Sebaliknya, mereka dapat memandang model sebagai tebakan bebas yang tidak terikat bukti. Kedua pandangan merusak pemahaman tentang cara pengetahuan kimia dibangun.

Pembelajaran perlu membedakan secara eksplisit kalimat pengamatan, interpretasi, dan kesimpulan. Peserta didik dapat diminta menandai mana data, mana inferensi, bukti apa yang mendukungnya, dan alternatif apa yang masih mungkin.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, pengamatan, data, dan inferensi kimia bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan materi, sistem, komposisi, struktur, energi, dan transformasi. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, pengamatan, data, dan inferensi kimia harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui pelarutan natrium klorida dan perubahan fase air. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam pengamatan, data, dan inferensi kimia berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti perubahan kimia ditentukan hanya dari gejala permukaan, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa materi dianggap hanya benda padat. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran pengamatan, data, dan inferensi kimia akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk menetapkan batas sistem, membedakan pengamatan dan inferensi, serta menelusuri apa yang tetap dan berubah, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, pengamatan, data, dan inferensi kimia memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan materi, sistem, kekekalan, energi, dan transformasi. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari pengamatan, data, dan inferensi kimia. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari kalorimetri, pelarutan, pembakaran, dan perubahan fase dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan pengamatan, data, dan inferensi kimia sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk pengamatan, data, dan inferensi kimia perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk menetapkan batas sistem dan menelusuri materi serta energi, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.1.7 Sintesis: Materi dan Transformasi sebagai Jaringan Penjelasan

Kimia sebagai ilmu tentang materi dan transformasinya mengintegrasikan objek, batas sistem, komposisi, struktur, sifat, energi, pengukuran, serta prinsip kekekalan. Tidak satu pun komponen berdiri sendiri. Sebuah reaksi tidak cukup dijelaskan dengan menyebut produk; penjelasan harus menghubungkan perubahan partikel, kondisi, energi, dan bukti.

Kerangka ini menunjukkan mengapa miskonsepsi mudah tumbuh ketika pembelajaran memisahkan fakta dari model atau prosedur dari makna. Peserta didik dapat mengingat nama zat dan rumus, tetapi gagal memahami apa yang berubah dan mengapa perubahan terjadi.

Miskonsepsi pada tingkat ini bersifat akar karena memengaruhi hampir seluruh topik: stoikiometri, termokimia, kinetika, kesetimbangan, asam-basa, elektrokimia, dan kimia organik. Kesalahan tentang materi atau kekekalan dapat terus muncul dalam bentuk berbeda.

Implikasinya, setiap topik perlu kembali pada empat pertanyaan: apa sistemnya, apa penyusunnya, bagaimana susunannya, dan apa yang berubah. Pertanyaan tersebut menjadi jangkar konseptual bagi bab ini.

Dimensi Kajian	Pertanyaan Kunci	Contoh Bukti
Komposisi	Zat atau partikel apa yang terdapat dalam sistem?	Analisis massa, kromatogram, spektrum
Struktur	Bagaimana penyusun diatur dan berinteraksi?	Model molekul, difraksi, diagram elektron
Sifat	Bagaimana sistem merespons kondisi tertentu?	Titik didih, kelarutan, konduktivitas
Transformasi	Apa yang berubah dan apa yang tetap?	Persamaan setara, data waktu, produk reaksi
Energi	Bagaimana energi dipertukarkan atau didistribusikan?	Kalorimetri, potensial sel, kurva energi

Pendalaman Konseptual

sintesis: materi dan transformasi sebagai jaringan penjelasan perlu ditempatkan dalam kerangka materi, sistem, komposisi, struktur, energi, dan transformasi. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, sintesis: materi dan transformasi sebagai jaringan penjelasan harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain.

Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Untuk memperjelas sintesis: materi dan transformasi sebagai jaringan penjelasan, pembelajaran dapat menggunakan perbandingan antara perubahan fase air dan air dalam wadah tertutup. Perbandingan tidak dimaksudkan sebagai ilustrasi tambahan semata, tetapi sebagai sarana menguji batas konsep. Peserta didik perlu menentukan persamaan dan perbedaan kedua sistem, memilih bukti yang relevan, serta menjelaskan proses pada skala partikel. Selanjutnya, mereka dapat menerjemahkan penjelasan itu ke dalam persamaan, grafik, atau model lain. Rangkaian aktivitas tersebut membantu mengungkap apakah jawaban didasarkan pada hubungan konseptual atau hanya pada pola kata dan prosedur yang telah dihafal.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam sintesis: materi dan transformasi sebagai jaringan penjelasan berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti massa dianggap hilang ketika gas keluar, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa materi dianggap hanya benda padat. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa sintesis: materi dan transformasi sebagai jaringan penjelasan perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk menetapkan batas sistem, membedakan pengamatan dan inferensi, serta menelusuri apa yang tetap dan berubah. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang sintesis: materi dan transformasi sebagai jaringan penjelasan bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup materi, sistem, kekekalan, energi, dan transformasi. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna

yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari sintesis: materi dan transformasi sebagai jaringan penjelasan. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari kalorimetri, pelarutan, pembakaran, dan perubahan fase dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman sintesis: materi dan transformasi sebagai jaringan penjelasan harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk sintesis: materi dan transformasi sebagai jaringan penjelasan perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk menetapkan batas sistem dan menelusuri materi serta energi, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.2 Sifat Abstrak Konsep Kimia

Banyak konsep kimia tidak memiliki padanan langsung dalam pengalaman inderawi. Atom, orbital, kerapatan elektron, energi aktivasi, entropi, dan kesetimbangan dinamis merupakan konstruksi yang digunakan untuk menjelaskan pola data. Peserta didik harus membangun representasi mental dari entitas, hubungan, dan proses yang tidak dapat diamati secara langsung.

Abstraksi tidak berarti konsep bersifat sewenang-wenang. Konsep ilmiah dibatasi oleh bukti, koherensi teori, dan daya prediksi. Namun, jarak antara pengalaman sehari-hari dan struktur penjelasan ilmiah membuka ruang bagi analogi literal, model mental yang tidak lengkap, serta pencampuran kategori.

Subbab ini memperluas pembahasan mengenai abstraksi, idealisasi, entitas tak teramati, dan sifat probabilistik konsep kimia dengan menempatkan setiap gagasan sebagai bagian dari sistem penjelasan kimia. Uraian tidak hanya menjawab apa yang dimaksud oleh istilah tertentu, tetapi juga mengapa konsep tersebut diperlukan, bagaimana konsep dibangun dari bukti, bagaimana ia direpresentasikan, dan dalam kondisi apa penggunaannya memiliki keterbatasan. Perspektif ini penting karena miskonsepsi sering muncul bukan akibat ketiadaan informasi, melainkan akibat hubungan yang tidak tepat antara pengamatan, model partikel, simbol, bahasa, dan prosedur kuantitatif.

Pengembangan pada subbab ini diarahkan untuk menunjukkan bahwa abstraksi, idealisasi, entitas tak teramati, dan sifat probabilistik konsep kimia memiliki konsekuensi langsung terhadap cara peserta didik belajar dan cara guru merancang pembelajaran. Setiap bagian akan menghubungkan landasan disipliner dengan potensi kesalahan konseptual, bentuk diagnosis yang relevan, serta strategi pedagogis yang memungkinkan peserta didik menguji dan merevisi gagasannya. Dengan demikian, karakteristik pengetahuan kimia dipahami sekaligus sebagai kekuatan penjelas ilmu dan sebagai sumber tuntutan kognitif yang perlu dikelola secara sadar.

2.2.1 Abstraksi sebagai Pemilihan Aspek Relevan

Abstraksi adalah proses menyeleksi aspek yang dianggap penting dan mengabaikan rincian yang tidak diperlukan untuk tujuan tertentu. Model gas ideal, misalnya, menekankan jumlah partikel, gerak acak, tumbukan, tekanan, volume, dan suhu sambil mengabaikan banyak rincian struktur molekul.

Ketika menghitung tekanan gas ideal, bentuk molekul nitrogen tidak selalu diperlukan. Sebaliknya, bentuk dan distribusi elektron menjadi penting ketika membahas gaya antarmolekul atau spektrum. Relevansi rincian bergantung pada pertanyaan yang diajukan.

Peserta didik dapat menganggap aspek yang diabaikan tidak ada secara nyata. Ruang antarpartikel dianggap benar-benar kosong dari medan atau interaksi, atau partikel gas dianggap tidak memiliki volume dalam semua kondisi.

Guru perlu menyatakan tujuan setiap abstraksi, aspek yang dipertahankan, aspek yang diabaikan, dan kondisi ketika penyederhanaan tidak lagi memadai. Dengan demikian, abstraksi dipahami sebagai alat, bukan salinan lengkap realitas.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, abstraksi sebagai pemilihan aspek relevan bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan abstraksi, idealisasi, entitas tak teramati, dan sifat probabilistik konsep kimia. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, abstraksi sebagai pemilihan aspek relevan menuntut perbedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui model gas ideal dan keadaan transisi. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam abstraksi sebagai pemilihan aspek relevan berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti orbital dipahami sebagai lintasan, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa partikel dianggap memiliki sifat makroskopik. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan

keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembanding, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa abstraksi sebagai pemilihan aspek relevan perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk menjelaskan fungsi model, asumsi, domain penerapan, dan keterbatasan representasi. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, abstraksi sebagai pemilihan aspek relevan memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan abstraksi, idealisasi, model, probabilitas, dan sifat emergen. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna abstraksi sebagai pemilihan aspek relevan tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui orbital, gas ideal, kesetimbangan dinamis, dan distribusi energi membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan abstraksi sebagai pemilihan aspek relevan sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan

pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran abstraksi sebagai pemilihan aspek relevan dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari orbital, gas ideal, kesetimbangan dinamis, dan distribusi energi digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan membedakan realitas, model, dan representasi, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.2.2 Entitas yang Tidak Dapat Diamati Langsung

Atom, molekul, ion, elektron, dan orbital tidak diamati di kelas seperti benda makroskopik. Keberadaannya disimpulkan dari beragam bukti yang konsisten, sedangkan citra instrumen tetap merupakan hasil interaksi sinyal, model, dan proses rekonstruksi.

Gambar awan elektron atau permukaan potensial elektrostatik menyajikan hasil perhitungan atau pemetaan besaran tertentu. Warna menunjukkan skala yang ditetapkan, bukan warna harfiah molekul. Model bola-dan-tongkat menonjolkan konektivitas dan geometri, tetapi mendistorsi ukuran serta jarak.

Ketika batas ini tidak dijelaskan, peserta didik dapat menganggap atom benar-benar berupa bola berwarna atau orbital sebagai lintasan tipis. Mereka juga dapat menolak konsep karena 'tidak pernah dilihat', tanpa memahami sifat inferensial ilmu.

Pembelajaran perlu menghubungkan model dengan bukti yang melandasinya dan menggunakan beberapa representasi untuk entitas yang sama. Perbandingan model membantu peserta didik membedakan objek, data, dan representasi.

Pendalaman Konseptual

entitas yang tidak dapat diamati langsung perlu ditempatkan dalam kerangka abstraksi, idealisasi, entitas tak teramati, dan sifat probabilistik konsep kimia. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, entitas yang tidak dapat diamati langsung menuntut perbedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Untuk memperjelas entitas yang tidak dapat diamati langsung, pembelajaran dapat menggunakan perbandingan antara model gas ideal dan orbital atom. Perbandingan tidak dimaksudkan sebagai ilustrasi tambahan semata, tetapi sebagai sarana menguji batas konsep. Peserta didik perlu menentukan persamaan dan perbedaan kedua sistem, memilih bukti yang relevan, serta menjelaskan proses pada skala partikel. Selanjutnya, mereka dapat menerjemahkan penjelasan itu ke dalam persamaan, grafik, atau model lain. Rangkaian aktivitas tersebut membantu mengungkap apakah jawaban didasarkan pada hubungan konseptual atau hanya pada pola kata dan prosedur yang telah dihafal.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian entitas yang tidak dapat diamati langsung, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa orbital dipahami sebagai lintasan atau proses dinamis dianggap berhenti. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran entitas yang tidak dapat diamati langsung akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk menjelaskan fungsi model, asumsi, domain penerapan, dan keterbatasan representasi, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, entitas yang tidak dapat diamati langsung memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan abstraksi, idealisasi, model, probabilitas, dan sifat emergen. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari entitas yang tidak dapat diamati langsung. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari orbital, gas ideal, kesetimbangan dinamis, dan distribusi energi dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan entitas yang tidak dapat diamati langsung sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran entitas yang tidak dapat diamati langsung dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari orbital, gas ideal, kesetimbangan dinamis, dan distribusi energi digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan membedakan realitas, model, dan representasi, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.2.3 Konstruksi Teoretis dan Sifat Probabilistik

Sebagian konsep kimia merupakan konstruksi teoretis yang berfungsi dalam sistem penjelasan. Orbital atom, resonansi, keadaan transisi, dan aktivitas kimia bukan benda sederhana yang dapat dipisahkan dari kerangka teori yang mendefinisikannya.

Orbital dalam mekanika kuantum berkaitan dengan fungsi matematis dan distribusi probabilitas. Resonansi tidak berarti molekul bergerak bolak-balik di antara beberapa gambar struktur Lewis; gambar-gambar itu merupakan kontribusi representasional terhadap satu struktur elektronik.

Bahasa gambar dapat mendorong reifikasi: konstruksi teoretis diperlakukan sebagai benda fisik. Panah resonansi dianggap sebagai reaksi, orbital dianggap wadah kaku, atau keadaan transisi dianggap zat antara yang dapat disimpan.

Guru perlu menggunakan bahasa epistemik yang tepat: model memperkirakan, representasi menunjukkan, data mendukung, dan teori menjelaskan. Kata-kata tersebut mencegah kepastian palsu serta membantu peserta didik memahami status konsep.

Pendalaman Konseptual

konstruksi teoretis dan sifat probabilistik perlu ditempatkan dalam kerangka abstraksi, idealisasi, entitas tak teramati, dan sifat probabilistik konsep kimia. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, konstruksi teoretis dan sifat probabilistik menuntut pembedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui orbital atom dan distribusi kerapatan elektron. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan

interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam konstruksi teoretis dan sifat probabilistik berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti partikel dianggap memiliki sifat makroskopik, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa model disamakan dengan objek nyata. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa konstruksi teoretis dan sifat probabilistik perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk menjelaskan fungsi model, asumsi, domain penerapan, dan keterbatasan representasi. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang konstruksi teoretis dan sifat probabilistik bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup abstraksi, idealisasi, model, probabilitas, dan sifat emergen. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna konstruksi teoretis dan sifat probabilistik tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui orbital, gas ideal, kesetimbangan dinamis, dan distribusi energi membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan konstruksi teoretis dan sifat probabilistik sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk konstruksi teoretis dan sifat probabilistik perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk membedakan realitas, model, dan representasi, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.2.4 Idealisasi dan Kondisi Batas

Kimia menggunakan sistem ideal untuk membangun hubungan yang dapat dianalisis. Gas ideal, larutan ideal, proses reversibel, dan keadaan standar membantu menyusun model kuantitatif, tetapi tidak selalu terwujud sempurna dalam eksperimen.

Hukum gas ideal bekerja baik pada tekanan rendah dan suhu cukup tinggi, ketika volume partikel serta gaya tarik relatif kurang penting. Penyimpangan meningkat pada kondisi yang memperkuat interaksi atau mendekati kondensasi.

Peserta didik dapat menganggap rumus selalu berlaku karena terdapat di buku, atau sebaliknya menyatakan teori salah ketika data tidak persis cocok. Keduanya menunjukkan ketidakpahaman terhadap asumsi dan domain penerapan.

Setiap persamaan perlu disertai daftar asumsi, makna variabel, satuan, dan indikator penyimpangan. Tugas perbandingan antara model ideal dan data nyata melatih penilaian batas model.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, idealisasi dan kondisi batas bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan abstraksi, idealisasi, entitas tak teramati, dan sifat probabilistik konsep kimia. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, idealisasi dan kondisi batas menuntut pembedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Untuk memperjelas idealisasi dan kondisi batas, pembelajaran dapat menggunakan perbandingan antara distribusi kerapatan elektron dan kesetimbangan dinamis. Perbandingan tidak dimaksudkan sebagai ilustrasi tambahan semata, tetapi sebagai sarana menguji batas konsep. Peserta didik perlu menentukan persamaan dan perbedaan kedua sistem, memilih bukti yang relevan, serta menjelaskan proses pada skala partikel. Selanjutnya, mereka dapat menerjemahkan penjelasan itu ke dalam persamaan, grafik, atau model lain. Rangkaian aktivitas tersebut membantu mengungkap apakah jawaban didasarkan pada hubungan konseptual atau hanya pada pola kata dan prosedur yang telah dihafal.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam idealisasi dan kondisi batas berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti proses dinamis dianggap berhenti, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa orbital dipahami sebagai lintasan. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi

dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa idealisasi dan kondisi batas perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk menjelaskan fungsi model, asumsi, domain penerapan, dan keterbatasan representasi. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang idealisasi dan kondisi batas bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup abstraksi, idealisasi, model, probabilitas, dan sifat emergen. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari idealisasi dan kondisi batas. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari orbital, gas ideal, kesetimbangan dinamis, dan distribusi energi dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman idealisasi dan kondisi batas harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis,

tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran idealisasi dan kondisi batas dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari orbital, gas ideal, kesetimbangan dinamis, dan distribusi energi digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan membedakan realitas, model, dan representasi, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.2.5 Proses Dinamis yang Tampak Statis

Sejumlah konsep abstrak menggambarkan proses yang terus berlangsung meskipun sifat makroskopik tampak tetap. Kesetimbangan kimia, kesetimbangan fase, pelarutan jenuh, dan distribusi molekul merupakan contoh proses dinamis pada tingkat partikel.

Dalam larutan jenuh, pelarutan dan kristalisasi dapat berlangsung dengan laju sama. Pada kesetimbangan $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$, reaksi maju dan balik tetap terjadi meskipun konsentrasi makroskopik konstan.

Kecenderungan intuitif adalah menyamakan tidak adanya perubahan yang terlihat dengan berhentinya proses. Peserta didik kemudian menyebut kesetimbangan sebagai keadaan diam atau membayangkan semua partikel memiliki energi yang sama.

Animasi, model stokastik, dan data pelabelan isotop dapat membantu, tetapi harus diikuti penjelasan bahwa gerak pada animasi adalah representasi. Pertanyaan 'apa yang tetap dan apa yang terus berubah' sangat penting.

Pendalaman Konseptual

proses dinamis yang tampak statis perlu ditempatkan dalam kerangka abstraksi, idealisasi, entitas tak teramati, dan sifat probabilistik konsep kimia. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan

pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, proses dinamis yang tampak statis harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui model gas ideal dan distribusi kerapatan elektron. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada proses dinamis yang tampak statis muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain model disamakan dengan objek nyata dan partikel dianggap memiliki sifat makroskopik. Kesalahan tersebut tidak selalu terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa proses dinamis yang tampak statis perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk menjelaskan fungsi model, asumsi, domain penerapan, dan keterbatasan representasi. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model

apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, proses dinamis yang tampak statis memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan abstraksi, idealisasi, model, probabilitas, dan sifat emergen. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna proses dinamis yang tampak statis tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui orbital, gas ideal, kesetimbangan dinamis, dan distribusi energi membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan proses dinamis yang tampak statis sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk proses dinamis yang tampak statis perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk membedakan realitas, model, dan representasi, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan

model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.2.6 Sifat Emergen dan Penjelasan Multiskala

Sifat makroskopik sering muncul dari pola kolektif banyak partikel, bukan sifat yang dimiliki satu partikel secara terpisah. Tekanan, suhu, viskositas, warna bahan, konduktivitas, dan titik didih merupakan sifat sistem yang bergantung pada populasi, distribusi, serta interaksi.

Satu molekul air tidak memiliki titik didih 100 °C. Titik didih muncul dari hubungan energi, tekanan uap, dan interaksi kolektif sejumlah besar molekul pada kondisi tertentu. Satu ion Na^+ juga tidak 'asin'; rasa muncul dari interaksi sistem biologis dengan kumpulan spesies.

Miskonsepsi muncul ketika sifat makroskopik dipindahkan langsung ke partikel: atom tembaga dianggap berwarna coklat, molekul panas dianggap membesar, atau partikel zat padat dianggap keras.

Guru perlu menggunakan bahasa populasi dan sistem. Tugas dapat meminta peserta didik menentukan sifat mana yang bermakna untuk satu partikel dan mana yang hanya bermakna untuk kumpulan partikel.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, sifat emergen dan penjelasan multiskala bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan abstraksi, idealisasi, entitas tak teramati, dan sifat probabilistik konsep kimia. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, sifat emergen dan penjelasan multiskala menuntut perbedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Untuk memperjelas sifat emergen dan penjelasan multiskala, pembelajaran dapat menggunakan perbandingan antara distribusi kerapatan elektron dan model gas ideal. Perbandingan tidak dimaksudkan sebagai ilustrasi tambahan semata, tetapi sebagai sarana menguji batas konsep. Peserta didik perlu menentukan persamaan dan perbedaan kedua sistem, memilih bukti yang relevan, serta menjelaskan proses pada skala partikel. Selanjutnya, mereka dapat menerjemahkan penjelasan itu ke dalam persamaan, grafik, atau model lain. Rangkaian aktivitas tersebut membantu mengungkap apakah jawaban didasarkan pada hubungan konseptual atau hanya pada pola kata dan prosedur yang telah dihafal.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian sifat emergen dan penjelasan multiskala, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa orbital dipahami sebagai lintasan atau proses dinamis dianggap berhenti. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran sifat emergen dan penjelasan multiskala akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk menjelaskan fungsi model, asumsi, domain penerapan, dan keterbatasan representasi, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, sifat emergen dan penjelasan multiskala memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan abstraksi, idealisasi, model, probabilitas, dan sifat emergen. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna sifat emergen dan penjelasan multiskala tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui orbital, gas ideal, kesetimbangan dinamis, dan distribusi energi membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan sifat emergen dan penjelasan multiskala sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk sifat emergen dan penjelasan multiskala perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk membedakan realitas, model, dan representasi, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.2.7 Model Mental dan Keterbatasan Imajinasi

Peserta didik membangun model mental untuk menjembatani konsep abstrak. Model mental dapat bersifat visual, verbal, matematis, atau campuran. Ia membantu penalaran, tetapi tidak selalu konsisten dan sering berubah menurut konteks.

Seorang peserta didik dapat menggambar gas sebagai partikel yang tersebar, tetapi ketika menjelaskan tekanan ia menempatkan partikel terutama di dasar wadah. Jawaban verbal dan gambar mengungkap model mental yang berbeda.

Model mental yang tidak diuji dapat bertahan karena menghasilkan jawaban benar pada soal terbatas. Ketika guru hanya meminta definisi, ketidakkonsistenan antara gambar, prediksi, dan penjelasan tidak terlihat.

Diagnosis perlu menggunakan beberapa bentuk tugas: menggambar, memprediksi, menjelaskan, memilih model, dan menerjemahkan representasi. Tujuannya bukan menilai kemampuan menggambar, melainkan menelusuri struktur penalaran.

Pendalaman Konseptual

model mental dan keterbatasan imajinasi perlu ditempatkan dalam kerangka abstraksi, idealisasi, entitas tak teramati, dan sifat probabilistik konsep kimia. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, model mental dan keterbatasan imajinasi harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus distribusi kerapatan elektron dapat dipasangkan dengan kesetimbangan dinamis untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebutkan hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan menjelaskan fungsi model, asumsi, domain penerapan, dan keterbatasan representasi, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada model mental dan keterbatasan imajinasi muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan

struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain model disamakan dengan objek nyata dan proses dinamis dianggap berhenti. Kesalahan tersebut tidak selalu terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran model mental dan keterbatasan imajinasi akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk menjelaskan fungsi model, asumsi, domain penerapan, dan keterbatasan representasi, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, model mental dan keterbatasan imajinasi memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan abstraksi, idealisasi, model, probabilitas, dan sifat emergen. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna model mental dan keterbatasan imajinasi tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui orbital, gas ideal, kesetimbangan dinamis, dan distribusi energi membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan model mental dan keterbatasan imajinasi sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran model mental dan keterbatasan imajinasi dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari orbital, gas ideal, kesetimbangan dinamis, dan distribusi energi digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan membedakan realitas, model, dan representasi, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.2.8 Sintesis: Abstraksi sebagai Sumber Kekuatan dan Risiko

Abstraksi memungkinkan kimia menjelaskan fenomena yang luas dengan sejumlah konsep dan model. Tanpa abstraksi, hubungan umum antara struktur, energi, dan perubahan sulit dibangun. Namun, abstraksi juga mengharuskan peserta didik membedakan realitas, data, model, dan simbol.

Kerentanan terhadap miskonsepsi meningkat ketika model diperlakukan sebagai benda, idealisasi dianggap hukum tanpa syarat, atau sifat kolektif dipindahkan ke partikel. Kesalahan tersebut bukan sekadar salah istilah, tetapi kesalahan ontologis mengenai jenis entitas dan proses.

Karena konsep abstrak tidak dapat diperbaiki hanya dengan menambah contoh makroskopik, pembelajaran memerlukan representasi yang terkoordinasi dan percakapan eksplisit tentang status model. Peserta didik harus mengetahui apa yang diketahui, bagaimana diketahui, dan batas penjelasannya.

Prinsip ini menjadi dasar untuk membahas jembatan antara dunia makroskopik dan submikroskopik pada subbab berikutnya.

Bentuk Abstraksi	Fungsi	Risiko Miskonsepsi
Model entitas	Mewakili atom, molekul, ion, atau orbital	Model dianggap salinan literal objek
Idealisasi	Memudahkan analisis dan prediksi	Asumsi dianggap berlaku universal
Besaran kolektif	Merangkum perilaku banyak partikel	Sifat sistem dipindahkan ke satu partikel
Proses probabilistik	Menjelaskan distribusi dan peluang	Peluang dianggap lintasan pasti
Simbolisasi	Memadatkan informasi konseptual	Manipulasi simbol terlepas dari makna

Pendalaman Konseptual

sintesis: abstraksi sebagai sumber kekuatan dan risiko perlu ditempatkan dalam kerangka abstraksi, idealisasi, entitas tak teramati, dan sifat probabilistik konsep kimia. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, sintesis: abstraksi sebagai sumber kekuatan dan risiko menuntut pembedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Untuk memperjelas sintesis: abstraksi sebagai sumber kekuatan dan risiko, pembelajaran dapat menggunakan perbandingan antara orbital atom dan distribusi kerapatan elektron. Perbandingan tidak dimaksudkan sebagai ilustrasi tambahan semata, tetapi sebagai sarana menguji batas konsep. Peserta didik perlu menentukan persamaan dan perbedaan kedua sistem, memilih bukti yang relevan, serta menjelaskan proses pada skala partikel. Selanjutnya, mereka dapat menerjemahkan penjelasan itu ke dalam persamaan, grafik, atau model lain. Rangkaian aktivitas tersebut membantu mengungkap apakah jawaban didasarkan pada hubungan konseptual atau hanya pada pola kata dan prosedur yang telah dihafal.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada sintesis: abstraksi sebagai sumber kekuatan dan risiko muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain orbital dipahami sebagai lintasan dan partikel dianggap memiliki sifat makroskopik. Kesalahan tersebut tidak selalu terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, sintesis: abstraksi sebagai sumber kekuatan dan risiko memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan menjelaskan fungsi model, asumsi, domain penerapan, dan keterbatasan representasi pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, sintesis: abstraksi sebagai sumber kekuatan dan risiko memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan abstraksi, idealisasi, model, probabilitas, dan sifat emergen. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa

yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna sintesis: abstraksi sebagai sumber kekuatan dan risiko tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui orbital, gas ideal, kesetimbangan dinamis, dan distribusi energi membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman sintesis: abstraksi sebagai sumber kekuatan dan risiko harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk sintesis: abstraksi sebagai sumber kekuatan dan risiko perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk membedakan realitas, model, dan representasi, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.3 Hubungan Dunia Makroskopik dan Submikroskopik

Fenomena kimia diamati pada skala makroskopik, tetapi penjelasannya sering menggunakan model submikroskopik. Hubungan ini merupakan jantung penalaran kimia: apa yang terlihat harus dijelaskan melalui susunan, gerak, tumbukan, interaksi, dan perubahan partikel yang tidak terlihat.

Kesulitan utama bukan hanya mengenal dua tingkat, melainkan menghubungkannya secara kausal tanpa mencampur sifat masing-masing. Peserta didik perlu memahami bahwa tingkat

submikroskopik adalah model penjelas bagi pola makroskopik, bukan dunia terpisah yang berdiri tanpa bukti.

Subbab ini memperluas pembahasan mengenai hubungan antara gejala makroskopik dan penjelasan submikroskopik dengan menempatkan setiap gagasan sebagai bagian dari sistem penjelasan kimia. Uraian tidak hanya menjawab apa yang dimaksud oleh istilah tertentu, tetapi juga mengapa konsep tersebut diperlukan, bagaimana konsep dibangun dari bukti, bagaimana ia direpresentasikan, dan dalam kondisi apa penggunaannya memiliki keterbatasan. Perspektif ini penting karena miskonsepsi sering muncul bukan akibat ketiadaan informasi, melainkan akibat hubungan yang tidak tepat antara pengamatan, model partikel, simbol, bahasa, dan prosedur kuantitatif.

Pengembangan pada subbab ini diarahkan untuk menunjukkan bahwa hubungan antara gejala makroskopik dan penjelasan submikroskopik memiliki konsekuensi langsung terhadap cara peserta didik belajar dan cara guru merancang pembelajaran. Setiap bagian akan menghubungkan landasan disipliner dengan potensi kesalahan konseptual, bentuk diagnosis yang relevan, serta strategi pedagogis yang memungkinkan peserta didik menguji dan merevisi gagasannya. Dengan demikian, karakteristik pengetahuan kimia dipahami sekaligus sebagai kekuatan penjelas ilmu dan sebagai sumber tuntutan kognitif yang perlu dikelola secara sadar.

2.3.1 Dunia Makroskopik sebagai Ranah Pengamatan

Tingkat makroskopik mencakup objek dan gejala yang dapat diamati atau diukur secara langsung melalui indera dan instrumen: warna, fase, massa, suhu, tekanan, volume, konduktivitas, laju perubahan, serta komposisi yang ditentukan secara analitik.

Ketika magnesium bereaksi dengan asam, peserta didik dapat mengamati gelembung, berkurangnya pita logam, dan perubahan suhu. Ketika larutan dicampur, mereka dapat melihat endapan atau perubahan warna.

Pengamatan mudah berubah menjadi kesimpulan yang terlalu cepat. Gelembung selalu dianggap udara, hilangnya padatan dianggap materi lenyap, atau perubahan suhu dianggap bukti tunggal reaksi kimia.

Guru perlu memisahkan deskripsi dari interpretasi. Catatan observasi harus menggunakan besaran atau gejala, sedangkan identitas partikel dan mekanisme ditempatkan sebagai inferensi yang memerlukan dukungan.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, dunia makroskopik sebagai ranah pengamatan bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan hubungan antara gejala makroskopik dan penjelasan submikroskopik. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan,

membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan dunia makroskopik sebagai ranah pengamatan juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi, dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional memiliki fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui pelarutan gula dalam air dan difusi zat warna. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian dunia makroskopik sebagai ranah pengamatan, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa partikel dianggap mengembang saat dipanaskan atau warna partikel disamakan dengan warna zat. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa dunia makroskopik sebagai ranah pengamatan perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk membangun jembatan penjelasan dari data inderawi menuju model partikel yang konsisten. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran.

Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, dunia makroskopik sebagai ranah pengamatan memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan gejala makroskopik dan penjelasan submikroskopik. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari dunia makroskopik sebagai ranah pengamatan. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari endapan, difusi, tekanan gas, pelarutan, dan penguapan dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman dunia makroskopik sebagai ranah pengamatan harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran dunia makroskopik sebagai ranah pengamatan dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari endapan, difusi, tekanan gas, pelarutan, dan penguapan digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan menghubungkan bukti

inderawi dengan model partikel, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.3.2 Dunia Submikroskopik sebagai Model Partikulat

Tingkat submikroskopik menjelaskan materi melalui atom, molekul, ion, elektron, agregat, dan interaksi. Model ini menyoroti jumlah relatif, jarak, gerak, susunan, muatan, serta perubahan konektivitas yang tidak dapat diamati langsung.

Pelarutan NaCl dapat dimodelkan sebagai pemisahan ion dari kisi dan pembentukan interaksi ion-dipol dengan molekul air. Penguapan dimodelkan sebagai sebagian molekul memperoleh energi yang cukup untuk meninggalkan fase cair.

Diagram partikel sering dibaca secara harfiah. Jarak dalam gambar dianggap berskala tepat, warna dianggap sifat partikel, dan gambar dua dimensi dianggap menunjukkan wadah tipis yang hanya berisi sedikit partikel.

Setiap diagram perlu dilengkapi legenda, informasi skala, aturan simbol, dan pertanyaan tentang bagian yang tidak ditampilkan. Peserta didik perlu belajar bahwa diagram adalah model selektif.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, dunia submikroskopik sebagai model partikulat bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan hubungan antara gejala makroskopik dan penjelasan submikroskopik. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, dunia submikroskopik sebagai model partikulat harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui terbentuknya endapan AgCl dan tekanan gas dalam wadah. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian dunia submikroskopik sebagai model partikulat, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa zat terlarut dianggap lenyap atau warna partikel disamakan dengan warna zat. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran dunia submikroskopik sebagai model partikulat akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk membangun jembatan penjelasan dari data inderawi menuju model partikel yang konsisten, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang dunia submikroskopik sebagai model partikulat bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup gejala makroskopik dan penjelasan submikroskopik. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna dunia submikroskopik sebagai model partikulat tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui endapan, difusi, tekanan gas, pelarutan, dan penguapan membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan dunia submikroskopik sebagai model partikulat sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran dunia submikroskopik sebagai model partikulat dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari endapan, difusi, tekanan gas, pelarutan, dan penguapan digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan menghubungkan bukti inderawi dengan model partikel, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.3.3 Jembatan Penjelasan dari Gejala ke Partikel

Hubungan makro-submikro dibangun melalui proposisi yang menjelaskan bagaimana pola kolektif partikel menghasilkan gejala terukur. Penjelasan yang baik tidak hanya menyebut partikel, tetapi menghubungkan perubahan partikel dengan perubahan besaran makroskopik.

Tekanan gas meningkat ketika frekuensi dan/atau impuls tumbukan partikel pada dinding meningkat. Laju reaksi bertambah ketika jumlah tumbukan efektif per satuan waktu meningkat, bukan karena semua partikel bergerak dengan laju yang sama.

Peserta didik dapat mengulang istilah 'partikel bergerak lebih cepat' tanpa menjelaskan kaitannya dengan tumbukan, distribusi energi, atau besaran yang diamati. Penjelasan submikro berubah menjadi slogan baru.

Guru perlu menggunakan pola kalimat sebab-akibat: perubahan kondisi menyebabkan perubahan pada distribusi atau interaksi partikel, yang kemudian menghasilkan perubahan gejala. Rantai ini harus diuji pada beberapa konteks.

Pendalaman Konseptual

Jembatan penjelasan dari gejala ke partikel perlu ditempatkan dalam kerangka hubungan antara gejala makroskopik dan penjelasan submikroskopik. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan jembatan penjelasan dari gejala ke partikel juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi, dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional memiliki fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui tekanan gas dalam wadah dan terbentuknya endapan AgCl. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian jembatan penjelasan dari gejala ke partikel, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir

bahwa partikel dianggap mengembang saat dipanaskan atau gelembung selalu dianggap udara. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa jembatan penjelasan dari gejala ke partikel perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk membangun jembatan penjelasan dari data inderawi menuju model partikel yang konsisten. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang jembatan penjelasan dari gejala ke partikel bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup gejala makroskopik dan penjelasan submikroskopik. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari jembatan penjelasan dari gejala ke partikel. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari endapan, difusi, tekanan gas, pelarutan, dan penguapan dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman jembatan penjelasan dari gejala ke partikel harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk jembatan penjelasan dari gejala ke partikel perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk menghubungkan bukti inderawi dengan model partikel, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.3.4 Kesalahan Memindahkan Sifat Antartingkat

Setiap tingkat memiliki kategori sifat yang berbeda. Warna larutan, suhu sampel, dan tekanan gas adalah sifat sistem; muatan ion, massa atom, dan jenis ikatan adalah sifat entitas atau hubungan pada tingkat partikel.

Logam tembaga tampak merah kecokelatan, tetapi satu atom Cu tidak dapat diberi warna makroskopik yang sama. Larutan panas tidak tersusun dari molekul yang 'panas' sebagai sifat tetap; ia memiliki distribusi energi kinetik yang berbeda.

Pencampuran tingkat melahirkan pernyataan seperti molekul mengembang ketika zat dipanaskan, atom menjadi cair saat melebur, atau ikatan di dalam molekul putus ketika zat mendidih.

Tugas diagnostik perlu meminta peserta didik menandai tingkat setiap pernyataan. Guru dapat menggunakan tabel dua kolom: apa yang diamati dan bagaimana model partikel menjelaskan, lalu menilai konsistensi keduanya.

Pendalaman Konseptual

kesalahan memindahkan sifat antartingkat perlu ditempatkan dalam kerangka hubungan antara gejala makroskopik dan penjelasan submikroskopik. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik

belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan kesalahan memindahkan sifat antartingkat juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi, dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional memiliki fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui penguapan cairan dan tekanan gas dalam wadah. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian kesalahan memindahkan sifat antartingkat, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa partikel dianggap mengembang saat dipanaskan atau zat terlarut dianggap lenyap. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, kesalahan memindahkan sifat antartingkat memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan

menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan membangun jembatan penjelasan dari data inderawi menuju model partikel yang konsisten pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, kesalahan memindahkan sifat antartingkat memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan gejala makroskopik dan penjelasan submikroskopik. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna kesalahan memindahkan sifat antartingkat tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui endapan, difusi, tekanan gas, pelarutan, dan penguapan membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman kesalahan memindahkan sifat antartingkat harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk kesalahan memindahkan sifat antartingkat perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan,

tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk menghubungkan bukti inderawi dengan model partikel, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.3.5 Perubahan Fase, Pelarutan, dan Reaksi

Perubahan fase, pelarutan, dan reaksi memberikan konteks penting untuk membedakan jenis perubahan submikroskopik. Pada perubahan fase, identitas partikel umumnya tetap; pada pelarutan, partikel terdispersi dan berinteraksi dengan pelarut; pada reaksi, konektivitas atau keadaan elektron berubah sehingga terbentuk spesies baru.

Es mencair melibatkan perubahan susunan dan gerak molekul H_2O . Gula larut melibatkan pemisahan molekul dari kristal dan solvasi tanpa mengubah identitas kimia utama. Pembakaran glukosa menata ulang atom menjadi CO_2 dan H_2O .

Peserta didik sering memakai satu model untuk semua perubahan: partikel 'melebur', zat 'hilang' ketika larut, atau molekul pecah menjadi atom pada setiap pemanasan. Ketidaktepatan kata 'pecah' memperkuat kesalahan.

Pembelajaran perlu membandingkan diagram sebelum-sesudah untuk beberapa jenis perubahan dan meminta peserta didik menyatakan entitas apa yang tetap, interaksi apa yang berubah, dan apakah terbentuk identitas baru.

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai perubahan fase, pelarutan, dan reaksi menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari hubungan antara gejala makroskopik dan penjelasan submikroskopik. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindarkan pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, perubahan fase, pelarutan, dan reaksi harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang

diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui difusi zat warna dan penguapan cairan. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian perubahan fase, pelarutan, dan reaksi, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa zat terlarut dianggap lenyap atau partikel dianggap mengembang saat dipanaskan. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa perubahan fase, pelarutan, dan reaksi perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk membangun jembatan penjelasan dari data inderawi menuju model partikel yang konsisten. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang perubahan fase, pelarutan, dan reaksi bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup gejala makroskopik dan penjelasan submikroskopik. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan

contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari perubahan fase, pelarutan, dan reaksi. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari endapan, difusi, tekanan gas, pelarutan, dan penguapan dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman perubahan fase, pelarutan, dan reaksi harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran perubahan fase, pelarutan, dan reaksi dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari endapan, difusi, tekanan gas, pelarutan, dan penguapan digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan menghubungkan bukti inderawi dengan model partikel, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.3.6 Sifat Emergen dan Ukuran Populasi

Hubungan makro-submikro juga melibatkan penalaran statistik. Perilaku makroskopik muncul dari sejumlah sangat besar partikel, sehingga variasi individual diringkas menjadi distribusi dan nilai rata-rata.

Pada suhu tertentu, molekul gas memiliki rentang energi kinetik. Kenaikan suhu menggeser distribusi, bukan memberikan energi identik kepada semua molekul. Pada kesetimbangan, komposisi rata-rata tetap meskipun peristiwa reaksi terus berlangsung.

Gambar dengan sedikit partikel dapat mendorong determinisme: peserta didik menganggap semua partikel berperilaku sama atau menafsirkan satu susunan sesaat sebagai keadaan tetap.

Simulasi perlu menampilkan variasi dan pengulangan, bukan hanya gerak dekoratif. Guru harus mengaitkan populasi model yang kecil dengan sistem nyata yang sangat besar dan membahas arti rata-rata.

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai sifat emergen dan ukuran populasi menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari hubungan antara gejala makroskopik dan penjelasan submikroskopik. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindari pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, sifat emergen dan ukuran populasi harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui pelarutan gula dalam air dan terbentuknya endapan AgCl. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada sifat emergen dan ukuran populasi muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain zat terlarut dianggap lenyap dan partikel dianggap mengembang saat dipanaskan. Kesalahan tersebut tidak selalu terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa sifat emergen dan ukuran populasi perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk membangun jembatan penjelasan dari data inderawi menuju model partikel yang konsisten. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang sifat emergen dan ukuran populasi bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup gejala makroskopik dan penjelasan submikroskopik. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari sifat emergen dan ukuran populasi. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari endapan, difusi, tekanan gas, pelarutan, dan penguapan dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas

pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman sifat emergen dan ukuran populasi harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk sifat emergen dan ukuran populasi perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk menghubungkan bukti inderawi dengan model partikel, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.3.7 Sintesis: Koordinasi Dua Dunia

Pemahaman kimia menuntut koordinasi antara bukti makroskopik dan model submikroskopik. Pengamatan menentukan apa yang perlu dijelaskan; model partikel menawarkan mekanisme; kesesuaian prediksi dengan data memberi dukungan terhadap model.

Miskonsepsi berkembang ketika peserta didik hanya menghafal fenomena, hanya menggambar partikel tanpa kaitan data, atau memindahkan sifat dari satu tingkat ke tingkat lain. Karena itu, kedua tingkat tidak boleh diajarkan sebagai dua daftar terpisah.

Hubungan harus diwujudkan dalam tugas dua arah: menjelaskan pengamatan dengan partikel dan memprediksi pengamatan dari model partikel. Konsistensi dua arah merupakan indikator pemahaman yang lebih kuat daripada kemampuan menyalin diagram.

Koordinasi tersebut selanjutnya diperluas dengan tingkat simbolik dan matematis, yang memadatkan hubungan serta memungkinkan perhitungan.

Fenomena Makroskopik	Model Submikroskopik	Kesalahan Umum
Gas dimampatkan	Jarak rata-rata antarpartikel berkurang	Ukuran partikel mengecil
Air mendidih	Molekul H ₂ O masuk fase gas	Molekul terurai menjadi H dan O
Garam larut	Ion terpisah dan terhidrasi	Garam hilang atau mencair
Endapan terbentuk	Ion membentuk fase padat berkellarutan rendah	Semua ion berhenti bergerak
Suhu naik	Distribusi energi partikel bergeser	Setiap partikel menerima energi sama

Pendalaman Konseptual

sintesis: koordinasi dua dunia perlu ditempatkan dalam kerangka hubungan antara gejala makroskopik dan penjelasan submikroskopik. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, sintesis: koordinasi dua dunia menuntut pembedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Untuk memperjelas sintesis: koordinasi dua dunia, pembelajaran dapat menggunakan perbandingan antara penguapan cairan dan difusi zat warna. Perbandingan tidak dimaksudkan sebagai ilustrasi tambahan semata, tetapi sebagai sarana menguji batas konsep. Peserta didik perlu menentukan persamaan dan perbedaan kedua sistem, memilih bukti yang relevan, serta menjelaskan proses pada skala partikel. Selanjutnya, mereka dapat

menerjemahkan penjelasan itu ke dalam persamaan, grafik, atau model lain. Rangkaian aktivitas tersebut membantu mengungkap apakah jawaban didasarkan pada hubungan konseptual atau hanya pada pola kata dan prosedur yang telah dihafal.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam sintesis: koordinasi dua dunia berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti gelembung selalu dianggap udara, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa warna partikel disamakan dengan warna zat. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus perbandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, sintesis: koordinasi dua dunia memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan membangun jembatan penjelasan dari data inderawi menuju model partikel yang konsisten pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang sintesis: koordinasi dua dunia bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup gejala makroskopik dan penjelasan submikroskopik. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna sintesis: koordinasi dua dunia tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui

endapan, difusi, tekanan gas, pelarutan, dan penguapan membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan sintesis: koordinasi dua dunia sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk sintesis: koordinasi dua dunia perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk menghubungkan bukti inderawi dengan model partikel, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.4 Representasi Simbolik dan Matematis

Kimia menggunakan sistem tanda yang sangat padat untuk menyatakan identitas, komposisi, jumlah, struktur, keadaan, muatan, perubahan, dan hubungan kuantitatif. Representasi simbolik memungkinkan komunikasi efisien, tetapi efisiensi tersebut dibayar dengan tuntutan literasi yang tinggi.

Simbol tidak transparan bagi pemula. Angka, huruf, indeks, koefisien, tanda panah, kurung, superskrip, satuan, dan grafik memiliki fungsi berbeda. Kesalahan kecil pada posisi simbol dapat mengubah makna secara mendasar.

Subbab ini memperluas pembahasan mengenai sistem simbol, notasi, matematika, grafik, dan hubungan kuantitatif dalam kimia dengan menempatkan setiap gagasan sebagai bagian dari sistem penjelasan kimia. Uraian tidak hanya menjawab apa yang dimaksud oleh istilah tertentu, tetapi juga mengapa konsep tersebut diperlukan, bagaimana konsep dibangun dari bukti, bagaimana ia direpresentasikan, dan dalam kondisi apa penggunaannya memiliki

keterbatasan. Perspektif ini penting karena miskonsepsi sering muncul bukan akibat ketiadaan informasi, melainkan akibat hubungan yang tidak tepat antara pengamatan, model partikel, simbol, bahasa, dan prosedur kuantitatif.

Pengembangan pada subbab ini diarahkan untuk menunjukkan bahwa sistem simbol, notasi, matematika, grafik, dan hubungan kuantitatif dalam kimia memiliki konsekuensi langsung terhadap cara peserta didik belajar dan cara guru merancang pembelajaran. Setiap bagian akan menghubungkan landasan disipliner dengan potensi kesalahan konseptual, bentuk diagnosis yang relevan, serta strategi pedagogis yang memungkinkan peserta didik menguji dan merevisi gagasannya. Dengan demikian, karakteristik pengetahuan kimia dipahami sekaligus sebagai kekuatan penjelas ilmu dan sebagai sumber tuntutan kognitif yang perlu dikelola secara sadar.

2.4.1 Simbol Kimia sebagai Sistem Semiotik

Lambang dan notasi kimia membentuk sistem semiotik, yaitu sistem tanda yang menghubungkan bentuk simbol, objek atau konsep yang dirujuk, dan aturan penafsiran. Na dapat merujuk unsur natrium, atom natrium dalam konteks tertentu, atau komponen dalam persamaan.

Rumus H_2O menyatakan komposisi molekul air, sedangkan $2\text{H}_2\text{O}$ menyatakan dua unit atau dua mol relatif dalam persamaan. Na^+ menyatakan spesies bermuatan, dan ^{23}Na menyatakan isotop berdasarkan nomor massa.

Kesamaan bentuk angka mendorong penyamaan fungsi. Peserta didik dapat menukar koefisien dan indeks, membaca muatan sebagai jumlah atom, atau menganggap lambang unsur identik dengan zat makroskopik.

Pembelajaran perlu mengajarkan tata bahasa simbol secara eksplisit. Peserta didik harus menjelaskan makna setiap posisi simbol sebelum melakukan operasi.

Pendalaman Konseptual

simbol kimia sebagai sistem semiotik perlu ditempatkan dalam kerangka sistem simbol, notasi, matematika, grafik, dan hubungan kuantitatif dalam kimia. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan simbol kimia sebagai sistem semiotik juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi, dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional memiliki fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus rumus H_2O dan $NaCl$ dapat dipasangkan dengan persamaan gas ideal untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebut hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan menafsirkan simbol, satuan, variabel, rasio, dan makna kimia di balik operasi matematis, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada simbol kimia sebagai sistem semiotik muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain jawaban numerik dianggap otomatis benar dan rumus dipakai tanpa memahami asumsi. Kesalahan tersebut tidak selalu terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran simbol kimia sebagai sistem semiotik akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk menafsirkan simbol, satuan, variabel, rasio, dan makna kimia di balik operasi matematis, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang simbol kimia sebagai sistem semiotik bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup notasi, simbol, matematika, grafik, dan satuan. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari simbol kimia sebagai sistem semiotik. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari stoikiometri, kurva titrasi, hukum gas, dan grafik kinetika dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan simbol kimia sebagai sistem semiotik sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk simbol kimia sebagai sistem semiotik perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk menafsirkan operasi simbolik berdasarkan makna kimia, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.4.2 Rumus Empiris, Molekul, dan Struktur

Rumus kimia dapat memiliki fungsi berbeda. Rumus empiris menyatakan rasio paling sederhana, rumus molekul menyatakan jumlah atom dalam satu molekul, sedangkan rumus struktur menampilkan konektivitas atau geometri tertentu.

CH_2O dapat menjadi rumus empiris glukosa, tetapi bukan rumus molekulnya. NaCl merupakan unit formula untuk kisi ionik, bukan bukti adanya molekul NaCl diskrit. $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ dapat merujuk etanol atau dimetil eter sehingga konektivitas diperlukan.

Peserta didik sering menganggap semua rumus mewakili molekul, atau menyimpulkan zat sama karena rumus molekul sama. Mereka juga dapat membaca garis struktur sebagai batang fisik.

Guru perlu membandingkan fungsi beberapa jenis rumus dan menghubungkannya dengan jenis struktur zat. Pertanyaan 'informasi apa yang diberikan dan tidak diberikan oleh rumus ini?' sangat produktif.

Pendalaman Konseptual

rumus empiris, molekul, dan struktur perlu ditempatkan dalam kerangka sistem simbol, notasi, matematika, grafik, dan hubungan kuantitatif dalam kimia. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan rumus empiris, molekul, dan struktur juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi, dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional memiliki fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus grafik laju reaksi dapat dipasangkan dengan koefisien persamaan reaksi untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebutkan hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti

yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan menafsirkan simbol, satuan, variabel, rasio, dan makna kimia di balik operasi matematis, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian rumus empiris, molekul, dan struktur, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa rumus dipakai tanpa memahami asumsi atau indeks disamakan dengan koefisien. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran rumus empiris, molekul, dan struktur akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk menafsirkan simbol, satuan, variabel, rasio, dan makna kimia di balik operasi matematis, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang rumus empiris, molekul, dan struktur bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup notasi, simbol, matematika, grafik, dan satuan. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna rumus empiris, molekul, dan struktur tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks

melalui stoikiometri, kurva titrasi, hukum gas, dan grafik kinetika membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan rumus empiris, molekul, dan struktur sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk rumus empiris, molekul, dan struktur perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk menafsirkan operasi simbolik berdasarkan makna kimia, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.4.3 Koefisien, Indeks, Muatan, dan Keadaan

Lokasi angka dalam notasi kimia menentukan makna. Koefisien mengubah jumlah relatif unit; indeks mengubah komposisi satu unit; superskrip kanan menyatakan muatan; superskrip kiri dapat menyatakan nomor massa; simbol keadaan menunjukkan fase atau medium.

Pada 3Ca^{2+} , angka 3 menunjukkan tiga ion atau tiga mol ion, sedangkan $2+$ menunjukkan muatan setiap ion. Dalam $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, kurung dan indeks menyatakan tiga gugus sulfat untuk setiap dua ion aluminium.

Kesalahan posisi dapat menghasilkan materi yang berbeda. Menyetarakan persamaan dengan mengubah indeks mengubah identitas zat, bukan hanya jumlahnya. Mengabaikan simbol (aq), (l), atau (g) dapat menghilangkan informasi penting tentang spesies dan proses.

Latihan sebaiknya meminta penafsiran verbal dan gambar partikel, bukan hanya penulisan. Peserta didik perlu menunjukkan konsekuensi perubahan setiap simbol.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, koefisien, indeks, muatan, dan keadaan bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan sistem simbol, notasi, matematika, grafik, dan hubungan kuantitatif dalam kimia. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan koefisien, indeks, muatan, dan keadaan juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi, dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional memiliki fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui persamaan gas ideal dan kurva titrasi. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam koefisien, indeks, muatan, dan keadaan berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti rumus dipakai tanpa memahami asumsi, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa indeks disamakan dengan koefisien. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran koefisien, indeks, muatan, dan keadaan akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk menafsirkan simbol, satuan, variabel, rasio, dan makna kimia di balik operasi matematis, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang koefisien, indeks, muatan, dan keadaan bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup notasi, simbol, matematika, grafik, dan satuan. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna koefisien, indeks, muatan, dan keadaan tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui stoikiometri, kurva titrasi, hukum gas, dan grafik kinetika membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman koefisien, indeks, muatan, dan keadaan harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran koefisien, indeks, muatan, dan keadaan dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari stoikiometri, kurva titrasi, hukum gas, dan grafik kinetika digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan menafsirkan operasi simbolik berdasarkan makna kimia, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.4.4 Matematika sebagai Bahasa Hubungan

Matematika dalam kimia menyatakan hubungan antara besaran. Persamaan bukan sekadar petunjuk memasukkan angka, tetapi model yang mengungkap proporsionalitas, ketergantungan, dan batas asumsi.

Hubungan $n = m/M$ menghubungkan massa, jumlah zat, dan massa molar. Persamaan $PV = nRT$ menghubungkan keadaan gas ideal. Bentuk logaritmik $pH = -\log a(H^+)$ menunjukkan skala nonlinier.

Peserta didik dapat memilih rumus berdasarkan kemiripan simbol tanpa memahami sistem. Angka yang diperoleh dianggap jawaban final meskipun satuan salah, orde besaran tidak masuk akal, atau asumsi tidak terpenuhi.

Setiap perhitungan perlu diawali pemodelan besaran dan diakhiri interpretasi kimia. Analisis dimensi, estimasi, serta pemeriksaan batas harus menjadi bagian prosedur.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, matematika sebagai bahasa hubungan bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan sistem simbol, notasi, matematika, grafik, dan hubungan kuantitatif dalam kimia. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, matematika sebagai bahasa hubungan harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus,

grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Untuk memperjelas matematika sebagai bahasa hubungan, pembelajaran dapat menggunakan perbandingan antara koefisien persamaan reaksi dan persamaan gas ideal. Perbandingan tidak dimaksudkan sebagai ilustrasi tambahan semata, tetapi sebagai sarana menguji batas konsep. Peserta didik perlu menentukan persamaan dan perbedaan kedua sistem, memilih bukti yang relevan, serta menjelaskan proses pada skala partikel. Selanjutnya, mereka dapat menerjemahkan penjelasan itu ke dalam persamaan, grafik, atau model lain. Rangkaian aktivitas tersebut membantu mengungkap apakah jawaban didasarkan pada hubungan konseptual atau hanya pada pola kata dan prosedur yang telah dihafal.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian matematika sebagai bahasa hubungan, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa grafik dibaca sebagai gambar peristiwa atau jawaban numerik dianggap otomatis benar. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa matematika sebagai bahasa hubungan perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk menafsirkan simbol, satuan, variabel, rasio, dan makna kimia di balik operasi matematis. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang matematika sebagai bahasa hubungan bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup notasi, simbol, matematika, grafik, dan satuan. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika

prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna matematika sebagai bahasa hubungan tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui stoikiometri, kurva titrasi, hukum gas, dan grafik kinetika membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan matematika sebagai bahasa hubungan sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran matematika sebagai bahasa hubungan dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari stoikiometri, kurva titrasi, hukum gas, dan grafik kinetika digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan menafsirkan operasi simbolik berdasarkan makna kimia, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.4.5 Grafik dan Representasi Fungsional

Grafik menyajikan hubungan perubahan dua atau lebih besaran. Sumbu, skala, kemiringan, luas, titik potong, dan bentuk kurva memiliki makna yang bergantung pada model kimia.

Grafik konsentrasi-waktu dapat menunjukkan laju awal, pendekatan ke keadaan setimbang, dan komposisi akhir. Kurva energi potensial menampilkan perubahan energi relatif sepanjang koordinat reaksi, bukan lintasan geometris molekul di ruang.

Peserta didik sering membaca grafik sebagai gambar peristiwa. Kurva yang naik dianggap partikel bergerak ke atas, garis mendatar dianggap reaksi berhenti, atau tinggi puncak dianggap jumlah zat.

Pengajaran grafik perlu menghubungkan setiap fitur dengan variabel dan proses. Peserta didik dapat diminta menceritakan grafik, menggambar model partikel untuk beberapa titik, dan memprediksi perubahan kurva ketika kondisi diubah.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, grafik dan representasi fungsional bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan sistem simbol, notasi, matematika, grafik, dan hubungan kuantitatif dalam kimia. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, grafik dan representasi fungsional harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui grafik laju reaksi dan kurva titrasi. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian grafik dan representasi fungsional, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa grafik dibaca sebagai gambar peristiwa atau jawaban numerik dianggap otomatis benar. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, grafik dan representasi fungsional memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan menafsirkan simbol, satuan, variabel, rasio, dan makna kimia di balik operasi matematis pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, grafik dan representasi fungsional memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan notasi, simbol, matematika, grafik, dan satuan. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna grafik dan representasi fungsional tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui stoikiometri, kurva titrasi, hukum gas, dan grafik kinetika membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman grafik dan representasi fungsional harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran grafik dan representasi fungsional dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari stoikiometri, kurva titrasi, hukum gas, dan grafik kinetika digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan menafsirkan operasi simbolik berdasarkan makna kimia, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.4.6 Keberhasilan Algoritmik dan Pemahaman Semu

Notasi dan matematika memungkinkan prosedur yang dapat dilatih. Namun, keberhasilan prosedural dapat menutupi lemahnya pemahaman. Peserta didik mungkin menyetarakan persamaan, menghitung pH, atau menggunakan rumus pengenceran tanpa mengetahui makna operasinya.

Rumus $M_1V_1 = M_2V_2$ dapat digunakan benar pada pengenceran yang mempertahankan jumlah zat terlarut tertentu. Rumus yang sama tidak otomatis berlaku ketika terjadi reaksi, penguapan, atau perubahan spesiasi yang relevan.

Latihan yang selalu memiliki pola identik mendorong pencarian kata kunci dan rumus. Jawaban numerik benar dapat berasal dari prosedur mekanis, kebetulan satuan, atau pembatalan kesalahan.

Asesmen perlu meminta alasan, diagram, satuan, estimasi, dan interpretasi. Soal transfer dengan konteks berbeda membedakan penguasaan algoritma dari pemahaman relasional.

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai keberhasilan algoritmik dan pemahaman semu menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari sistem simbol, notasi, matematika, grafik, dan hubungan kuantitatif dalam kimia. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun

pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindarkan pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan keberhasilan algoritmik dan pemahaman semu juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi, dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional memiliki fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus koefisien persamaan reaksi dapat dipasangkan dengan grafik laju reaksi untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebut hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan menafsirkan simbol, satuan, variabel, rasio, dan makna kimia di balik operasi matematis, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam keberhasilan algoritmik dan pemahaman semu berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti rumus dipakai tanpa memahami asumsi, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa indeks disamakan dengan koefisien. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa keberhasilan algoritmik dan pemahaman semu perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif,

mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk menafsirkan simbol, satuan, variabel, rasio, dan makna kimia di balik operasi matematis. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, keberhasilan algoritmik dan pemahaman semu memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan notasi, simbol, matematika, grafik, dan satuan. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna keberhasilan algoritmik dan pemahaman semu tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui stoikiometri, kurva titrasi, hukum gas, dan grafik kinetika membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan keberhasilan algoritmik dan pemahaman semu sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk keberhasilan algoritmik dan pemahaman semu perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan,

tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk menafsirkan operasi simbolik berdasarkan makna kimia, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.4.7 Sintesis: Literasi Simbolik dan Kuantitatif

Representasi simbolik dan matematis memperluas daya kimia untuk menjelaskan serta memprediksi. Akan tetapi, simbol memperoleh makna hanya melalui hubungannya dengan konsep, model, dan fenomena.

Kerentanan utama terletak pada polisemi tanda, kepadatan informasi, dan kemudahan menjalankan algoritma tanpa memahami asumsi. Kesalahan kecil dapat menunjukkan kebingungan mendasar tentang entitas, jumlah, atau hubungan.

Literasi kimia menuntut kemampuan membaca, menulis, mengubah, membandingkan, dan mengevaluasi representasi. Kemampuan tersebut harus dilatih secara eksplisit, bukan diasumsikan muncul setelah banyak latihan hitungan.

Triplet representasi kimia menyediakan kerangka untuk mengoordinasikan simbol dengan tingkat makroskopik dan submikroskopik.

Notasi	Makna Utama	Kesalahan yang Perlu Dicegah
$2\text{H}_2\text{O}$	Dua unit atau rasio dua mol H_2O	Angka 2 dianggap bagian dari satu molekul
H_2O	Dua atom H per satu atom O dalam molekul	Indeks diubah untuk menyetarakan reaksi
Ca^{2+}	Muatan +2 pada setiap ion Ca	Angka dianggap dua atom Ca
^2H	Isotop H dengan nomor massa 2	Angka dianggap koefisien
(aq)	Spesies berada dalam medium air	Dianggap sama dengan zat cair murni

Pendalaman Konseptual

sintesis: literasi simbolik dan kuantitatif perlu ditempatkan dalam kerangka sistem simbol, notasi, matematika, grafik, dan hubungan kuantitatif dalam kimia. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia,

dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan sintesis: literasi simbolik dan kuantitatif juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi, dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional memiliki fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui grafik laju reaksi dan kurva titrasi. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada sintesis: literasi simbolik dan kuantitatif muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain grafik dibaca sebagai gambar peristiwa dan indeks disamakan dengan koefisien. Kesalahan tersebut tidak selalu terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa sintesis: literasi simbolik dan kuantitatif perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif,

mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk menafsirkan simbol, satuan, variabel, rasio, dan makna kimia di balik operasi matematis. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, sintesis: literasi simbolik dan kuantitatif memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan notasi, simbol, matematika, grafik, dan satuan. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari sintesis: literasi simbolik dan kuantitatif. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari stoikiometri, kurva titrasi, hukum gas, dan grafik kinetika dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan sintesis: literasi simbolik dan kuantitatif sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk sintesis: literasi simbolik dan kuantitatif perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan,

tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk menafsirkan operasi simbolik berdasarkan makna kimia, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.5 Triplet Representasi Kimia

Kerangka triplet kimia mengorganisasikan pembelajaran ke dalam tiga ranah: makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Kerangka ini banyak digunakan untuk menjelaskan mengapa kimia sulit dipelajari dan bagaimana representasi seharusnya dihubungkan (Johnstone, 1991; Talanquer, 2011).

Triplet bukan tiga gambar yang cukup diletakkan berdampingan. Pemahaman muncul ketika peserta didik mampu menelusuri hubungan bukti, model, dan simbol, serta mengetahui bahwa masing-masing memiliki fungsi epistemik yang berbeda.

Subbab ini memperluas pembahasan mengenai koordinasi representasi makroskopik, submikroskopik, dan simbolik dengan menempatkan setiap gagasan sebagai bagian dari sistem penjelasan kimia. Uraian tidak hanya menjawab apa yang dimaksud oleh istilah tertentu, tetapi juga mengapa konsep tersebut diperlukan, bagaimana konsep dibangun dari bukti, bagaimana ia direpresentasikan, dan dalam kondisi apa penggunaannya memiliki keterbatasan. Perspektif ini penting karena miskonsepsi sering muncul bukan akibat ketiadaan informasi, melainkan akibat hubungan yang tidak tepat antara pengamatan, model partikel, simbol, bahasa, dan prosedur kuantitatif.

Pengembangan pada subbab ini diarahkan untuk menunjukkan bahwa koordinasi representasi makroskopik, submikroskopik, dan simbolik memiliki konsekuensi langsung terhadap cara peserta didik belajar dan cara guru merancang pembelajaran. Setiap bagian akan menghubungkan landasan disipliner dengan potensi kesalahan konseptual, bentuk diagnosis yang relevan, serta strategi pedagogis yang memungkinkan peserta didik menguji dan merevisi gagasannya. Dengan demikian, karakteristik pengetahuan kimia dipahami sekaligus sebagai kekuatan penjelas ilmu dan sebagai sumber tuntutan kognitif yang perlu dikelola secara sadar.

2.5.1 Asal dan Fungsi Kerangka Triplet

Johnstone menyoroti bahwa pembelajaran kimia sering menuntut perhatian simultan pada fenomena, penjelasan partikular, dan simbol. Bagi ahli, perpindahan tersebut terasa otomatis; bagi pemula, setiap ranah memuat unsur baru dan aturan berbeda.

Guru dapat memperlihatkan reaksi logam-asam, menggambar transfer elektron, lalu menuliskan persamaan ion. Ketiga representasi mengacu pada satu sistem, tetapi menonjolkan informasi berbeda.

Kerangka dapat disederhanakan menjadi tiga kotak tanpa jembatan penalaran. Peserta didik menyalin gambar partikel dan persamaan tetapi tidak dapat menjelaskan bagaimana keduanya didukung oleh pengamatan.

Penggunaan triplet harus berorientasi pada pertanyaan relasional: apa yang ditunjukkan setiap representasi, bagaimana satu representasi menjelaskan atau memprediksi yang lain, dan informasi apa yang hilang.

Pendalaman Konseptual

asal dan fungsi kerangka triplet perlu ditempatkan dalam kerangka koordinasi representasi makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, asal dan fungsi kerangka triplet menuntut perbedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Untuk memperjelas asal dan fungsi kerangka triplet, pembelajaran dapat menggunakan perbandingan antara reaksi magnesium dengan HCl dan kesetimbangan N_2O_4 dan NO_2 . Perbandingan tidak dimaksudkan sebagai ilustrasi tambahan semata, tetapi sebagai sarana menguji batas konsep. Peserta didik perlu menentukan persamaan dan perbedaan kedua sistem, memilih bukti yang relevan, serta menjelaskan proses pada skala partikel. Selanjutnya, mereka dapat menerjemahkan penjelasan itu ke dalam persamaan, grafik, atau model lain. Rangkaian aktivitas tersebut membantu mengungkap apakah jawaban didasarkan pada hubungan konseptual atau hanya pada pola kata dan prosedur yang telah dihafal.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada asal dan fungsi kerangka triplet muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain gambar partikel dianggap foto realitas dan persamaan tidak dihubungkan dengan bukti. Kesalahan tersebut tidak selalu

terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, asal dan fungsi kerangka triplet memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan menerjemahkan informasi secara dua arah dan memeriksa konsistensi antarrepresentasi pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang asal dan fungsi kerangka triplet bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup triplet makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna asal dan fungsi kerangka triplet tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui reaksi logam-asam, kesetimbangan, titrasi, dan elektrokimia membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan asal dan fungsi kerangka triplet sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal

pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk asal dan fungsi kerangka triplet perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk melakukan translasi dua arah antarrepresentasi, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.5.2 Ranah Makroskopik dalam Triplet

Ranah makroskopik menyediakan pengalaman, data, dan konteks yang perlu dijelaskan. Ia mencakup pengamatan langsung, hasil pengukuran, dan keluaran instrumen yang dapat diperlakukan sebagai fenomena pada skala laboratorium.

Pada titrasi asam-basa, warna indikator, volume titran, pH, dan bentuk kurva merupakan data makroskopik. Data tersebut tidak dengan sendirinya menjelaskan spesies dominan atau proses transfer proton.

Jika ranah makroskopik diabaikan, simbol menjadi latihan formal. Jika terlalu dominan, peserta didik dapat menghafal gejala tanpa memahami mekanisme.

Fenomena perlu dipilih agar cukup informatif dan diikuti pertanyaan yang mendorong inferensi, bukan sekadar pengamatan dekoratif.

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai ranah makroskopik dalam triplet menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari koordinasi representasi makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindarkan pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, ranah makroskopik dalam triplet harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus titrasi asam-basa dapat dipasangkan dengan sel elektrokimia untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebut hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan menerjemahkan informasi secara dua arah dan memeriksa konsistensi antarrepresentasi, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada ranah makroskopik dalam triplet muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain gambar partikel dianggap foto realitas dan simbol dikerjakan secara algoritmik. Kesalahan tersebut tidak selalu terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, ranah makroskopik dalam triplet memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan

menerjemahkan informasi secara dua arah dan memeriksa konsistensi antarrepresentasi pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, ranah makroskopik dalam triplet memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan triplet makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna ranah makroskopik dalam triplet tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui reaksi logam-asam, kesetimbangan, titrasi, dan elektrokimia membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan ranah makroskopik dalam triplet sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk ranah makroskopik dalam triplet perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk melakukan translasi dua arah antarrepresentasi, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain

demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.5.3 Ranah Submikroskopik dalam Triplet

Ranah submikroskopik memberikan model mekanistik berupa partikel, interaksi, distribusi, dan perubahan elektronik. Ia menjawab mengapa pola makroskopik terjadi dan bagaimana kondisi memengaruhi sistem.

Pada reaksi pengendapan AgCl , model menampilkan ion Ag^+ dan Cl^- membentuk fase padat, sementara ion lain tetap terhidrasi. Model dapat menjelaskan mengapa endapan terbentuk dan mengapa persamaan ion bersih menghilangkan ion pengamat.

Diagram yang terlalu sederhana dapat menghilangkan peran pelarut, rasio jumlah, atau dinamika. Peserta didik mungkin menganggap ion pengamat tidak ada karena tidak ditulis pada persamaan ion bersih.

Representasi partikulat harus konsisten dengan jumlah, muatan, fase, dan prinsip kekekalan. Guru perlu membahas apa yang sengaja tidak ditampilkan.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, ranah submikroskopik dalam triplet bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan koordinasi representasi makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, ranah submikroskopik dalam triplet harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Untuk memperjelas ranah submikroskopik dalam triplet, pembelajaran dapat menggunakan perbandingan antara reaksi magnesium dengan HCl dan kesetimbangan N_2O_4 dan NO_2 . Perbandingan tidak dimaksudkan sebagai ilustrasi tambahan semata, tetapi sebagai sarana

menguji batas konsep. Peserta didik perlu menentukan persamaan dan perbedaan kedua sistem, memilih bukti yang relevan, serta menjelaskan proses pada skala partikel. Selanjutnya, mereka dapat menerjemahkan penjelasan itu ke dalam persamaan, grafik, atau model lain. Rangkaian aktivitas tersebut membantu mengungkap apakah jawaban didasarkan pada hubungan konseptual atau hanya pada pola kata dan prosedur yang telah dihafal.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian ranah submikroskopik dalam triplet, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa persamaan tidak dihubungkan dengan bukti atau gambar partikel dianggap foto realitas. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran ranah submikroskopik dalam triplet akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk menerjemahkan informasi secara dua arah dan memeriksa konsistensi antarrepresentasi, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, ranah submikroskopik dalam triplet memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan triplet makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari ranah submikroskopik dalam triplet. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari reaksi logam-asam, kesetimbangan, titrasi, dan elektrokimia dapat

dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan ranah submikroskopik dalam triplet sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran ranah submikroskopik dalam triplet dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari reaksi logam-asam, kesetimbangan, titrasi, dan elektrokimia digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan melakukan translasi dua arah antarrepresentasi, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.5.4 Ranah Simbolik dalam Triplet

Ranah simbolik mencakup lambang, rumus, persamaan, grafik, tabel, serta ekspresi matematis. Ia memadatkan informasi dan memungkinkan operasi kuantitatif, tetapi maknanya bergantung pada dua ranah lain.

Persamaan $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{AgCl}(\text{s})$ menyatakan perubahan spesies yang relevan. Koefisien menyatakan rasio, simbol keadaan membedakan ion terhidrasi dan padatan, sedangkan panah menunjukkan arah model reaksi.

Peserta didik dapat membaca persamaan sebagai urutan gambar yang benar-benar terjadi sekaligus, atau menganggap tanda panah sebagai tanda sama dengan. Mereka juga dapat mengabaikan keadaan fisik.

Setiap simbol perlu diterjemahkan ke kalimat, diagram partikel, dan prediksi makroskopik. Terjemahan dua arah memperkuat makna.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, ranah simbolik dalam triplet bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan koordinasi representasi makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan ranah simbolik dalam triplet juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi, dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional memiliki fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Untuk memperjelas ranah simbolik dalam triplet, pembelajaran dapat menggunakan perbandingan antara pelarutan senyawa ionik dan titrasi asam-basa. Perbandingan tidak dimaksudkan sebagai ilustrasi tambahan semata, tetapi sebagai sarana menguji batas konsep. Peserta didik perlu menentukan persamaan dan perbedaan kedua sistem, memilih bukti yang relevan, serta menjelaskan proses pada skala partikel. Selanjutnya, mereka dapat menerjemahkan penjelasan itu ke dalam persamaan, grafik, atau model lain. Rangkaian aktivitas tersebut membantu mengungkap apakah jawaban didasarkan pada hubungan konseptual atau hanya pada pola kata dan prosedur yang telah dihafal.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada ranah simbolik dalam triplet muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain persamaan tidak dihubungkan dengan bukti dan simbol dikerjakan secara algoritmik. Kesalahan tersebut tidak selalu terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, ranah simbolik dalam triplet memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan menerjemahkan informasi secara dua arah dan memeriksa konsistensi antarrepresentasi pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang ranah simbolik dalam triplet bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup triplet makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari ranah simbolik dalam triplet. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari reaksi logam-asam, kesetimbangan, titrasi, dan elektrokimia dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan ranah simbolik dalam triplet sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran ranah simbolik dalam triplet dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari reaksi logam-asam, kesetimbangan, titrasi, dan elektrokimia digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan melakukan translasi dua arah antarrepresentasi, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.5.5 Koordinasi Triplet pada Beberapa Topik

Kekuatan triplet tampak ketika digunakan lintas topik. Pada kesetimbangan, ranah makro menunjukkan komposisi tetap; submikro menunjukkan reaksi dua arah; simbolik menggunakan $\rightleftharpoons$, K , dan grafik. Pada elektrokimia, pengamatan elektroda dihubungkan dengan aliran elektron dan notasi sel.

Satu topik dapat memerlukan lebih dari satu representasi pada setiap ranah: foto, data sensor, diagram energi, model molekul, dan persamaan. Koordinasi bukan urutan kaku, melainkan jaringan.

Penggunaan terlalu banyak representasi sekaligus dapat meningkatkan beban kognitif. Representasi yang tidak konsisten atau berubah kode warna juga menimbulkan konflik yang tidak produktif.

Guru perlu memilih representasi berdasarkan tujuan, mengenalkan konvensi secara bertahap, dan memberi waktu untuk integrasi. Tidak semua representasi harus ditampilkan pada saat yang sama.

Pendalaman Konseptual

koordinasi triplet pada beberapa topik perlu ditempatkan dalam kerangka koordinasi representasi makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, koordinasi triplet pada beberapa topik harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Untuk memperjelas koordinasi triplet pada beberapa topik, pembelajaran dapat menggunakan perbandingan antara titrasi asam-basa dan pelarutan senyawa ionik. Perbandingan tidak dimaksudkan sebagai ilustrasi tambahan semata, tetapi sebagai sarana menguji batas konsep. Peserta didik perlu menentukan persamaan dan perbedaan kedua sistem, memilih bukti yang relevan, serta menjelaskan proses pada skala partikel. Selanjutnya, mereka dapat menerjemahkan penjelasan itu ke dalam persamaan, grafik, atau model lain. Rangkaian aktivitas tersebut membantu mengungkap apakah jawaban didasarkan pada hubungan konseptual atau hanya pada pola kata dan prosedur yang telah dihafal.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam koordinasi triplet pada beberapa topik berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti simbol dikerjakan secara algoritmik, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa persamaan tidak dihubungkan dengan bukti. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa koordinasi triplet pada beberapa topik perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk menerjemahkan informasi secara dua arah dan memeriksa konsistensi antarrepresentasi. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan

'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, koordinasi triplet pada beberapa topik memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan triplet makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari koordinasi triplet pada beberapa topik. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari reaksi logam-asam, kesetimbangan, titrasi, dan elektrokimia dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman koordinasi triplet pada beberapa topik harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran koordinasi triplet pada beberapa topik dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari reaksi logam-asam, kesetimbangan, titrasi, dan elektrokimia digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan melakukan translasi dua arah antarrepresentasi, kemudian membandingkan model awal dan model

revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.5.6 Kompetensi Representasional

Kompetensi representasional meliputi kemampuan menafsirkan, menghasilkan, membandingkan, memilih, dan mengevaluasi representasi. Peserta didik yang kompeten mengetahui bahwa satu representasi dapat lebih sesuai untuk pertanyaan tertentu daripada representasi lain (Kozma & Russell, 1997).

Model bola-dan-tongkat berguna untuk geometri, model ruang-isi untuk ukuran relatif, struktur Lewis untuk elektron valensi, dan permukaan potensial elektrostatik untuk distribusi muatan. Tidak ada satu model yang terbaik untuk semua tujuan.

Pemula cenderung memilih berdasarkan daya tarik visual atau kemiripan permukaan. Mereka dapat menganggap representasi lebih realistis selalu lebih benar, tanpa mempertimbangkan fungsi.

Tugas perlu meminta alasan pemilihan representasi dan identifikasi keterbatasan. Kemampuan mengevaluasi representasi merupakan bagian pemahaman, bukan tambahan estetis.

Pendalaman Konseptual

kompetensi representasional perlu ditempatkan dalam kerangka koordinasi representasi makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, kompetensi representasional menuntut pembedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui titrasi asam-basa dan sel elektrokimia. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih

dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian kompetensi representasional, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa simbol dikerjakan secara algoritmik atau persamaan tidak dihubungkan dengan bukti. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, kompetensi representasional memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan menerjemahkan informasi secara dua arah dan memeriksa konsistensi antarrepresentasi pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang kompetensi representasional bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup triplet makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna kompetensi representasional tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui reaksi logam-asam, kesetimbangan, titrasi, dan elektrokimia membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman kompetensi representasional harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran kompetensi representasional dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari reaksi logam-asam, kesetimbangan, titrasi, dan elektrokimia digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan melakukan translasi dua arah antarrepresentasi, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.5.7 Sintesis: Triplet sebagai Kerangka Penalaran

Triplet membantu menjelaskan struktur khas pengetahuan kimia, tetapi manfaatnya bergantung pada hubungan yang dibangun. Makro menyediakan bukti, submikro menyediakan model, dan simbolik menyediakan sistem komunikasi serta perhitungan.

Miskonsepsi dapat muncul di satu ranah atau pada jembatan antarranah. Jawaban simbolik benar tidak menjamin model partikel benar; gambar partikel benar tidak menjamin peserta didik dapat memprediksi fenomena.

Diagnosis perlu memeriksa setiap ranah dan terjemahannya. Pembelajaran perlu menghindari asumsi bahwa peserta didik otomatis melihat hubungan yang jelas bagi guru.

Kerangka triplet selanjutnya digunakan untuk menelaah hubungan struktur, sifat, dan perubahan materi secara lebih mendalam.

Ranah	Pertanyaan Utama	Contoh pada Reaksi Mg-HCl
Makroskopik	Apa yang diamati atau diukur?	Mg berkurang, gelembung muncul, suhu berubah
Submikroskopik	Partikel dan interaksi apa yang menjelaskan?	Mg melepaskan elektron; H^+ membentuk H_2
Simbolik	Bagaimana informasi dikodekan?	$Mg + 2H^+ \rightarrow Mg^{2+} + H_2$

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai sintesis: triplet sebagai kerangka penalaran menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari koordinasi representasi makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindarkan pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, sintesis: triplet sebagai kerangka penalaran harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui kesetimbangan N_2O_4 dan NO_2 dan sel elektrokimia. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah

generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian sintesis: triplet sebagai kerangka penalaran, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa simbol dikerjakan secara algoritmik atau tiga representasi dipelajari terpisah. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa sintesis: triplet sebagai kerangka penalaran perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk menerjemahkan informasi secara dua arah dan memeriksa konsistensi antarrepresentasi. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, sintesis: triplet sebagai kerangka penalaran memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan triplet makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna sintesis: triplet sebagai kerangka penalaran tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui reaksi logam-asam, kesetimbangan, titrasi, dan elektrokimia membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu

menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan sintesis: triplet sebagai kerangka penalaran sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk sintesis: triplet sebagai kerangka penalaran perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk melakukan translasi dua arah antarrepresentasi, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.6 Hubungan Struktur, Sifat, dan Perubahan Materi

Salah satu pola penjelasan paling penting dalam kimia adalah struktur menentukan kemungkinan interaksi, interaksi menghasilkan sifat, dan sifat memengaruhi perubahan yang dapat berlangsung. Hubungan ini bekerja pada berbagai tingkat, dari konfigurasi elektron dan geometri molekul sampai kisi kristal serta morfologi material.

Hubungan tersebut tidak bersifat satu arah secara sederhana. Kondisi lingkungan dapat mengubah struktur dan distribusi spesies, sedangkan perubahan kimia menghasilkan struktur baru. Penjelasan harus memperhatikan skala, energi, dan waktu.

Subbab ini memperluas pembahasan mengenai rantai hubungan struktur elektronik, geometri, interaksi, sifat, energi, dan reaktivitas dengan menempatkan setiap gagasan sebagai bagian dari sistem penjelasan kimia. Uraian tidak hanya menjawab apa yang dimaksud oleh istilah tertentu, tetapi juga mengapa konsep tersebut diperlukan, bagaimana konsep dibangun dari bukti, bagaimana ia direpresentasikan, dan dalam kondisi apa penggunaannya memiliki keterbatasan. Perspektif ini penting karena miskonsepsi sering muncul bukan akibat ketiadaan

informasi, melainkan akibat hubungan yang tidak tepat antara pengamatan, model partikel, simbol, bahasa, dan prosedur kuantitatif.

Pengembangan pada subbab ini diarahkan untuk menunjukkan bahwa rantai hubungan struktur elektronik, geometri, interaksi, sifat, energi, dan reaktivitas memiliki konsekuensi langsung terhadap cara peserta didik belajar dan cara guru merancang pembelajaran. Setiap bagian akan menghubungkan landasan disipliner dengan potensi kesalahan konseptual, bentuk diagnosis yang relevan, serta strategi pedagogis yang memungkinkan peserta didik menguji dan merevisi gagasannya. Dengan demikian, karakteristik pengetahuan kimia dipahami sekaligus sebagai kekuatan penjelas ilmu dan sebagai sumber tuntutan kognitif yang perlu dikelola secara sadar.

2.6.1 Struktur Elektronik dan Kecenderungan Kimia

Distribusi elektron menentukan banyak aspek kestabilan, ikatan, polaritas, dan reaktivitas. Konfigurasi elektron, energi orbital, muatan efektif, dan ketersediaan elektron valensi membantu menjelaskan pola periodik serta pembentukan spesies.

Energi ionisasi umumnya meningkat sepanjang periode karena perubahan muatan inti efektif dan ukuran. Kecenderungan ini bukan sekadar akibat atom 'ingin oktet', tetapi hasil interaksi elektrostatik dan energi sistem.

Aturan oktet sering berubah menjadi tujuan antropomorfis universal. Peserta didik dapat menganggap semua atom harus memiliki delapan elektron atau ikatan terbentuk karena atom memiliki keinginan.

Aturan heuristik perlu ditempatkan dalam kerangka energi dan disertai batas. Contoh pengecualian membantu mencegah aturan praktis menjadi hukum absolut.

Pendalaman Konseptual

struktur elektronik dan kecenderungan kimia perlu ditempatkan dalam kerangka rantai hubungan struktur elektronik, geometri, interaksi, sifat, energi, dan reaktivitas. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, struktur elektronik dan kecenderungan kimia harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar

penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Untuk memperjelas struktur elektronik dan kecenderungan kimia, pembelajaran dapat menggunakan perbandingan antara kristal NaCl dan polimer dengan tingkat percabangan berbeda. Perbandingan tidak dimaksudkan sebagai ilustrasi tambahan semata, tetapi sebagai sarana menguji batas konsep. Peserta didik perlu menentukan persamaan dan perbedaan kedua sistem, memilih bukti yang relevan, serta menjelaskan proses pada skala partikel. Selanjutnya, mereka dapat menerjemahkan penjelasan itu ke dalam persamaan, grafik, atau model lain. Rangkaian aktivitas tersebut membantu mengungkap apakah jawaban didasarkan pada hubungan konseptual atau hanya pada pola kata dan prosedur yang telah dihafal.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian struktur elektronik dan kecenderungan kimia, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa sifat dianggap hanya ditentukan jenis atom atau polaritas ikatan disamakan dengan polaritas molekul. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, struktur elektronik dan kecenderungan kimia memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan menyusun penjelasan kausal dari struktur menuju sifat dan kemungkinan perubahan pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang struktur elektronik dan kecenderungan kimia bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup struktur elektronik, geometri, interaksi, sifat,

dan reaktivitas. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna struktur elektronik dan kecenderungan kimia tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui intan-grafit, isomer, polaritas, kristal, dan polimer membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan struktur elektronik dan kecenderungan kimia sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk struktur elektronik dan kecenderungan kimia perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk menyusun rantai sebab dari struktur menuju sifat dan perubahan, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.6.2 Ikatan, Gaya Antarmolekul, dan Sifat Fisik

Sifat bahan bergantung pada ikatan intrapartikel dan interaksi antarpesies. Ikatan kovalen atau ionik menjelaskan struktur internal, sedangkan gaya antarmolekul, interaksi ion-dipol, dan jejaring menentukan banyak sifat fase serta proses pemisahan.

Titik didih etanol lebih tinggi daripada dimetil eter karena perbedaan kemampuan membentuk ikatan hidrogen, meskipun keduanya memiliki massa molar sama. NaCl memiliki titik leleh tinggi karena kisi ionik, bukan karena satu 'molekul NaCl' memiliki ikatan sangat kuat.

Peserta didik sering menyamakan pemutusan gaya antarmolekul dengan pemutusan ikatan kovalen. Mereka juga menganggap ikatan kuat selalu menghasilkan reaktivitas rendah tanpa mempertimbangkan jalur reaksi.

Pembelajaran perlu memisahkan tingkat interaksi dan menggunakan diagram energi. Pertanyaan harus menyebut proses spesifik: mendidih, melarut, memutus ikatan, atau bereaksi.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, ikatan, gaya antarmolekul, dan sifat fisik bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan rantai hubungan struktur elektronik, geometri, interaksi, sifat, energi, dan reaktivitas. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, ikatan, gaya antarmolekul, dan sifat fisik harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus etanol dan dimetil eter dapat dipasangkan dengan air dan hidrogen sulfida untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebut hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti

yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan menyusun penjelasan kausal dari struktur menuju sifat dan kemungkinan perubahan, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada ikatan, gaya antarmolekul, dan sifat fisik muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain sifat dianggap hanya ditentukan jenis atom dan energi ikatan dipahami secara terbalik. Kesalahan tersebut tidak selalu terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran ikatan, gaya antarmolekul, dan sifat fisik akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk menyusun penjelasan kausal dari struktur menuju sifat dan kemungkinan perubahan, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang ikatan, gaya antarmolekul, dan sifat fisik bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup struktur elektronik, geometri, interaksi, sifat, dan reaktivitas. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari ikatan, gaya antarmolekul, dan sifat fisik. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik

perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari intan-grafit, isomer, polaritas, kristal, dan polimer dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan ikatan, gaya antarmolekul, dan sifat fisik sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk ikatan, gaya antarmolekul, dan sifat fisik perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk menyusun rantai sebab dari struktur menuju sifat dan perubahan, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.6.3 Geometri, Polaritas, dan Distribusi Muatan

Konektivitas, bentuk molekul, dan distribusi elektron bersama-sama menentukan momen dipol, interaksi, serta pengenalan molekuler. Polaritas ikatan tidak otomatis menghasilkan molekul polar karena orientasi vektor harus dipertimbangkan.

CO₂ memiliki ikatan polar tetapi geometri linear simetris sehingga momen dipol total nol. H₂O memiliki geometri bengkok dan momen dipol bersih. Isomer geometri dapat menunjukkan sifat berbeda walaupun rumus molekul sama.

Gambar datar mendorong anggapan bahwa molekul benar-benar dua dimensi. Peserta didik juga dapat menambahkan polaritas ikatan secara skalar tanpa memperhatikan arah dan simetri.

Model tiga dimensi, vektor dipol, dan perbandingan molekul analog perlu digunakan secara terkoordinasi. Peserta didik harus menjelaskan hubungan, bukan hanya menyebut bentuk.

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai geometri, polaritas, dan distribusi muatan menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari rantai hubungan struktur elektronik, geometri, interaksi, sifat, energi, dan reaktivitas. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindarkan pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, geometri, polaritas, dan distribusi muatan menuntut pembedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus air dan hidrogen sulfida dapat dipasangkan dengan intan dan grafit untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebut hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan menyusun penjelasan kausal dari struktur menuju sifat dan kemungkinan perubahan, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada geometri, polaritas, dan distribusi muatan muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain polaritas ikatan disamakan dengan polaritas molekul dan ikatan yang kuat selalu berarti titik didih tinggi. Kesalahan tersebut tidak selalu terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, geometri, polaritas, dan distribusi muatan memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan menyusun penjelasan kausal dari struktur menuju sifat dan kemungkinan perubahan pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, geometri, polaritas, dan distribusi muatan memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan struktur elektronik, geometri, interaksi, sifat, dan reaktivitas. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna geometri, polaritas, dan distribusi muatan tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui intan-grafit, isomer, polaritas, kristal, dan polimer membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan geometri, polaritas, dan distribusi muatan sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran geometri, polaritas, dan distribusi muatan dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari intan-grafit, isomer, polaritas, kristal, dan polimer digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan menyusun rantai sebab dari struktur menuju sifat dan perubahan, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.6.4 Struktur Padatan dan Sifat Material

Pada padatan, susunan jangka panjang, cacat, ukuran kristalit, dan mikrostruktur memengaruhi kekerasan, konduktivitas, kelarutan, serta respons mekanik. Rumus kimia saja tidak selalu cukup untuk memprediksi sifat material.

Grafrit dan intan berbeda karena jaringan ikatan serta mobilitas elektron. Polimorf suatu senyawa farmasi dapat memiliki kelarutan dan stabilitas berbeda walaupun komposisinya sama.

Peserta didik cenderung mengaitkan sifat hanya dengan jenis ikatan secara kategoris: ionik selalu keras, kovalen selalu lunak, atau logam selalu konduktor sempurna. Variasi struktur nyata diabaikan.

Kasus material dengan komposisi sama dan struktur berbeda sangat efektif. Guru perlu menekankan bahwa kategori ikatan adalah model dominan, bukan label yang menghapus kompleksitas.

Pendalaman Konseptual

struktur padatan dan sifat material perlu ditempatkan dalam kerangka rantai hubungan struktur elektronik, geometri, interaksi, sifat, energi, dan reaktivitas. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, struktur padatan dan sifat material menuntut perbedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi

simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus polimer dengan tingkat percabangan berbeda dapat dipasangkan dengan kristal NaCl untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebutkan hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan menyusun penjelasan kausal dari struktur menuju sifat dan kemungkinan perubahan, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada struktur padatan dan sifat material muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain polaritas ikatan disamakan dengan polaritas molekul dan sifat dianggap hanya ditentukan jenis atom. Kesalahan tersebut tidak selalu terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, struktur padatan dan sifat material memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan menyusun penjelasan kausal dari struktur menuju sifat dan kemungkinan perubahan pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, struktur padatan dan sifat material memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan struktur elektronik, geometri, interaksi, sifat, dan reaktivitas.

Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari struktur padatan dan sifat material. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari intan-grafit, isomer, polaritas, kristal, dan polimer dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan struktur padatan dan sifat material sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran struktur padatan dan sifat material dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari intan-grafit, isomer, polaritas, kristal, dan polimer digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan menyusun rantai sebab dari struktur menuju sifat dan perubahan, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.6.5 Struktur dan Reaktivitas

Reaktivitas ditentukan oleh distribusi elektron, orientasi, energi, aksesibilitas situs, pelarut, serta mekanisme. Gugus fungsi membantu mengorganisasikan pola, tetapi hasil reaksi bergantung pada keseluruhan lingkungan molekuler.

Alkena bereaksi pada ikatan π karena distribusi elektron dan jalur mekanistik tertentu. Dalam kimia asam-basa, stabilitas basa konjugasi membantu menjelaskan kekuatan asam lebih baik daripada menghafal urutan zat.

Aturan reaksi dapat direduksi menjadi pencocokan pola tanpa alasan. Peserta didik menghafal produk tetapi tidak dapat menjelaskan pemutusan-pembentukan ikatan atau aliran elektron.

Mekanisme perlu digunakan sebagai model penjelas, dengan panah elektron yang bermakna. Tugas prediksi harus diikuti alasan struktur dan energi.

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai struktur dan reaktivitas menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari rantai hubungan struktur elektronik, geometri, interaksi, sifat, energi, dan reaktivitas. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindari pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, struktur dan reaktivitas menuntut pembedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui etanol dan dimetil eter dan intan dan grafit. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan,

menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada struktur dan reaktivitas muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain sifat dianggap hanya ditentukan jenis atom dan ikatan yang kuat selalu berarti titik didih tinggi. Kesalahan tersebut tidak selalu terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran struktur dan reaktivitas akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk menyusun penjelasan kausal dari struktur menuju sifat dan kemungkinan perubahan, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, struktur dan reaktivitas memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan struktur elektronik, geometri, interaksi, sifat, dan reaktivitas. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna struktur dan reaktivitas tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui intan-grafit, isomer, polaritas, kristal, dan polimer membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya

bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman struktur dan reaktivitas harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran struktur dan reaktivitas dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari intan-grafit, isomer, polaritas, kristal, dan polimer digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan menyusun rantai sebab dari struktur menuju sifat dan perubahan, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.6.6 Energi, Kinetika, dan Kemungkinan Perubahan

Perubahan materi dipengaruhi oleh kelayakan termodinamika dan hambatan kinetik. Keadaan dengan energi bebas lebih rendah dapat menguntungkan, tetapi laju tetap bergantung pada jalur dan energi aktivasi.

Campuran H_2 dan O_2 dapat relatif bertahan pada suhu kamar tanpa pemicu meskipun pembentukan air menguntungkan secara termodinamika. Katalis menyediakan jalur alternatif dan memengaruhi laju, bukan perubahan energi awal-akhir.

Peserta didik sering menyamakan reaksi spontan dengan reaksi cepat, atau menganggap katalis menambah energi dan menggeser kesetimbangan. Energi aktivasi juga tercampur dengan perubahan entalpi.

Diagram energi perlu membedakan keadaan awal, keadaan akhir, puncak hambatan, dan jalur alternatif. Perbandingan termodinamika-kinetika harus diulang pada beberapa sistem.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, energi, kinetika, dan kemungkinan perubahan bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan rantai hubungan struktur elektronik, geometri,

interaksi, sifat, energi, dan reaktivitas. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, energi, kinetika, dan kemungkinan perubahan menuntut perbedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Untuk memperjelas energi, kinetika, dan kemungkinan perubahan, pembelajaran dapat menggunakan perbandingan antara polimer dengan tingkat percabangan berbeda dan intan dan grafit. Perbandingan tidak dimaksudkan sebagai ilustrasi tambahan semata, tetapi sebagai sarana menguji batas konsep. Peserta didik perlu menentukan persamaan dan perbedaan kedua sistem, memilih bukti yang relevan, serta menjelaskan proses pada skala partikel. Selanjutnya, mereka dapat menerjemahkan penjelasan itu ke dalam persamaan, grafik, atau model lain. Rangkaian aktivitas tersebut membantu mengungkap apakah jawaban didasarkan pada hubungan konseptual atau hanya pada pola kata dan prosedur yang telah dihafal.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian energi, kinetika, dan kemungkinan perubahan, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa sifat dianggap hanya ditentukan jenis atom atau energi ikatan dipahami secara terbalik. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa energi, kinetika, dan kemungkinan perubahan perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif,

mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk menyusun penjelasan kausal dari struktur menuju sifat dan kemungkinan perubahan. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang energi, kinetika, dan kemungkinan perubahan bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup struktur elektronik, geometri, interaksi, sifat, dan reaktivitas. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna energi, kinetika, dan kemungkinan perubahan tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui intan-grafit, isomer, polaritas, kristal, dan polimer membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman energi, kinetika, dan kemungkinan perubahan harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk energi, kinetika, dan kemungkinan perubahan perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap.

Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk menyusun rantai sebab dari struktur menuju sifat dan perubahan, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.6.7 Sintesis: Rantai Struktur-Sifat-Perubahan

Hubungan struktur, sifat, dan perubahan menyediakan kerangka kausal yang menyatukan kimia. Struktur pada berbagai skala memengaruhi interaksi; interaksi menghasilkan sifat; sifat dan kondisi membatasi transformasi; transformasi menghasilkan struktur baru.

Miskonsepsi muncul ketika satu mata rantai dihilangkan atau kategori diperlakukan mutlak. Daftar sifat tanpa struktur menghasilkan hafalan, sedangkan struktur tanpa bukti sifat menjadi gambar dekoratif.

Pembelajaran perlu meminta peserta didik bergerak dua arah: memprediksi sifat dari struktur dan mengusulkan struktur dari data sifat. Penalaran balik menguji apakah hubungan benar-benar dipahami.

Kerangka ini juga memerlukan bahasa ilmiah yang presisi agar relasi sebab-akibat tidak berubah menjadi metafora yang menyesatkan.

Aspek Struktur	Sifat yang Dipengaruhi	Contoh
Konfigurasi elektron	Energi ionisasi, reaktivitas	Pola periodik unsur
Geometri dan polaritas	Kelarutan, titik didih	H ₂ O dibanding CO ₂
Gaya antarmolekul	Fase, volatilitas	Etanol dibanding dimetil eter
Kisi kristal	Kekerasan, titik leleh	NaCl, intan, grafit
Gugus fungsi	Jalur reaksi	Alkena, alkohol, asam karboksilat

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai sintesis: rantai struktur-sifat-perubahan menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari rantai hubungan struktur elektronik, geometri, interaksi, sifat, energi, dan reaktivitas. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep,

hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindarkan pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan sintesis: rantai struktur-sifat-perubahan juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi, dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional memiliki fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus kristal NaCl dapat dipasangkan dengan etanol dan dimetil eter untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebut hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan menyusun penjelasan kausal dari struktur menuju sifat dan kemungkinan perubahan, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam sintesis: rantai struktur-sifat-perubahan berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti polaritas ikatan disamakan dengan polaritas molekul, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa energi ikatan dipahami secara terbalik. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa sintesis: rantai struktur-sifat-perubahan perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk menyusun penjelasan

kausal dari struktur menuju sifat dan kemungkinan perubahan. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, sintesis: rantai struktur-sifat-perubahan memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan struktur elektronik, geometri, interaksi, sifat, dan reaktivitas. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari sintesis: rantai struktur-sifat-perubahan. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari intan-grafit, isomer, polaritas, kristal, dan polimer dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman sintesis: rantai struktur-sifat-perubahan harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk sintesis: rantai struktur-sifat-perubahan perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan,

tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk menyusun rantai sebab dari struktur menuju sifat dan perubahan, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.7 Bahasa Ilmiah dalam Kimia

Kimia memiliki bahasa teknis yang menggabungkan kata, simbol, diagram, persamaan, dan konvensi argumentasi. Bahasa ini memungkinkan komunikasi presisi, tetapi banyak istilah beririsan dengan bahasa sehari-hari atau memiliki makna berbeda menurut konteks teori.

Belajar kimia berarti belajar menggunakan bahasa untuk mengklasifikasikan, menjelaskan, membandingkan, membatasi, dan membuktikan. Kesalahan bahasa dapat mencerminkan miskonsepsi, tetapi bahasa guru juga dapat menjadi sumber miskonsepsi baru.

Subbab ini memperluas pembahasan mengenai bahasa ilmiah, istilah sehari-hari, metafora, dan argumentasi dalam kimia dengan menempatkan setiap gagasan sebagai bagian dari sistem penjelasan kimia. Uraian tidak hanya menjawab apa yang dimaksud oleh istilah tertentu, tetapi juga mengapa konsep tersebut diperlukan, bagaimana konsep dibangun dari bukti, bagaimana ia direpresentasikan, dan dalam kondisi apa penggunaannya memiliki keterbatasan. Perspektif ini penting karena miskonsepsi sering muncul bukan akibat ketiadaan informasi, melainkan akibat hubungan yang tidak tepat antara pengamatan, model partikel, simbol, bahasa, dan prosedur kuantitatif.

Pengembangan pada subbab ini diarahkan untuk menunjukkan bahwa bahasa ilmiah, istilah sehari-hari, metafora, dan argumentasi dalam kimia memiliki konsekuensi langsung terhadap cara peserta didik belajar dan cara guru merancang pembelajaran. Setiap bagian akan menghubungkan landasan disipliner dengan potensi kesalahan konseptual, bentuk diagnosis yang relevan, serta strategi pedagogis yang memungkinkan peserta didik menguji dan merevisi gagasannya. Dengan demikian, karakteristik pengetahuan kimia dipahami sekaligus sebagai kekuatan penjelas ilmu dan sebagai sumber tuntutan kognitif yang perlu dikelola secara sadar.

2.7.1 Istilah Sehari-hari dan Makna Ilmiah

Kata seperti kuat, lemah, stabil, jenuh, murni, spontan, dan seimbang memiliki makna sehari-hari yang tidak identik dengan makna kimia. Makna ilmiah dibatasi oleh definisi, kondisi, dan hubungan teoretis.

Asam kuat berkaitan dengan derajat ionisasi atau konstanta dalam model tertentu, bukan selalu pekat atau sangat berbahaya. Reaksi spontan tidak berarti terjadi seketika. Larutan jenuh bukan wadah yang 'penuh' secara geometris.

Peserta didik mengaktifkan makna sehari-hari lebih dahulu dan menyesuaikan informasi baru ke skema lama. Jawaban dapat terdengar masuk akal secara bahasa tetapi salah secara konsep.

Guru perlu meminta peserta didik membandingkan dua makna dan menggunakan istilah dalam kalimat ilmiah. Glosarium kontekstual lebih berguna daripada daftar definisi terpisah.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, istilah sehari-hari dan makna ilmiah bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan bahasa ilmiah, istilah sehari-hari, metafora, dan argumentasi dalam kimia. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, istilah sehari-hari dan makna ilmiah menuntut perbedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui kuat dan lemah pada asam dan spontan dalam termodinamika. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian istilah sehari-hari dan makna ilmiah, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa makna sehari-hari dipindahkan langsung atau kepastian bahasa melebihi kekuatan bukti. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka,

representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, istilah sehari-hari dan makna ilmiah memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan memilih istilah presisi, menyatakan tingkat kepastian, dan menjelaskan batas analogi pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, istilah sehari-hari dan makna ilmiah memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan bahasa ilmiah, polisemi, metafora, dan argumentasi. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari istilah sehari-hari dan makna ilmiah. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari asam kuat-lemah, larutan jenuh, spontanitas, dan kestabilan dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan istilah sehari-hari dan makna ilmiah sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan:

jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk istilah sehari-hari dan makna ilmiah perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk menggunakan istilah secara presisi dan menyatakan batas analogi, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.7.2 Polisemi dan Perubahan Kerangka Teori

Satu istilah dapat memiliki makna berbeda dalam kerangka yang berbeda. Asam, basa, oksidasi, ikatan, dan orbital berkembang secara historis serta digunakan dengan tingkat cakupan yang berbeda.

Asam Arrhenius dibahas dalam larutan air, Brønsted-Lowry berfokus pada transfer proton, dan Lewis pada pasangan elektron. Ketiga definisi saling berhubungan tetapi tidak dapat dipertukarkan tanpa menyebut konteks.

Peserta didik dapat menganggap definisi baru membatalkan definisi lama atau menggabungkan atribut dari beberapa teori secara tidak konsisten. Mereka juga dapat menggunakan satu definisi di luar domainnya.

Pengajaran perlu menunjukkan hubungan inklusi, tujuan, dan batas setiap kerangka. Tabel perbandingan harus diikuti kasus yang hanya dapat dijelaskan oleh kerangka tertentu.

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai polisemi dan perubahan kerangka teori menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari bahasa ilmiah, istilah sehari-hari, metafora, dan argumentasi dalam kimia. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindarkan pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, polisemi dan perubahan kerangka teori menuntut perbedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui ikatan sebagai gaya elektrostatik dan kuat dan lemah pada asam. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian polisemi dan perubahan kerangka teori, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa metafora ditafsirkan harfiah atau atom dianggap memiliki kehendak. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran polisemi dan perubahan kerangka teori akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk memilih istilah presisi, menyatakan tingkat kepastian, dan menjelaskan batas analogi, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang polisemi dan perubahan kerangka teori bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup bahasa ilmiah, polisemi, metafora, dan argumentasi. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna polisemi dan perubahan kerangka teori tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui asam kuat-lemah, larutan jenuh, spontanitas, dan kestabilan membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan polisemi dan perubahan kerangka teori sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk polisemi dan perubahan kerangka teori perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk menggunakan istilah secara presisi dan menyatakan batas analogi, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.7.3 Metafora, Analogi, dan Bahasa Figuratif

Metafora dan analogi membantu menjembatani konsep abstrak dengan pengalaman familiar. Ungkapan awan elektron, kulit atom, jembatan garam, pasangan elektron, atau lanskap energi dapat memusatkan perhatian pada aspek tertentu.

Analogi tata surya membantu menampilkan inti dan elektron, tetapi gagal menggambarkan sifat probabilistik serta interaksi kuantum. Analogi kunci-gembok menonjolkan kecocokan, tetapi dapat mengabaikan fleksibilitas dan dinamika.

Risiko muncul ketika kesamaan dianggap identitas. Peserta didik membawa semua sifat analog ke target, sehingga elektron dianggap planet kecil atau ikatan dianggap batang.

Setiap analogi perlu disertai pemetaan: bagian yang mirip, bagian yang tidak mirip, dan pertanyaan yang dapat atau tidak dapat dijawab. Penghentian analogi sama pentingnya dengan pengenalnya.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, metafora, analogi, dan bahasa figuratif bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan bahasa ilmiah, istilah sehari-hari, metafora, dan argumentasi dalam kimia. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, metafora, analogi, dan bahasa figuratif menuntut perbedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui kuat dan lemah pada asam dan jenuh dalam larutan. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan

alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian metafora, analogi, dan bahasa figuratif, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa atom dianggap memiliki kehendak atau makna sehari-hari dipindahkan langsung. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa metafora, analogi, dan bahasa figuratif perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk memilih istilah presisi, menyatakan tingkat kepastian, dan menjelaskan batas analogi. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang metafora, analogi, dan bahasa figuratif bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup bahasa ilmiah, polisemi, metafora, dan argumentasi. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari metafora, analogi, dan bahasa figuratif. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari asam kuat-lemah, larutan jenuh, spontanitas, dan kestabilan dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik

sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan metafora, analogi, dan bahasa figuratif sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk metafora, analogi, dan bahasa figuratif perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk menggunakan istilah secara presisi dan menyatakan batas analogi, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.7.4 Bahasa Antropomorfis dan Teleologis

Pernyataan bahwa atom 'ingin stabil', elektron 'mencari pasangan', atau molekul 'suka air' merupakan bahasa antropomorfis. Bahasa tersebut dapat memudahkan komunikasi awal, tetapi memberikan tujuan dan kehendak kepada entitas fisik.

Kecenderungan pembentukan ikatan lebih tepat dijelaskan melalui energi total dan interaksi. Hidrofilisitas berkaitan dengan interaksi molekuler, bukan preferensi psikologis.

Peserta didik dapat menjadikan keinginan sebagai penyebab final. Ketika menjumpai pengecualian, mereka menambah cerita baru daripada merevisi model energi.

Guru dapat menggunakan bahasa singkat secara sadar, lalu segera menerjemahkannya ke mekanisme ilmiah. Peserta didik juga dapat diminta memperbaiki kalimat antropomorfis.

Pendalaman Konseptual

bahasa antropomorfis dan teleologis perlu ditempatkan dalam kerangka bahasa ilmiah, istilah sehari-hari, metafora, dan argumentasi dalam kimia. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum

melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, bahasa antropomorfis dan teleologis harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui kuat dan lemah pada asam dan stabil dalam konteks energi. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian bahasa antropomorfis dan teleologis, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa metafora ditafsirkan harfiah atau makna sehari-hari dipindahkan langsung. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran bahasa antropomorfis dan teleologis akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus

jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk memilih istilah presisi, menyatakan tingkat kepastian, dan menjelaskan batas analogi, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, bahasa antropomorfis dan teleologis memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan bahasa ilmiah, polisemi, metafora, dan argumentasi. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna bahasa antropomorfis dan teleologis tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui asam kuat-lemah, larutan jenuh, spontanitas, dan kestabilan membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan bahasa antropomorfis dan teleologis sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran bahasa antropomorfis dan teleologis dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari asam kuat-lemah, larutan jenuh, spontanitas, dan kestabilan digunakan untuk menguji

prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan menggunakan istilah secara presisi dan menyatakan batas analogi, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.7.5 Nominalisasi, Kalimat Pasif, dan Hilangnya Agen Proses

Teks kimia sering menggunakan nominalisasi seperti ionisasi, oksidasi, disosiasi, dan netralisasi. Bentuk ini memadatkan proses menjadi kata benda, tetapi dapat menyembunyikan siapa berinteraksi dengan siapa dan apa yang berubah.

Kalimat 'terjadi ionisasi asam' dapat menyembunyikan peran pelarut dan transfer proton. 'Energi dilepaskan' perlu diikuti penjelasan dari perubahan interaksi dan ke mana energi berpindah.

Peserta didik dapat menghafal nama proses tanpa model mekanistik. Kalimat pasif juga membuat perubahan tampak terjadi sendiri tanpa kondisi atau pasangan interaksi.

Kegiatan parafrase dari nominalisasi ke kalimat proses membantu: spesies A berinteraksi dengan B, elektron berpindah, dan sistem-lingkungan bertukar energi.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, nominalisasi, kalimat pasif, dan hilangnya agen proses bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan bahasa ilmiah, istilah sehari-hari, metafora, dan argumentasi dalam kimia. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, nominalisasi, kalimat pasif, dan hilangnya agen proses menuntut pembedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Untuk memperjelas nominalisasi, kalimat pasif, dan hilangnya agen proses, pembelajaran dapat menggunakan perbandingan antara kuat dan lemah pada asam dan ikatan sebagai gaya elektrostatik. Perbandingan tidak dimaksudkan sebagai ilustrasi tambahan semata, tetapi sebagai sarana menguji batas konsep. Peserta didik perlu menentukan persamaan dan perbedaan kedua sistem, memilih bukti yang relevan, serta menjelaskan proses pada skala partikel. Selanjutnya, mereka dapat menerjemahkan penjelasan itu ke dalam persamaan, grafik, atau model lain. Rangkaian aktivitas tersebut membantu mengungkap apakah jawaban didasarkan pada hubungan konseptual atau hanya pada pola kata dan prosedur yang telah dihafal.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada nominalisasi, kalimat pasif, dan hilangnya agen proses muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain kepastian bahasa melebihi kekuatan bukti dan makna sehari-hari dipindahkan langsung. Kesalahan tersebut tidak selalu terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran nominalisasi, kalimat pasif, dan hilangnya agen proses akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk memilih istilah presisi, menyatakan tingkat kepastian, dan menjelaskan batas analogi, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, nominalisasi, kalimat pasif, dan hilangnya agen proses memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan bahasa ilmiah, polisemi, metafora, dan argumentasi. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa

yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari nominalisasi, kalimat pasif, dan hilangnya agen proses. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari asam kuat-lemah, larutan jenuh, spontanitas, dan kestabilan dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman nominalisasi, kalimat pasif, dan hilangnya agen proses harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran nominalisasi, kalimat pasif, dan hilangnya agen proses dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari asam kuat-lemah, larutan jenuh, spontanitas, dan kestabilan digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan menggunakan istilah secara presisi dan menyatakan batas analogi, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.7.6 Bahasa Argumentasi dan Kepastian Ilmiah

Penjelasan ilmiah menggunakan klaim, bukti, penalaran, kondisi, dan batas. Kata seperti menunjukkan, mendukung, konsisten dengan, memprediksi, dan bergantung pada menyatakan hubungan epistemik yang berbeda.

Data satu eksperimen dapat mendukung model, tetapi jarang membuktikan semua aspek secara mutlak. Pernyataan 'hasil ini membuktikan atom terlihat' tidak tepat; hasil mungkin konsisten dengan model tertentu.

Peserta didik cenderung menulis kesimpulan kategoris atau hanya mengulang data. Mereka juga dapat menganggap alasan adalah pendapat pribadi yang tidak perlu ditautkan dengan bukti.

Pembelajaran perlu membiasakan format klaim-bukti-penalaran dan meminta peserta didik menyebut asumsi serta alternatif. Literasi epistemik mengurangi kepastian palsu.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, bahasa argumentasi dan kepastian ilmiah bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan bahasa ilmiah, istilah sehari-hari, metafora, dan argumentasi dalam kimia. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan bahasa argumentasi dan kepastian ilmiah juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi, dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional memiliki fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui ikatan sebagai gaya elektrostatik dan stabil dalam konteks energi. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam bahasa argumentasi dan kepastian ilmiah berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti kepastian bahasa melebihi kekuatan bukti, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa metafora ditafsirkan harfiah. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus perbandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, bahasa argumentasi dan kepastian ilmiah memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan memilih istilah presisi, menyatakan tingkat kepastian, dan menjelaskan batas analogi pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang bahasa argumentasi dan kepastian ilmiah bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup bahasa ilmiah, polisemi, metafora, dan argumentasi. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari bahasa argumentasi dan kepastian ilmiah. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari asam kuat-lemah, larutan jenuh, spontanitas, dan kestabilan dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas

pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman bahasa argumentasi dan kepastian ilmiah harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran bahasa argumentasi dan kepastian ilmiah dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari asam kuat-lemah, larutan jenuh, spontanitas, dan kestabilan digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan menggunakan istilah secara presisi dan menyatakan batas analogi, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.7.7 Sintesis: Bahasa sebagai Alat dan Sumber Miskonsepsi

Bahasa kimia memungkinkan presisi, tetapi maknanya tidak otomatis. Istilah teknis, simbol, metafora, dan struktur kalimat harus dipelajari sebagai bagian pengetahuan kimia.

Miskonsepsi dapat bertahan karena peserta didik mengucapkan istilah yang benar dengan makna berbeda. Sebaliknya, penjelasan sederhana yang belum sempurna tidak selalu menunjukkan konsep salah jika struktur penalarannya tepat.

Guru perlu mendiagnosis makna di balik kata dan mengaudit bahasa pembelajaran. Kejelasan tidak berarti menghilangkan istilah teknis, melainkan mengajarkannya dengan konteks, contoh, noncontoh, dan batas.

Persamaan kimia merupakan bentuk bahasa yang sangat khusus dan perlu dipahami sebagai model, bukan rekaman literal peristiwa.

Istilah	Makna Sehari-hari yang Mengganggu	Makna Kimia yang Perlu Ditekankan
Kuat	Besar atau berbahaya	Derajat kecenderungan dalam model tertentu
Stabil	Tidak berubah sama sekali	Relatif terhadap kondisi, energi, dan waktu
Jenuh	Penuh secara ruang	Keadaan kesetimbangan pada kondisi tertentu
Spontan	Cepat atau langsung	Menguntungkan secara termodinamika
Ikatan	Tali atau batang	Interaksi dan keadaan energi sistem

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, sintesis: bahasa sebagai alat dan sumber miskonsepsi bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan bahasa ilmiah, istilah sehari-hari, metafora, dan argumentasi dalam kimia. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, sintesis: bahasa sebagai alat dan sumber miskonsepsi harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Untuk memperjelas sintesis: bahasa sebagai alat dan sumber miskonsepsi, pembelajaran dapat menggunakan perbandingan antara ikatan sebagai gaya elektrostatik dan jenuh dalam larutan. Perbandingan tidak dimaksudkan sebagai ilustrasi tambahan semata, tetapi sebagai sarana menguji batas konsep. Peserta didik perlu menentukan persamaan dan perbedaan

kedua sistem, memilih bukti yang relevan, serta menjelaskan proses pada skala partikel. Selanjutnya, mereka dapat menerjemahkan penjelasan itu ke dalam persamaan, grafik, atau model lain. Rangkaian aktivitas tersebut membantu mengungkap apakah jawaban didasarkan pada hubungan konseptual atau hanya pada pola kata dan prosedur yang telah dihafal.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada sintesis: bahasa sebagai alat dan sumber miskonsepsi muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain atom dianggap memiliki kehendak dan metafora difafsirkan harfiah. Kesalahan tersebut tidak selalu terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran sintesis: bahasa sebagai alat dan sumber miskonsepsi akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk memilih istilah presisi, menyatakan tingkat kepastian, dan menjelaskan batas analogi, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, sintesis: bahasa sebagai alat dan sumber miskonsepsi memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan bahasa ilmiah, polisemi, metafora, dan argumentasi. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari sintesis: bahasa sebagai alat dan sumber miskonsepsi. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor

apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari asam kuat-lemah, larutan jenuh, spontanitas, dan kestabilan dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan sintesis: bahasa sebagai alat dan sumber miskonsepsi sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran sintesis: bahasa sebagai alat dan sumber miskonsepsi dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari asam kuat-lemah, larutan jenuh, spontanitas, dan kestabilan digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan menggunakan istilah secara presisi dan menyatakan batas analogi, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.8 Persamaan Kimia sebagai Model, Bukan Peristiwa Nyata

Persamaan kimia adalah representasi simbolik yang merangkum identitas spesies, rasio stoikiometri, arah model perubahan, dan kadang keadaan fisik serta energi. Persamaan tidak sama dengan proses aktual dalam ruang dan waktu.

Satu persamaan dapat menyembunyikan tahap mekanisme, distribusi energi, peran pelarut, spesies antara, dan variasi molekuler. Karena kepadatannya, persamaan sangat berguna sekaligus rentan disalahartikan.

Subbab ini memperluas pembahasan mengenai persamaan kimia sebagai model simbolik untuk komposisi, rasio, muatan, keadaan, dan energi dengan menempatkan setiap gagasan sebagai bagian dari sistem penjelasan kimia. Uraian tidak hanya menjawab apa yang dimaksud oleh istilah tertentu, tetapi juga mengapa konsep tersebut diperlukan, bagaimana konsep dibangun dari bukti, bagaimana ia direpresentasikan, dan dalam kondisi apa penggunaannya

memiliki keterbatasan. Perspektif ini penting karena miskonsepsi sering muncul bukan akibat ketiadaan informasi, melainkan akibat hubungan yang tidak tepat antara pengamatan, model partikel, simbol, bahasa, dan prosedur kuantitatif.

Pengembangan pada subbab ini diarahkan untuk menunjukkan bahwa persamaan kimia sebagai model simbolik untuk komposisi, rasio, muatan, keadaan, dan energi memiliki konsekuensi langsung terhadap cara peserta didik belajar dan cara guru merancang pembelajaran. Setiap bagian akan menghubungkan landasan disipliner dengan potensi kesalahan konseptual, bentuk diagnosis yang relevan, serta strategi pedagogis yang memungkinkan peserta didik menguji dan merevisi gagasannya. Dengan demikian, karakteristik pengetahuan kimia dipahami sekaligus sebagai kekuatan penjelas ilmu dan sebagai sumber tuntutan kognitif yang perlu dikelola secara sadar.

2.8.1 Status Epistemik Persamaan Kimia

Persamaan kimia merupakan model komunikasi yang didasarkan pada prinsip kekekalan dan identifikasi spesies. Ia menyatakan perubahan bersih pada tingkat tertentu, bukan foto atau film reaksi.

$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ merangkum stoikiometri pembakaran sempurna. Persamaan tidak menampilkan radikal, tahap elementer, distribusi energi, atau kemungkinan produk samping.

Peserta didik dapat menganggap semua molekul pereaksi bertabrakan bersama sesuai koefisien dan langsung menghasilkan produk. Koefisien dibaca sebagai jumlah minimal partikel dalam satu kejadian elementer.

Guru perlu membedakan persamaan keseluruhan, tahap elementer, dan mekanisme. Pertanyaan 'informasi apa yang tidak diberikan?' mencegah reifikasi.

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai status epistemik persamaan kimia menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari persamaan kimia sebagai model simbolik untuk komposisi, rasio, muatan, keadaan, dan energi. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindari pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, status epistemik persamaan kimia harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus,

grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Untuk memperjelas status epistemik persamaan kimia, pembelajaran dapat menggunakan perbandingan antara pembakaran metana dan persamaan ion bersih Ag^+ dan Cl^- . Perbandingan tidak dimaksudkan sebagai ilustrasi tambahan semata, tetapi sebagai sarana menguji batas konsep. Peserta didik perlu menentukan persamaan dan perbedaan kedua sistem, memilih bukti yang relevan, serta menjelaskan proses pada skala partikel. Selanjutnya, mereka dapat menerjemahkan penjelasan itu ke dalam persamaan, grafik, atau model lain. Rangkaian aktivitas tersebut membantu mengungkap apakah jawaban didasarkan pada hubungan konseptual atau hanya pada pola kata dan prosedur yang telah dihafal.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada status epistemik persamaan kimia muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain persamaan dianggap rekaman visual peristiwa dan koefisien mengubah ukuran molekul. Kesalahan tersebut tidak selalu terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, status epistemik persamaan kimia memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan membaca persamaan sebagai sistem informasi dan menghubungkannya dengan kondisi eksperimen pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, status epistemik persamaan kimia memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan persamaan, koefisien, rasio, muatan, keadaan, dan energi. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain,

maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari status epistemik persamaan kimia. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari pembakaran, persamaan ion bersih, redoks, dan termokimia dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan status epistemik persamaan kimia sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran status epistemik persamaan kimia dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari pembakaran, persamaan ion bersih, redoks, dan termokimia digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan membaca persamaan sebagai model informasi, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.8.2 Penyetaraan sebagai Representasi Kekekalan

Penyetaraan memastikan jumlah atom setiap unsur dan muatan total konsisten antara sisi pereaksi dan produk. Operasi ini tidak menciptakan zat baru, melainkan memilih rasio representasional yang memenuhi kekekalan.

Pada $2\text{Al} + 3\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{AlCl}_3$, koefisien menyatakan rasio relatif. Mengubah AlCl_3 menjadi Al_2Cl_6 hanya untuk menyetarakan dapat mengubah jenis unit yang direpresentasikan dan tidak selalu tepat secara kimia.

Metode coba-coba tanpa model partikel mendorong manipulasi angka. Peserta didik mengubah indeks atau menambahkan koefisien pada satu unsur di dalam senyawa.

Penyetaraan sebaiknya dihubungkan dengan inventaris atom, diagram partikel, dan rasio mol. Setiap langkah harus mempertahankan identitas zat.

Pendalaman Konseptual

penyetaraan sebagai representasi kekekalan perlu ditempatkan dalam kerangka persamaan kimia sebagai model simbolik untuk komposisi, rasio, muatan, keadaan, dan energi. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, penyetaraan sebagai representasi kekekalan menuntut pembedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Untuk memperjelas penyetaraan sebagai representasi kekekalan, pembelajaran dapat menggunakan perbandingan antara pembakaran metana dan reaksi redoks. Perbandingan tidak dimaksudkan sebagai ilustrasi tambahan semata, tetapi sebagai sarana menguji batas konsep. Peserta didik perlu menentukan persamaan dan perbedaan kedua sistem, memilih bukti yang relevan, serta menjelaskan proses pada skala partikel. Selanjutnya, mereka dapat menerjemahkan penjelasan itu ke dalam persamaan, grafik, atau model lain. Rangkaian

aktivitas tersebut membantu mengungkap apakah jawaban didasarkan pada hubungan konseptual atau hanya pada pola kata dan prosedur yang telah dihafal.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian penyetaraan sebagai representasi kekekalan, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa spesies pengamat dianggap tidak ada atau koefisien mengubah ukuran molekul. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa penyetaraan sebagai representasi kekekalan perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk membaca persamaan sebagai sistem informasi dan menghubungkannya dengan kondisi eksperimen. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang penyetaraan sebagai representasi kekekalan bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup persamaan, koefisien, rasio, muatan, keadaan, dan energi. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna penyetaraan sebagai representasi kekekalan tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui pembakaran, persamaan ion bersih, redoks, dan termokimia membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu

menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman penyetaraan sebagai representasi kekekalan harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk penyetaraan sebagai representasi kekekalan perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk membaca persamaan sebagai model informasi, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.8.3 Rasio Stoikiometri dan Skala Makroskopik

Koefisien persamaan menghubungkan jumlah relatif entitas dengan jumlah zat makroskopik. Rasio berlaku pada molekul, unit formula, atau mol sesuai konteks, tetapi tidak langsung menentukan massa atau volume yang sama.

Koefisien 2:1:2 pada pembentukan air berarti dua mol H_2 bereaksi dengan satu mol O_2 menghasilkan dua mol H_2O pada idealisasi stoikiometrik. Massa masing-masing berbeda karena massa molar berbeda.

Peserta didik dapat menganggap koefisien sama dengan gram, atau semua zat dengan koefisien sama memiliki massa sama. Mereka juga mengabaikan pereaksi pembatas dan hasil aktual.

Pembelajaran perlu bergerak dari persamaan ke tabel jumlah zat, massa, dan jumlah partikel, sambil membedakan rasio teoretis dari data eksperimen.

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai rasio stoikiometri dan skala makroskopik menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari persamaan kimia sebagai model simbolik untuk komposisi, rasio, muatan, keadaan, dan energi. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindarkan pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, rasio stoikiometri dan skala makroskopik menuntut perbedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui pembakaran metana dan reaksi reversibel. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam rasio stoikiometri dan skala makroskopik berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti spesies pengamat dianggap tidak ada, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa persamaan dianggap rekaman visual peristiwa. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, rasio stoikiometri dan skala makroskopik memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan membaca persamaan sebagai sistem informasi dan menghubungkannya dengan kondisi eksperimen pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang rasio stoikiometri dan skala makroskopik bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup persamaan, koefisien, rasio, muatan, keadaan, dan energi. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna rasio stoikiometri dan skala makroskopik tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui pembakaran, persamaan ion bersih, redoks, dan termokimia membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan rasio stoikiometri dan skala makroskopik sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran rasio stoikiometri dan skala makroskopik dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari pembakaran, persamaan ion bersih, redoks, dan termokimia digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan membaca persamaan sebagai model informasi, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.8.4 Spesies Pengamat dan Persamaan Ion Bersih

Persamaan ion lengkap dan persamaan ion bersih menampilkan tingkat seleksi informasi yang berbeda. Ion pengamat tetap berada dalam sistem dan dapat berperan dalam sifat medium, meskipun tidak termasuk dalam perubahan bersih yang disorot.

$\text{AgNO}_3(\text{aq}) + \text{NaCl}(\text{aq})$ dapat diuraikan menjadi ion. Persamaan bersih $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}$ menonjolkan pembentukan endapan, sedangkan Na^+ dan NO_3^- tetap berada dalam larutan.

Istilah 'dicoret' dapat membuat peserta didik menganggap ion pengamat hilang atau tidak ada. Mereka juga dapat memisahkan elektrolit lemah secara tidak tepat.

Diagram partikel sebelum-sesudah dan pembahasan kriteria pemisahan spesies membantu. Peserta didik harus menyatakan apa yang tetap hadir walaupun tidak ditulis.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, spesies pengamat dan persamaan ion bersih bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan persamaan kimia sebagai model simbolik untuk komposisi, rasio, muatan, keadaan, dan energi. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan spesies pengamat dan persamaan ion bersih juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi, dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional

memiliki fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui pembakaran metana dan persamaan termokimia. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian spesies pengamat dan persamaan ion bersih, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa koefisien mengubah ukuran molekul atau persamaan dianggap rekaman visual peristiwa. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, spesies pengamat dan persamaan ion bersih memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan membaca persamaan sebagai sistem informasi dan menghubungkannya dengan kondisi eksperimen pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang spesies pengamat dan persamaan ion bersih bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup persamaan, koefisien, rasio, muatan, keadaan, dan energi. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan

intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna spesies pengamat dan persamaan ion bersih tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui pembakaran, persamaan ion bersih, redoks, dan termokimia membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman spesies pengamat dan persamaan ion bersih harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk spesies pengamat dan persamaan ion bersih perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk membaca persamaan sebagai model informasi, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.8.5 Tanda Panah, Reversibilitas, dan Keseimbangan

Tanda panah memiliki fungsi representasional. Panah tunggal biasanya menyoroti arah reaksi yang dianggap dominan dalam konteks, sedangkan panah dua arah menunjukkan model proses maju-balik. Tanda panah bukan tanda sama dengan.

Pada $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$, panah tidak menyatakan jumlah kedua sisi sama. Ia menunjukkan bahwa kedua proses dapat berlangsung dan keadaan setimbang dicapai ketika lajunya sama pada kondisi tertentu.

Peserta didik dapat membaca panah sebagai urutan temporal maju atau menyimpulkan reaksi balik dimulai setelah reaksi maju selesai. Panah kesetimbangan juga dianggap berarti konsentrasi sama.

Guru perlu menghubungkan panah dengan grafik laju dan komposisi serta model partikel dinamis. Makna tanda harus dinyatakan secara verbal.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, tanda panah, reversibilitas, dan kesetimbangan bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan persamaan kimia sebagai model simbolik untuk komposisi, rasio, muatan, keadaan, dan energi. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, tanda panah, reversibilitas, dan kesetimbangan menuntut perbedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus persamaan termokimia dapat dipasangkan dengan reaksi redoks untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebut hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan membaca persamaan sebagai sistem informasi dan menghubungkannya dengan kondisi eksperimen, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam tanda panah, reversibilitas, dan kesetimbangan berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti persamaan dianggap rekaman visual peristiwa, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa tanda panah selalu berarti reaksi selesai. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, tanda panah, reversibilitas, dan kesetimbangan memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan membaca persamaan sebagai sistem informasi dan menghubungkannya dengan kondisi eksperimen pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, tanda panah, reversibilitas, dan kesetimbangan memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan persamaan, koefisien, rasio, muatan, keadaan, dan energi. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna tanda panah, reversibilitas, dan kesetimbangan tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui pembakaran, persamaan ion bersih, redoks, dan termokimia membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari

prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan tanda panah, reversibilitas, dan kesetimbangan sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk tanda panah, reversibilitas, dan kesetimbangan perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk membaca persamaan sebagai model informasi, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.8.6 Persamaan Termokimia dan Energi

Persamaan termokimia menambahkan informasi energi yang berlaku untuk jumlah dan kondisi tertentu. Nilai ΔH merupakan perubahan keadaan sistem, bukan jumlah energi yang 'dimiliki' satu ikatan atau satu zat secara terpisah.

Jika persamaan dibalik, tanda ΔH berubah; jika koefisien dikalikan, nilai ΔH untuk proses yang direpresentasikan ikut dikalikan. Hubungan ini mencerminkan sifat ekstensif untuk jumlah proses.

Peserta didik sering menempatkan panas sebagai pereaksi atau produk material secara literal. Mereka juga menganggap ikatan menyimpan energi yang dilepas ketika diputus.

Diagram energi dan analisis ikatan yang diputus-dibentuk perlu digunakan untuk menafsirkan persamaan. Batas sistem-lingkungan harus jelas.

Pendalaman Konseptual

Persamaan termokimia dan energi perlu ditempatkan dalam kerangka persamaan kimia sebagai model simbolik untuk komposisi, rasio, muatan, keadaan, dan energi. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh,

sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, persamaan termokimia dan energi menuntut perbedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Untuk memperjelas persamaan termokimia dan energi, pembelajaran dapat menggunakan perbandingan antara persamaan termokimia dan reaksi redoks. Perbandingan tidak dimaksudkan sebagai ilustrasi tambahan semata, tetapi sebagai sarana menguji batas konsep. Peserta didik perlu menentukan persamaan dan perbedaan kedua sistem, memilih bukti yang relevan, serta menjelaskan proses pada skala partikel. Selanjutnya, mereka dapat menerjemahkan penjelasan itu ke dalam persamaan, grafik, atau model lain. Rangkaian aktivitas tersebut membantu mengungkap apakah jawaban didasarkan pada hubungan konseptual atau hanya pada pola kata dan prosedur yang telah dihafal.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam persamaan termokimia dan energi berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti spesies pengamat dianggap tidak ada, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa koefisien mengubah ukuran molekul. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa persamaan termokimia dan energi perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan

pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk membaca persamaan sebagai sistem informasi dan menghubungkannya dengan kondisi eksperimen. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, persamaan termokimia dan energi memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan persamaan, koefisien, rasio, muatan, keadaan, dan energi. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna persamaan termokimia dan energi tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui pembakaran, persamaan ion bersih, redoks, dan termokimia membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan persamaan termokimia dan energi sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran persamaan termokimia dan energi dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data,

pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari pembakaran, persamaan ion bersih, redoks, dan termokimia digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan membaca persamaan sebagai model informasi, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.8.7 Sintesis: Membaca Persamaan secara Kritis

Persamaan kimia memadatkan informasi dan memungkinkan penalaran kuantitatif, tetapi selalu memilih tingkat deskripsi. Ia menunjukkan perubahan bersih, rasio, dan kondisi tertentu sambil mengabaikan banyak rincian mekanistik.

Miskonsepsi tumbuh ketika simbol diperlakukan sebagai benda atau kejadian literal. Menyetarakan persamaan tanpa memahami identitas dan kekekalan menghasilkan keberhasilan mekanis yang rapuh.

Literasi persamaan mencakup kemampuan menyatakan apa yang ditunjukkan, apa yang diasumsikan, dan apa yang tidak ditunjukkan. Peserta didik harus mampu menghubungkannya dengan model partikel serta data.

Kebutuhan tersebut memperjelas mengapa model menjadi alat utama untuk menjelaskan entitas yang tidak teramati.

Aspek Persamaan	Informasi yang Diberikan	Informasi yang Tidak Otomatis Diberikan
Rumus spesies	Identitas/komposisi representasional	Struktur lengkap dan distribusi elektron
Koefisien	Rasio stoikiometri	Laju dan urutan tahap mekanisme
Tanda panah	Arah model perubahan	Lintasan geometris partikel
Simbol keadaan	Fase atau medium	Mikrostruktur rinci
ΔH atau kondisi	Informasi energi/kondisi tertentu	Semua jalur dan energi aktivasi

Pendalaman Konseptual

sintesis: membaca persamaan secara kritis perlu ditempatkan dalam kerangka persamaan kimia sebagai model simbolik untuk komposisi, rasio, muatan, keadaan, dan energi. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif

yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, sintesis: membaca persamaan secara kritis harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui reaksi redoks dan persamaan termokimia. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam sintesis: membaca persamaan secara kritis berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti spesies pengamat dianggap tidak ada, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa persamaan dianggap rekaman visual peristiwa. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, sintesis: membaca persamaan secara kritis memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan

kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan membaca persamaan sebagai sistem informasi dan menghubungkannya dengan kondisi eksperimen pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang sintesis: membaca persamaan secara kritis bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup persamaan, koefisien, rasio, muatan, keadaan, dan energi. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna sintesis: membaca persamaan secara kritis tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui pembakaran, persamaan ion bersih, redoks, dan termokimia membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman sintesis: membaca persamaan secara kritis harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk sintesis: membaca persamaan secara kritis perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk membaca persamaan sebagai model informasi, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.9 Penggunaan Model dalam Menjelaskan Entitas Tak Teramati

Model adalah representasi terpilih dari objek, sistem, atau proses yang digunakan untuk menjelaskan, memprediksi, mengkomunikasikan, dan merancang penyelidikan. Dalam kimia, model menjadi kebutuhan epistemik karena banyak entitas dan proses tidak dapat diamati langsung.

Model tidak dinilai berdasarkan kemiripan visual semata, tetapi berdasarkan tujuan, koherensi, konsistensi dengan bukti, dan kemampuan prediksi. Setiap model menonjolkan aspek tertentu sekaligus mengabaikan aspek lain.

Subbab ini memperluas pembahasan mengenai penggunaan, evaluasi, perbandingan, dan revisi model untuk entitas serta proses tak teramati dengan menempatkan setiap gagasan sebagai bagian dari sistem penjelasan kimia. Uraian tidak hanya menjawab apa yang dimaksud oleh istilah tertentu, tetapi juga mengapa konsep tersebut diperlukan, bagaimana konsep dibangun dari bukti, bagaimana ia direpresentasikan, dan dalam kondisi apa penggunaannya memiliki keterbatasan. Perspektif ini penting karena miskonsepsi sering muncul bukan akibat ketiadaan informasi, melainkan akibat hubungan yang tidak tepat antara pengamatan, model partikel, simbol, bahasa, dan prosedur kuantitatif.

Pengembangan pada subbab ini diarahkan untuk menunjukkan bahwa penggunaan, evaluasi, perbandingan, dan revisi model untuk entitas serta proses tak teramati memiliki konsekuensi langsung terhadap cara peserta didik belajar dan cara guru merancang pembelajaran. Setiap bagian akan menghubungkan landasan disipliner dengan potensi kesalahan konseptual, bentuk diagnosis yang relevan, serta strategi pedagogis yang memungkinkan peserta didik menguji dan merevisi gagasannya. Dengan demikian, karakteristik pengetahuan kimia dipahami sekaligus sebagai kekuatan penjelas ilmu dan sebagai sumber tuntutan kognitif yang perlu dikelola secara sadar.

2.9.1 Jenis dan Fungsi Model Kimia

Model kimia dapat berupa konkret, visual, simbolik, matematis, komputasional, atau konseptual. Model fisik molekul, diagram orbital, persamaan laju, simulasi dinamika, dan mekanisme reaksi memiliki fungsi berbeda.

Model bola-dan-tongkat menekankan konektivitas dan sudut, model ruang-isi menekankan volume relatif, sedangkan struktur Lewis menekankan elektron valensi. Persamaan Schrödinger dan hasil komputasi memberikan jenis representasi lain.

Peserta didik dapat mencari satu model yang dianggap paling benar dan menolak model lain. Mereka juga dapat membandingkan model berdasarkan keindahan gambar, bukan fungsi.

Guru perlu menyatakan pertanyaan yang dapat dijawab oleh setiap model. Tugas membandingkan dua model untuk satu molekul memperkuat pemahaman fungsional.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, jenis dan fungsi model kimia bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan penggunaan, evaluasi, perbandingan, dan revisi model untuk entitas serta proses tak teramati. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, jenis dan fungsi model kimia menuntut pembedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus permukaan potensial elektrostatik dapat dipasangkan dengan model bola-dan-tongkat untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebut hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan memilih model berdasarkan tujuan,

bukti, skala, asumsi, dan daya prediksinya, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam jenis dan fungsi model kimia berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti simulasi dianggap eksperimen nyata, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa satu model dianggap paling benar untuk semua tujuan. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa jenis dan fungsi model kimia perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk memilih model berdasarkan tujuan, bukti, skala, asumsi, dan daya prediksinya. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang jenis dan fungsi model kimia bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup fungsi, asumsi, evaluasi, dan revisi model. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari jenis dan fungsi model kimia. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari model atom, struktur Lewis, model molekul, dan simulasi dapat dipakai untuk

menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan jenis dan fungsi model kimia sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk jenis dan fungsi model kimia perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk memilih model sesuai tujuan dan bukti, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.9.2 Perkembangan Model Atom

Model atom berkembang untuk menjelaskan bukti dan menyelesaikan keterbatasan model sebelumnya. Model Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr, dan model kuantum tidak sekadar gambar berurutan, tetapi sistem gagasan dengan ruang lingkup berbeda.

Model Bohr berguna untuk tingkat energi atom hidrogen dan beberapa penjelasan awal, tetapi tidak menggambarkan elektron sebagai planet pada lintasan klasik untuk semua atom. Model kuantum menggunakan fungsi dan probabilitas.

Urutan historis dapat dipahami sebagai pergantian gambar tanpa alasan bukti. Peserta didik mencampurkan inti Rutherford dengan lintasan Bohr dan orbital kuantum dalam satu model hibrida.

Pembelajaran perlu menghubungkan setiap model dengan masalah yang dijelaskan, bukti yang mendukung, serta fenomena yang tidak dapat dijelaskan. Perubahan model harus dipahami sebagai revisi ilmiah.

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai perkembangan model atom menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari penggunaan, evaluasi, perbandingan, dan revisi model untuk entitas serta proses tak teramati. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindarkan pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, perkembangan model atom harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui permukaan potensial elektrostatik dan simulasi dinamika molekul. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada perkembangan model atom muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain satu model dianggap paling benar untuk semua tujuan dan simulasi dianggap eksperimen nyata. Kesalahan tersebut tidak selalu terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran perkembangan model atom akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk memilih model berdasarkan tujuan, bukti, skala, asumsi, dan daya prediksinya, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang perkembangan model atom bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup fungsi, asumsi, evaluasi, dan revisi model. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari perkembangan model atom. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari model atom, struktur Lewis, model molekul, dan simulasi dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan perkembangan model atom sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran perkembangan model atom dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari model atom, struktur Lewis, model molekul, dan simulasi digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan memilih model sesuai tujuan dan bukti, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.9.3 Model Molekul dan Struktur Tiga Dimensi

Model molekul membantu memahami konektivitas, geometri, konformasi, dan distribusi ruang. Tidak ada model yang menampilkan ukuran, energi, gerak, dan elektron secara lengkap sekaligus.

Pada sikloheksana, model tiga dimensi memperlihatkan konformasi kursi dan posisi substituen. Pada protein atau material, skala dan tingkat penyederhanaan harus dipilih agar pola tertentu terlihat.

Model statis dapat mendorong anggapan molekul kaku. Warna standar atom dianggap sifat nyata, sedangkan batang dianggap ikatan padat dengan ukuran tertentu.

Guru perlu memutar model, membahas gerak termal, dan membandingkan beberapa gaya visual. Keterangan skala serta kode warna wajib diberikan.

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai model molekul dan struktur tiga dimensi menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari penggunaan, evaluasi, perbandingan, dan revisi model untuk entitas serta proses tak teramati. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindarkan pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan model molekul dan struktur tiga dimensi juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi, dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai

perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional memiliki fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui struktur Lewis dan model bola-dan-tongkat. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam model molekul dan struktur tiga dimensi berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti warna model dianggap warna atom, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa simulasi dianggap eksperimen nyata. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, model molekul dan struktur tiga dimensi memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan memilih model berdasarkan tujuan, bukti, skala, asumsi, dan daya prediksinya pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, model molekul dan struktur tiga dimensi memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan fungsi, asumsi, evaluasi, dan revisi model. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal,

ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna model molekul dan struktur tiga dimensi tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui model atom, struktur Lewis, model molekul, dan simulasi membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman model molekul dan struktur tiga dimensi harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk model molekul dan struktur tiga dimensi perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk memilih model sesuai tujuan dan bukti, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.9.4 Model Mekanistik dan Panah Elektron

Model mekanistik menjelaskan transformasi melalui urutan perubahan, spesies antara, dan aliran elektron. Panah lengkung dalam kimia organik menyatakan perpindahan pasangan elektron, bukan gerak atom secara bebas.

Mekanisme substitusi atau adisi membantu menjelaskan selektivitas dan pengaruh struktur. Model mekanistik dapat diuji melalui produk, kinetika, isotop, dan kondisi.

Peserta didik sering memindahkan panah dari atom ke atom tanpa memperhatikan sumber elektron, muatan, atau konservasi. Mekanisme berubah menjadi ritual menggambar.

Pengajaran perlu meminta pemeriksaan muatan, valensi, dan produk setiap tahap. Panah harus selalu dijelaskan dengan kalimat elektron berasal dari mana dan menuju ke mana.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, model mekanistik dan panah elektron bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan penggunaan, evaluasi, perbandingan, dan revisi model untuk entitas serta proses tak teramati. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan model mekanistik dan panah elektron juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi, dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional memiliki fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui struktur Lewis dan model atom Bohr. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada model mekanistik dan panah elektron muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain model lama dianggap sepenuhnya salah dan satu model dianggap paling benar untuk semua tujuan. Kesalahan tersebut tidak selalu terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa model mekanistik dan panah elektron perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk memilih model berdasarkan tujuan, bukti, skala, asumsi, dan daya prediksinya. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, model mekanistik dan panah elektron memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan fungsi, asumsi, evaluasi, dan revisi model. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari model mekanistik dan panah elektron. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari model atom, struktur Lewis, model molekul, dan simulasi dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan model mekanistik dan panah elektron sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran model mekanistik dan panah elektron dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari model atom, struktur Lewis, model molekul, dan simulasi digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan memilih model sesuai tujuan dan bukti, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.9.5 Simulasi dan Model Komputasional

Simulasi memungkinkan visualisasi dinamika, perubahan parameter, dan sistem yang sulit diamati. Namun, hasil simulasi bergantung pada model matematis, parameter, kondisi awal, dan keterbatasan komputasi.

Simulasi gas dapat menunjukkan tumbukan dan distribusi kecepatan. Perhitungan kimia kuantum dapat memvisualisasikan orbital atau permukaan energi, tetapi hasilnya bergantung pada metode dan basis yang digunakan.

Animasi yang halus mudah dianggap rekaman nyata. Peserta didik dapat mengabaikan bahwa jumlah partikel, skala waktu, dan gaya sering disederhanakan.

Literasi simulasi mencakup kemampuan mengidentifikasi masukan, aturan, keluaran, validasi, dan batas. Guru perlu meminta prediksi sebelum simulasi dan interpretasi setelahnya.

Pendalaman Konseptual

simulasi dan model komputasional perlu ditempatkan dalam kerangka penggunaan, evaluasi, perbandingan, dan revisi model untuk entitas serta proses tak teramati. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi

atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, simulasi dan model komputasional harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui model bola-dan-tongkat dan struktur Lewis. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam simulasi dan model komputasional berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti satu model dianggap paling benar untuk semua tujuan, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa model lama dianggap sepenuhnya salah. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa simulasi dan model komputasional perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk memilih model berdasarkan tujuan,

bukti, skala, asumsi, dan daya prediksinya. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang simulasi dan model komputasional bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup fungsi, asumsi, evaluasi, dan revisi model. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna simulasi dan model komputasional tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui model atom, struktur Lewis, model molekul, dan simulasi membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman simulasi dan model komputasional harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk simulasi dan model komputasional perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media

harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk memilih model sesuai tujuan dan bukti, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.9.6 Evaluasi dan Revisi Model

Model ilmiah bersifat dapat dievaluasi dan direvisi. Kriteria mencakup kecocokan dengan bukti, konsistensi internal, daya jelas, daya prediksi, kesederhanaan yang memadai, dan kesesuaian tujuan.

Model gas ideal dapat dipertahankan untuk banyak perhitungan, tetapi direvisi dengan parameter gas nyata ketika penyimpangan signifikan. Struktur Lewis berguna untuk elektron valensi, tetapi tidak cukup untuk semua sifat magnetik atau delokalisasi.

Peserta didik dapat menganggap model yang memiliki keterbatasan sebagai model salah total. Sebaliknya, model familiar dipertahankan meskipun bertentangan dengan data.

Kegiatan pemodelan perlu melibatkan pembuatan model awal, prediksi, perbandingan dengan data, revisi, dan refleksi keterbatasan. Proses lebih penting daripada produk gambar.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, evaluasi dan revisi model bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan penggunaan, evaluasi, perbandingan, dan revisi model untuk entitas serta proses tak teramati. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, evaluasi dan revisi model harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Untuk memperjelas evaluasi dan revisi model, pembelajaran dapat menggunakan perbandingan antara struktur Lewis dan simulasi dinamika molekul. Perbandingan tidak dimaksudkan sebagai ilustrasi tambahan semata, tetapi sebagai sarana menguji batas konsep. Peserta didik perlu menentukan persamaan dan perbedaan kedua sistem, memilih bukti yang relevan, serta menjelaskan proses pada skala partikel. Selanjutnya, mereka dapat menerjemahkan penjelasan itu ke dalam persamaan, grafik, atau model lain. Rangkaian aktivitas tersebut membantu mengungkap apakah jawaban didasarkan pada hubungan konseptual atau hanya pada pola kata dan prosedur yang telah dihafal.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada evaluasi dan revisi model muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain simulasi dianggap eksperimen nyata dan satu model dianggap paling benar untuk semua tujuan. Kesalahan tersebut tidak selalu terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa evaluasi dan revisi model perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk memilih model berdasarkan tujuan, bukti, skala, asumsi, dan daya prediksinya. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang evaluasi dan revisi model bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup fungsi, asumsi, evaluasi, dan revisi model. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan

pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari evaluasi dan revisi model. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari model atom, struktur Lewis, model molekul, dan simulasi dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan evaluasi dan revisi model sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk evaluasi dan revisi model perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk memilih model sesuai tujuan dan bukti, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.9.7 Sintesis: Kompetensi Berbasis Model

Penguasaan kimia mencakup kemampuan menggunakan model secara sadar. Peserta didik perlu membedakan target dan representasi, memilih model sesuai tujuan, menghubungkan model dengan bukti, serta merevisi ketika diperlukan.

Miskonsepsi model sering berakar pada reifikasi, pencampuran model, dan pengabaian asumsi. Visual yang menarik tidak selalu mendukung pemahaman jika kode dan batas tidak dibahas.

Model sebaiknya hadir sebagai alat penalaran, bukan ilustrasi setelah penjelasan selesai. Peserta didik perlu menggunakan model untuk membuat prediksi dan menjelaskan anomali.

Jika model dan simbol direduksi menjadi objek hafalan, pembelajaran kimia kehilangan struktur penjelasnya dan berubah menjadi kumpulan rumus.

Jenis Model	Fokus yang Ditonjolkan	Keterbatasan Utama
Bola-dan-tongkat	Konektivitas dan geometri	Ukuran atom dan ruang tidak realistis
Ruang-isi	Volume dan permukaan relatif	Ikatan dan sudut kurang terlihat
Struktur Lewis	Elektron valensi dan konektivitas	Geometri dan delokalisasi terbatas
Diagram energi	Keadaan energi dan hambatan	Bukan lintasan geometris
Simulasi komputer	Dinamika dan perubahan parameter	Bergantung asumsi dan algoritma

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, sintesis: kompetensi berbasis model bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan penggunaan, evaluasi, perbandingan, dan revisi model untuk entitas serta proses tak teramati. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, sintesis: kompetensi berbasis model harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus struktur Lewis dapat dipasangkan dengan permukaan potensial elektrostatik untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebutkan hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan memilih model berdasarkan tujuan, bukti, skala, asumsi, dan daya prediksinya, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam sintesis: kompetensi berbasis model berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti satu model dianggap paling benar untuk semua tujuan, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa model lama dianggap sepenuhnya salah. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa sintesis: kompetensi berbasis model perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk memilih model berdasarkan tujuan, bukti, skala, asumsi, dan daya prediksinya. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang sintesis: kompetensi berbasis model bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup fungsi, asumsi, evaluasi, dan revisi model. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian

diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna sintesis: kompetensi berbasis model tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui model atom, struktur Lewis, model molekul, dan simulasi membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman sintesis: kompetensi berbasis model harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk sintesis: kompetensi berbasis model perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk memilih model sesuai tujuan dan bukti, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.10 Reduksi Konsep Kimia menjadi Hafalan dan Rumus

Kimia sering dipersepsikan sebagai mata pelajaran yang berisi nama, aturan, rumus, dan prosedur hitungan. Persepsi ini bukan sepenuhnya berasal dari sifat kimia, tetapi juga dari cara kurikulum, buku, pengajaran, dan asesmen mengorganisasikan materi.

Hafalan dan otomatisasi prosedur tetap memiliki fungsi. Masalah muncul ketika keduanya menggantikan penalaran, sehingga peserta didik dapat menghasilkan jawaban tanpa membangun hubungan konsep, model, bukti, dan batas penerapan.

Subbab ini memperluas pembahasan mengenai reduksi pengetahuan kimia menjadi hafalan istilah, aturan cepat, rumus, dan prosedur mekanis dengan menempatkan setiap gagasan sebagai bagian dari sistem penjelasan kimia. Uraian tidak hanya menjawab apa yang dimaksud oleh istilah tertentu, tetapi juga mengapa konsep tersebut diperlukan, bagaimana konsep dibangun dari bukti, bagaimana ia direpresentasikan, dan dalam kondisi apa penggunaannya memiliki keterbatasan. Perspektif ini penting karena miskonsepsi sering muncul bukan akibat ketiadaan informasi, melainkan akibat hubungan yang tidak tepat antara pengamatan, model partikel, simbol, bahasa, dan prosedur kuantitatif.

Pengembangan pada subbab ini diarahkan untuk menunjukkan bahwa reduksi pengetahuan kimia menjadi hafalan istilah, aturan cepat, rumus, dan prosedur mekanis memiliki konsekuensi langsung terhadap cara peserta didik belajar dan cara guru merancang pembelajaran. Setiap bagian akan menghubungkan landasan disipliner dengan potensi kesalahan konseptual, bentuk diagnosis yang relevan, serta strategi pedagogis yang memungkinkan peserta didik menguji dan merevisi gagasannya. Dengan demikian, karakteristik pengetahuan kimia dipahami sekaligus sebagai kekuatan penjelas ilmu dan sebagai sumber tuntutan kognitif yang perlu dikelola secara sadar.

2.10.1 Asal Reduksi dalam Struktur Kurikulum

Kurikulum yang padat mendorong cakupan luas dalam waktu terbatas. Guru dapat beralih pada ringkasan aturan dan latihan pola agar target materi selesai, sementara hubungan konseptual dan pengujian model mendapat sedikit waktu.

Topik ikatan dapat dipadatkan menjadi klasifikasi ionik-kovalen, termokimia menjadi rumus ΔH , dan kesetimbangan menjadi tabel ICE tanpa pembahasan sistem dinamis.

Peserta didik belajar bahwa keberhasilan berarti mengenali tipe soal. Konsep diperlakukan sebagai bab terpisah, bukan jaringan yang saling mendukung.

Perencanaan perlu memprioritaskan gagasan inti dan prasyarat. Kedalaman pada hubungan penting lebih bernilai daripada jumlah istilah yang disentuh tanpa pemahaman.

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai asal reduksi dalam struktur kurikulum menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari reduksi pengetahuan kimia menjadi hafalan istilah, aturan cepat, rumus, dan prosedur mekanis. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindarkan pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, asal reduksi dalam struktur kurikulum harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui praktikum verifikatif dan rumus pengenceran. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada asal reduksi dalam struktur kurikulum muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain pengecualian dianggap gangguan dan prosedur menggantikan penalaran. Kesalahan tersebut tidak selalu terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, asal reduksi dalam struktur kurikulum memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan

mengembalikan makna konseptual, alasan penggunaan prosedur, dan evaluasi kewajaran hasil pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, asal reduksi dalam struktur kurikulum memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan hubungan konsep, prosedur, rumus, dan hafalan. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna asal reduksi dalam struktur kurikulum tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui silang muatan, pengenceran, aturan oktet, dan tren periodik membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan asal reduksi dalam struktur kurikulum sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran asal reduksi dalam struktur kurikulum dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari silang muatan, pengenceran, aturan oktet, dan tren periodik digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan menjelaskan alasan di balik setiap prosedur, kemudian membandingkan model awal dan model revisi.

Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.10.2 Buku Teks dan Ringkasan Aturan

Buku teks perlu menyederhanakan ilmu, tetapi penyajian berbentuk aturan cepat dapat menghapus asumsi dan alasan. Kotak rumus, mnemonik, dan langkah algoritmik mudah menjadi pusat belajar karena tampak langsung berguna untuk ujian.

Aturan silang muatan memudahkan penulisan rumus senyawa ion, tetapi tanpa konsep netralitas menghasilkan Ca_2O_2 atau indeks yang tidak disederhanakan. Mnemonik redoks dapat diingat tanpa memahami elektron dan bilangan oksidasi.

Ketika pengecualian muncul, peserta didik menambah daftar hafalan. Struktur pengetahuan menjadi kumpulan aturan lokal yang dapat bertentangan.

Bahan ajar perlu menghubungkan setiap aturan dengan prinsip, contoh, noncontoh, dan batas. Ringkasan sebaiknya hadir setelah konstruksi makna, bukan menggantikannya.

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai buku teks dan ringkasan aturan menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari reduksi pengetahuan kimia menjadi hafalan istilah, aturan cepat, rumus, dan prosedur mekanis. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindarkan pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, buku teks dan ringkasan aturan harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Untuk memperjelas buku teks dan ringkasan aturan, pembelajaran dapat menggunakan perbandingan antara praktikum verifikatif dan hafalan tren periodik. Perbandingan tidak dimaksudkan sebagai ilustrasi tambahan semata, tetapi sebagai sarana menguji batas konsep. Peserta didik perlu menentukan persamaan dan perbedaan kedua sistem, memilih bukti yang

relevan, serta menjelaskan proses pada skala partikel. Selanjutnya, mereka dapat menerjemahkan penjelasan itu ke dalam persamaan, grafik, atau model lain. Rangkaian aktivitas tersebut membantu mengungkap apakah jawaban didasarkan pada hubungan konseptual atau hanya pada pola kata dan prosedur yang telah dihafal.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam buku teks dan ringkasan aturan berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti pengecualian dianggap gangguan, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa prosedur menggantikan penalaran. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran buku teks dan ringkasan aturan akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk mengembalikan makna konseptual, alasan penggunaan prosedur, dan evaluasi kewajaran hasil, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, buku teks dan ringkasan aturan memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan hubungan konsep, prosedur, rumus, dan hafalan. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna buku teks dan ringkasan aturan tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui silang muatan, pengenceran, aturan oktet, dan tren periodik membantu peserta didik

membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan buku teks dan ringkasan aturan sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk buku teks dan ringkasan aturan perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk menjelaskan alasan di balik setiap prosedur, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.10.3 Asesmen yang Menghargai Jawaban Akhir

Asesmen membentuk strategi belajar. Soal yang hanya menilai jawaban numerik, nama produk, atau definisi mendorong hafalan dan prosedur. Alasan salah tidak terlihat ketika opsi akhir benar.

Peserta didik dapat memperoleh pH benar dari kalkulator tetapi tidak memahami logaritma atau spesies. Mereka dapat memilih bentuk molekul benar berdasarkan pola hafalan tanpa menjelaskan domain elektron.

Skor tinggi kemudian disamakan dengan penguasaan konsep, sehingga miskonsepsi tetap tidak terdiagnosis. Peserta didik juga mengembangkan keyakinan berlebihan pada algoritma.

Asesmen perlu meminta representasi, alasan, batas, estimasi, dan transfer. Sebagian nilai harus diberikan pada proses penalaran yang dapat dievaluasi.

Pendalaman Konseptual

asesmen yang menghargai jawaban akhir perlu ditempatkan dalam kerangka reduksi pengetahuan kimia menjadi hafalan istilah, aturan cepat, rumus, dan prosedur mekanis. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan asesmen yang menghargai jawaban akhir juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi, dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional memiliki fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui praktikum verifikatif dan hafalan tren periodik. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian asesmen yang menghargai jawaban akhir, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa kata kunci menentukan rumus atau jawaban akhir menutupi alasan keliru. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa asesmen yang menghargai jawaban akhir perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk mengembalikan makna konseptual, alasan penggunaan prosedur, dan evaluasi kewajaran hasil. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang asesmen yang menghargai jawaban akhir bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup hubungan konsep, prosedur, rumus, dan hafalan. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari asesmen yang menghargai jawaban akhir. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari silang muatan, pengenceran, aturan oktet, dan tren periodik dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman asesmen yang menghargai jawaban akhir harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran asesmen yang menghargai jawaban akhir dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari silang muatan, pengenceran, aturan oktet, dan tren periodik digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan menjelaskan alasan di balik setiap prosedur, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.10.4 Pencarian Rumus dan Pola Kata Kunci

Dalam pemecahan masalah mekanis, peserta didik mencari angka yang diketahui, kata kunci, dan rumus yang memuat variabel serupa. Proses ini dapat bekerja pada soal rutin tetapi gagal pada konteks baru atau data berlebihan.

Kata 'pengenceran' memicu $M_1V_1 = M_2V_2$ meskipun terjadi reaksi. Kata 'setimbang' memicu tabel tertentu tanpa memeriksa apakah sistem memenuhi asumsi.

Keberhasilan sesaat memperkuat strategi permukaan. Peserta didik tidak membangun model sistem dan tidak memeriksa apakah jawaban masuk akal.

Strategi pemecahan masalah harus dimulai dari representasi sistem, besaran, hukum, dan asumsi, baru memilih hubungan matematis. Refleksi akhir wajib menafsirkan hasil.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, pencarian rumus dan pola kata kunci bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan reduksi pengetahuan kimia menjadi hafalan istilah, aturan cepat, rumus, dan prosedur mekanis. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan pencarian rumus dan pola kata kunci juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi, dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional memiliki

fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus praktikum verifikatif dapat dipasangkan dengan aturan oktet untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebutkan hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan mengembalikan makna konseptual, alasan penggunaan prosedur, dan evaluasi kewajaran hasil, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam pencarian rumus dan pola kata kunci berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti kata kunci menentukan rumus, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa prosedur menggantikan penalaran. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus perbandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, pencarian rumus dan pola kata kunci memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebutkan definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan mengembalikan makna konseptual, alasan penggunaan prosedur, dan evaluasi kewajaran hasil pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, pencarian rumus dan pola kata kunci memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan hubungan konsep, prosedur, rumus, dan hafalan. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena.

Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari pencarian rumus dan pola kata kunci. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari silang muatan, pengenceran, aturan oktet, dan tren periodik dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan pencarian rumus dan pola kata kunci sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran pencarian rumus dan pola kata kunci dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari silang muatan, pengenceran, aturan oktet, dan tren periodik digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan menjelaskan alasan di balik setiap prosedur, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.10.5 Praktikum Resep dan Hafalan Gejala

Praktikum dapat direduksi menjadi prosedur mengikuti langkah dan mencocokkan hasil dengan tabel. Peserta didik menghafal warna endapan atau nyala tanpa memahami spesies, kondisi, dan keterbatasan uji.

Uji ion tertentu menghasilkan gejala pada kondisi tertentu, tetapi warna saja tidak selalu spesifik. Hasil dipengaruhi konsentrasi, interferensi, alat, dan pengamatan.

Peserta didik dapat menganggap semua eksperimen memiliki satu hasil benar dan data berbeda harus diubah. Aktivitas laboratorium tidak mengubah model mental.

Praktikum perlu memuat prediksi, alasan, data, model partikel, ketidakpastian, dan refleksi. Prosedur harus menjadi sarana menguji gagasan.

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai praktikum resep dan hafalan gejala menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari reduksi pengetahuan kimia menjadi hafalan istilah, aturan cepat, rumus, dan prosedur mekanis. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindarkan pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, praktikum resep dan hafalan gejala menuntut pembedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui praktikum verifikasi dan aturan oktet. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam praktikum resep dan hafalan gejala berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat

menunjukkan gagasan seperti jawaban akhir menutupi alasan keliru, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa pengecualian dianggap gangguan. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran praktikum resep dan hafalan gejala akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk mengembalikan makna konseptual, alasan penggunaan prosedur, dan evaluasi kewajaran hasil, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang praktikum resep dan hafalan gejala bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup hubungan konsep, prosedur, rumus, dan hafalan. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari praktikum resep dan hafalan gejala. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari silang muatan, pengenceran, aturan oktet, dan tren periodik dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman praktikum resep dan hafalan gejala harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran praktikum resep dan hafalan gejala dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari silang muatan, pengenceran, aturan oktet, dan tren periodik digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan menjelaskan alasan di balik setiap prosedur, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.10.6 Dampak Reduksi terhadap Struktur Pengetahuan

Reduksi menghasilkan pengetahuan terfragmentasi, tidak fleksibel, dan bergantung pada konteks. Peserta didik sulit menjelaskan, memilih model, atau memindahkan konsep ke fenomena baru meskipun mampu mengerjakan latihan rutin.

Konsep mol terpisah dari jumlah partikel; energi aktivasi terpisah dari laju; kesetimbangan terpisah dari kinetika; ikatan terpisah dari sifat material. Hubungan yang seharusnya menjelaskan tidak terbentuk.

Fragmentasi memberi ruang bagi beberapa konsepsi yang saling bertentangan untuk hidup berdampingan. Jawaban berubah mengikuti bentuk soal.

Peta konsep, perbandingan lintas topik, dan tugas integratif diperlukan untuk mereorganisasi jaringan. Guru harus menilai hubungan, bukan hanya simpul konsep.

Pendalaman Konseptual

dampak reduksi terhadap struktur pengetahuan perlu ditempatkan dalam kerangka reduksi pengetahuan kimia menjadi hafalan istilah, aturan cepat, rumus, dan prosedur mekanis. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual

menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, dampak reduksi terhadap struktur pengetahuan harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui hafalan tren periodik dan aturan oktet. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian dampak reduksi terhadap struktur pengetahuan, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa jawaban akhir menutupi alasan keliru atau pengecualian dianggap gangguan. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran dampak reduksi terhadap struktur pengetahuan akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model.

Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk mengembalikan makna konseptual, alasan penggunaan prosedur, dan evaluasi kewajaran hasil, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang dampak reduksi terhadap struktur pengetahuan bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup hubungan konsep, prosedur, rumus, dan hafalan. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna dampak reduksi terhadap struktur pengetahuan tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui silang muatan, pengenceran, aturan oktet, dan tren periodik membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman dampak reduksi terhadap struktur pengetahuan harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk dampak reduksi terhadap struktur pengetahuan perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk menjelaskan alasan di balik setiap prosedur, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai

keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.10.7 Sintesis: Mengembalikan Makna di Balik Rumus

Hafalan istilah dan kelancaran prosedur dibutuhkan, tetapi harus ditempatkan dalam struktur konseptual. Otomatisasi berguna ketika peserta didik mengetahui mengapa langkah berlaku dan kapan perlu dihentikan.

Kerentanan terhadap miskonsepsi meningkat ketika rumus dipisahkan dari sistem, simbol dari model, dan hasil dari bukti. Kesalahan menjadi tidak terlihat karena jawaban akhir dapat tetap benar.

Pembelajaran bermakna menuntut siklus konsep-prosedur-interpretasi: konsep memberi alasan, prosedur menghasilkan hasil, dan interpretasi menguji makna serta kewajaran.

Siklus tersebut perlu dirancang dengan memperhatikan keterbatasan kapasitas kognitif peserta didik.

Bentuk Reduksi	Indikator di Kelas	Perbaikan
Definisi hafalan	Dapat mengulang, gagal memberi contoh baru	Contoh-noncontoh dan alasan
Rumus mekanis	Memilih rumus dari kata kunci	Pemodelan sistem dan analisis dimensi
Persamaan tanpa makna	Menyetarakan, gagal menggambarkan partikel	Terjemahan triplet
Praktikum resep	Mengikuti langkah, tidak menafsirkan data	Prediksi-observasi-model-refleksi
Asesmen jawaban akhir	Alasan salah tidak terdeteksi	Soal alasan dan transfer

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, sintesis: mengembalikan makna di balik rumus bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan reduksi pengetahuan kimia menjadi hafalan istilah, aturan cepat, rumus, dan prosedur mekanis. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang

berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sahih dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, sintesis: mengembalikan makna di balik rumus harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Untuk memperjelas sintesis: mengembalikan makna di balik rumus, pembelajaran dapat menggunakan perbandingan antara metode silang muatan dan praktikum verifikatif. Perbandingan tidak dimaksudkan sebagai ilustrasi tambahan semata, tetapi sebagai sarana menguji batas konsep. Peserta didik perlu menentukan persamaan dan perbedaan kedua sistem, memilih bukti yang relevan, serta menjelaskan proses pada skala partikel. Selanjutnya, mereka dapat menerjemahkan penjelasan itu ke dalam persamaan, grafik, atau model lain. Rangkaian aktivitas tersebut membantu mengungkap apakah jawaban didasarkan pada hubungan konseptual atau hanya pada pola kata dan prosedur yang telah dihafal.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian sintesis: mengembalikan makna di balik rumus, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa kata kunci menentukan rumus atau jawaban akhir menutupi alasan keliru. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, sintesis: mengembalikan makna di balik rumus memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan

mengembalikan makna konseptual, alasan penggunaan prosedur, dan evaluasi kewajaran hasil pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, sintesis: mengembalikan makna di balik rumus memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan hubungan konsep, prosedur, rumus, dan hafalan. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari sintesis: mengembalikan makna di balik rumus. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari silang muatan, pengenceran, aturan oktet, dan tren periodik dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman sintesis: mengembalikan makna di balik rumus harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk sintesis: mengembalikan makna di balik rumus perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk menjelaskan alasan di balik setiap prosedur, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti.

Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.11 Beban Kognitif dalam Pembelajaran Kimia

Pembelajaran berlangsung melalui sistem kognitif dengan kapasitas kerja terbatas dan penyimpanan jangka panjang yang dapat berkembang melalui skema. Kimia sering menghadirkan banyak unsur yang saling berinteraksi: istilah, simbol, partikel, grafik, operasi matematis, dan prosedur eksperimen.

Teori beban kognitif membantu membedakan kompleksitas yang melekat pada materi dari beban tambahan akibat desain yang buruk (Sweller, 1988; Sweller, Ayres, & Kalyuga, 2011). Tujuannya bukan membuat kimia tanpa tantangan, tetapi mengelola tantangan agar sumber daya mental digunakan untuk membangun skema yang bermakna.

Subbab ini memperluas pembahasan mengenai beban kognitif, kapasitas memori kerja, skema, dan desain informasi dalam pembelajaran kimia dengan menempatkan setiap gagasan sebagai bagian dari sistem penjelasan kimia. Uraian tidak hanya menjawab apa yang dimaksud oleh istilah tertentu, tetapi juga mengapa konsep tersebut diperlukan, bagaimana konsep dibangun dari bukti, bagaimana ia direpresentasikan, dan dalam kondisi apa penggunaannya memiliki keterbatasan. Perspektif ini penting karena miskonsepsi sering muncul bukan akibat ketiadaan informasi, melainkan akibat hubungan yang tidak tepat antara pengamatan, model partikel, simbol, bahasa, dan prosedur kuantitatif.

Pengembangan pada subbab ini diarahkan untuk menunjukkan bahwa beban kognitif, kapasitas memori kerja, skema, dan desain informasi dalam pembelajaran kimia memiliki konsekuensi langsung terhadap cara peserta didik belajar dan cara guru merancang pembelajaran. Setiap bagian akan menghubungkan landasan disipliner dengan potensi kesalahan konseptual, bentuk diagnosis yang relevan, serta strategi pedagogis yang memungkinkan peserta didik menguji dan merevisi gagasannya. Dengan demikian, karakteristik pengetahuan kimia dipahami sekaligus sebagai kekuatan penjelas ilmu dan sebagai sumber tuntutan kognitif yang perlu dikelola secara sadar.

2.11.1 Memori Kerja, Pengetahuan Awal, dan Skema

Memori kerja hanya dapat memproses sejumlah unsur baru secara bersamaan. Pengetahuan yang telah terorganisasi dalam memori jangka panjang dapat diperlakukan sebagai satu unit, sehingga ahli mampu menangani situasi yang tampak sangat kompleks bagi pemula.

Persamaan reaksi bagi ahli mengaktifkan skema tentang spesies, fase, stoikiometri, dan energi. Bagi pemula, setiap lambang dan angka merupakan unsur terpisah yang harus diingat.

Guru dapat memperkirakan kesulitan berdasarkan jumlah informasi di slide, tetapi mengabaikan pengetahuan awal. Materi yang sederhana bagi guru belum tentu sederhana bagi peserta didik.

Diagnosis prasyarat dan segmentasi materi diperlukan. Pengelompokan informasi harus mengikuti skema kimia, bukan hanya jumlah teks.

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai memori kerja, pengetahuan awal, dan skema menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari beban kognitif, kapasitas memori kerja, skema, dan desain informasi dalam pembelajaran kimia. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindarkan pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, memori kerja, pengetahuan awal, dan skema menuntut perbedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui penyetaraan redoks dan grafik kesetimbangan. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam memori kerja, pengetahuan awal, dan skema berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti hiasan visual mengganggu fokus, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa terlalu banyak unsur baru disajikan serentak. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan

keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa memori kerja, pengetahuan awal, dan skema perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk melakukan segmentasi, scaffolding, pengaktifan prasyarat, dan integrasi representasi secara bertahap. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, memori kerja, pengetahuan awal, dan skema memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan memori kerja, skema, interaktivitas unsur, dan desain informasi. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari memori kerja, pengetahuan awal, dan skema. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari redoks, stoikiometri, orbital, grafik, dan praktikum multivariabel dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan memori kerja, pengetahuan awal, dan skema sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan

pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk memori kerja, pengetahuan awal, dan skema perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk mengelola kompleksitas tanpa memutus hubungan konsep, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.11.2 Interaktivitas Unsur dalam Konsep Kimia

Beban intrinsik meningkat ketika banyak unsur harus dipahami secara simultan karena saling bergantung. Keseimbangan memerlukan konsentrasi, laju maju-balik, sistem tertutup, stoikiometri, dan kondisi. Ikatan memerlukan muatan, energi, orbital, dan struktur.

Mengajarkan semua hubungan sekaligus dapat melampaui kapasitas pemula. Namun, memisahkan unsur terlalu lama juga dapat menghilangkan hubungan yang justru membentuk konsep.

Peserta didik mungkin menghafal bagian-bagian secara terpisah dan gagal mengintegrasikan. Sebaliknya, mereka dapat menyerah ketika terlalu banyak simbol muncul sekaligus.

Urutan perlu bergerak dari unit yang bermakna menuju integrasi bertahap. Pralatih istilah dan konvensi dapat mengurangi beban saat penalaran utama diperkenalkan.

Pendalaman Konseptual

interaktivitas unsur dalam konsep kimia perlu ditempatkan dalam kerangka beban kognitif, kapasitas memori kerja, skema, dan desain informasi dalam pembelajaran kimia. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, interaktivitas unsur dalam konsep kimia harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Untuk memperjelas interaktivitas unsur dalam konsep kimia, pembelajaran dapat menggunakan perbandingan antara diagram orbital dan grafik kesetimbangan. Perbandingan tidak dimaksudkan sebagai ilustrasi tambahan semata, tetapi sebagai sarana menguji batas konsep. Peserta didik perlu menentukan persamaan dan perbedaan kedua sistem, memilih bukti yang relevan, serta menjelaskan proses pada skala partikel. Selanjutnya, mereka dapat menerjemahkan penjelasan itu ke dalam persamaan, grafik, atau model lain. Rangkaian aktivitas tersebut membantu mengungkap apakah jawaban didasarkan pada hubungan konseptual atau hanya pada pola kata dan prosedur yang telah dihafal.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada interaktivitas unsur dalam konsep kimia muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain terlalu banyak unsur baru disajikan serentak dan representasi terpecah menimbulkan *split attention*. Kesalahan tersebut tidak selalu terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran interaktivitas unsur dalam konsep kimia akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk melakukan segmentasi, scaffolding, pengaktifan prasyarat, dan integrasi representasi secara bertahap, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, interaktivitas unsur dalam konsep kimia memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan memori kerja, skema, interaktivitas unsur, dan desain informasi. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna interaktivitas unsur dalam konsep kimia tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui redoks, stoikiometri, orbital, grafik, dan praktikum multivariabel membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman interaktivitas unsur dalam konsep kimia harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk interaktivitas unsur dalam konsep kimia perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk mengelola kompleksitas tanpa memutus hubungan konsep, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.11.3 Beban Ekstraneous dari Desain Representasi

Beban ekstraneous berasal dari cara informasi disajikan yang tidak membantu tujuan belajar. Representasi terpisah, kode warna tidak konsisten, teks panjang yang mengulang gambar, atau animasi terlalu cepat menghabiskan perhatian.

Diagram partikel di satu halaman dan penjelasan simbolik di halaman lain menuntut peserta didik menahan informasi sambil berpindah. Legenda yang jauh meningkatkan efek perhatian terbagi.

Visual yang ramai sering dianggap menarik tetapi menyulitkan pencarian hubungan. Redundansi juga dapat mengganggu ketika teks dibacakan persis sambil ditampilkan penuh.

Informasi yang perlu diintegrasikan sebaiknya ditempatkan berdekatan, diberi penanda, dan disajikan bertahap. Konsistensi simbol serta warna harus dijaga.

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai beban ekstraneous dari desain representasi menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari beban kognitif, kapasitas memori kerja, skema, dan desain informasi dalam pembelajaran kimia. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindarkan pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, beban ekstraneous dari desain representasi menuntut perbedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus penyetaraan redoks dapat dipasangkan dengan diagram orbital untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebut hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan melakukan segmentasi, scaffolding, pengaktifan

prasyarat, dan integrasi representasi secara bertahap, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam beban ekstraneous dari desain representasi berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti terlalu banyak unsur baru disajikan serentak, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa hiasan visual mengganggu fokus. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa beban ekstraneous dari desain representasi perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk melakukan segmentasi, scaffolding, pengaktifan prasyarat, dan integrasi representasi secara bertahap. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, beban ekstraneous dari desain representasi memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan memori kerja, skema, interaktivitas unsur, dan desain informasi. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari beban ekstraneous dari desain representasi. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari redoks, stoikiometri, orbital, grafik, dan praktikum multivariabel

dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman beban ekstraneous dari desain representasi harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk beban ekstraneous dari desain representasi perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk mengelola kompleksitas tanpa memutus hubungan konsep, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.11.4 Beban dari Perpindahan Antarrepresentasi

Menghubungkan makro, submikro, simbolik, grafik, dan matematika memerlukan koordinasi. Setiap perpindahan menambah tuntutan karena peserta didik harus mempertahankan makna sambil mengubah kode.

Pada titrasi, peserta didik dapat diminta menghubungkan volume, kurva pH, spesies dominan, persamaan reaksi, dan perhitungan. Jika semua diperkenalkan serentak, hubungan inti tertutup oleh operasi.

Peserta didik dapat memilih satu representasi yang paling mudah dan mengabaikan yang lain. Jawaban benar menjadi bergantung pada format tertentu.

Scaffolding dapat menggunakan satu jembatan pada satu waktu, lalu secara bertahap mengurangi dukungan. Contoh kerja harus menunjukkan keputusan representasional, bukan hanya langkah hitung.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, beban dari perpindahan antarrepresentasi bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan beban kognitif, kapasitas memori kerja, skema, dan desain informasi dalam pembelajaran kimia. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan beban dari perpindahan antarrepresentasi juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi, dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional memiliki fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui grafik kesetimbangan dan penyetaraan redoks. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian beban dari perpindahan antarrepresentasi, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa pemula diperlakukan seperti ahli atau representasi terpencah menimbulkan split attention. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, beban dari perpindahan antarrepresentasi memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan melakukan segmentasi, scaffolding, pengaktifan prasyarat, dan integrasi representasi secara bertahap pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang beban dari perpindahan antarrepresentasi bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup memori kerja, skema, interaktivitas unsur, dan desain informasi. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari beban dari perpindahan antarrepresentasi. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari redoks, stoikiometri, orbital, grafik, dan praktikum multivariabel dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan beban dari perpindahan antarrepresentasi sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk beban dari perpindahan antarrepresentasi perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk mengelola kompleksitas tanpa memutuskan hubungan konsep, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.11.5 Perbedaan Pemula dan Ahli

Ahli mengelompokkan masalah berdasarkan prinsip mendasar, sedangkan pemula cenderung berdasarkan ciri permukaan. Ahli juga memiliki otomatisasi pada simbol dan prosedur sehingga kapasitas dapat digunakan untuk evaluasi dan prediksi.

Soal tentang gas, kesetimbangan, dan asam-basa dapat tampak berbeda bagi pemula meskipun berbagi konsep jumlah zat, konservasi, atau distribusi. Ahli melihat struktur umum.

Penjelasan ahli kadang melompati langkah yang dianggap jelas. Peserta didik menerima hasil tanpa memahami keputusan tersembunyi.

Guru perlu melakukan dekompresi keahlian: mengeksternalkan pertanyaan, asumsi, dan pemeriksaan yang biasanya otomatis. Worked example harus memperlihatkan alasan setiap langkah.

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai perbedaan pemula dan ahli menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari beban kognitif, kapasitas memori kerja, skema, dan desain informasi dalam pembelajaran kimia. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindarkan pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, perbedaan pemula dan ahli harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus,

grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus perhitungan stoikiometri multistep dapat dipasangkan dengan diagram orbital untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebutkan hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan melakukan segmentasi, scaffolding, pengaktifan prasyarat, dan integrasi representasi secara bertahap, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian perbedaan pemula dan ahli, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa pemula diperlakukan seperti ahli atau representasi terpecah menimbulkan *split attention*. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa perbedaan pemula dan ahli perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk melakukan segmentasi, scaffolding, pengaktifan prasyarat, dan integrasi representasi secara bertahap. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, perbedaan pemula dan ahli memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan memori kerja, skema, interaktivitas unsur, dan desain informasi. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan

pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna perbedaan pemula dan ahli tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui redoks, stoikiometri, orbital, grafik, dan praktikum multivariabel membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan perbedaan pemula dan ahli sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk perbedaan pemula dan ahli perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk mengelola kompleksitas tanpa memutuskan hubungan konsep, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.11.6 Strategi Pengelolaan Beban Kognitif

Strategi efektif mencakup segmentasi, pralatih, contoh kerja, fading, dual coding yang terkoordinasi, pengurangan informasi tidak relevan, dan latihan pengambilan kembali. Strategi harus disesuaikan dengan pengetahuan awal.

Pada stoikiometri, guru dapat memulai dengan peta jumlah zat dan rasio sebelum soal kompleks. Pada struktur molekul, peserta didik menguasai konvensi model sebelum membandingkan beberapa representasi.

Penyederhanaan berlebihan dapat mengurangi beban sesaat tetapi menciptakan miskonsepsi. Menghapus kondisi atau mengganti mekanisme dengan slogan bukan pengelolaan beban yang sehat.

Desain perlu mengurangi beban yang tidak produktif sambil mempertahankan hubungan konseptual penting. Evaluasi harus melihat retensi dan transfer.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, strategi pengelolaan beban kognitif bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan beban kognitif, kapasitas memori kerja, skema, dan desain informasi dalam pembelajaran kimia. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, strategi pengelolaan beban kognitif harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus perhitungan stoikiometri multistep dapat dipasangkan dengan penyetaraan redoks untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebut hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan melakukan segmentasi, scaffolding, pengaktifan prasyarat, dan integrasi representasi secara bertahap, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam strategi pengelolaan beban kognitif berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti hiasan visual mengganggu fokus, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa terlalu banyak unsur baru disajikan serentak. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkapkan alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa strategi pengelolaan beban kognitif perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk melakukan segmentasi, scaffolding, pengaktifan prasyarat, dan integrasi representasi secara bertahap. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang strategi pengelolaan beban kognitif bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup memori kerja, skema, interaktivitas unsur, dan desain informasi. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna strategi pengelolaan beban kognitif tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui redoks, stoikiometri, orbital, grafik, dan praktikum multivariabel membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana.

Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan strategi pengelolaan beban kognitif sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran strategi pengelolaan beban kognitif dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari redoks, stoikiometri, orbital, grafik, dan praktikum multivariabel digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan mengelola kompleksitas tanpa memutuskan hubungan konsep, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.11.7 Sintesis: Beban Kognitif dan Miskonsepsi

Ketika kapasitas kerja terlampaui, peserta didik cenderung menggunakan intuisi, kata kunci, atau aturan hafalan. Strategi ini menurunkan tuntutan sesaat tetapi dapat menanamkan hubungan salah.

Beban tinggi juga membuat peserta didik gagal melihat ketidakkonsistenan antarrepresentasi. Mereka menyelesaikan satu bagian dan melupakan hubungan dengan sistem keseluruhan.

Karena itu, pencegahan miskonsepsi memerlukan desain representasi, urutan, dan dukungan yang sadar. Kompleksitas tidak boleh disembunyikan, tetapi diorganisasikan.

Organisasi tersebut sangat bergantung pada struktur hierarkis dan hubungan prasyarat antarkonsep.

Sumber Beban	Contoh dalam Kimia	Prinsip Desain
Interaktivitas unsur	Keseimbangan memerlukan banyak konsep prasyarat	Segmentasi dan pralatih

Sumber Beban	Contoh dalam Kimia	Prinsip Desain
Perhatian terbagi	Diagram dan legenda berjauhan	Integrasikan sumber informasi
Redundansi	Teks panjang mengulang visual	Hilangkan pengulangan tidak perlu
Konvensi baru	Banyak simbol diperkenalkan sekaligus	Ajarkan kode sebelum aplikasi
Perpindahan representasi	Makro-submikro-simbolik serentak	Scaffolding dan fading

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, sintesis: beban kognitif dan miskonsepsi bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan beban kognitif, kapasitas memori kerja, skema, dan desain informasi dalam pembelajaran kimia. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, sintesis: beban kognitif dan miskonsepsi menuntut pembedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Untuk memperjelas sintesis: beban kognitif dan miskonsepsi, pembelajaran dapat menggunakan perbandingan antara perhitungan stoikiometri multistep dan diagram orbital. Perbandingan tidak dimaksudkan sebagai ilustrasi tambahan semata, tetapi sebagai sarana menguji batas konsep. Peserta didik perlu menentukan persamaan dan perbedaan kedua sistem, memilih bukti yang relevan, serta menjelaskan proses pada skala partikel. Selanjutnya, mereka dapat menerjemahkan penjelasan itu ke dalam persamaan, grafik, atau model lain. Rangkaian aktivitas tersebut membantu mengungkap apakah jawaban didasarkan pada hubungan konseptual atau hanya pada pola kata dan prosedur yang telah dihafal.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam sintesis: beban kognitif dan miskonsepsi berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti representasi terpecah menimbulkan *split attention*, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa pemula diperlakukan seperti ahli. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus perbandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, sintesis: beban kognitif dan miskonsepsi memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan melakukan segmentasi, *scaffolding*, pengaktifan prasyarat, dan integrasi representasi secara bertahap pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, sintesis: beban kognitif dan miskonsepsi memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan memori kerja, skema, interaktivitas unsur, dan desain informasi. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari sintesis: beban kognitif dan miskonsepsi. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari redoks, stoikiometri, orbital, grafik, dan praktikum multivariabel dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas

pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman sintesis: beban kognitif dan miskonsepsi harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk sintesis: beban kognitif dan miskonsepsi perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk mengelola kompleksitas tanpa memutus hubungan konsep, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.12 Hubungan Antarkonsep yang Bersifat Hierarkis

Pengetahuan kimia tersusun sebagai jaringan yang sekaligus memiliki hubungan hierarkis. Konsep umum seperti materi, partikel, energi, struktur, dan perubahan menopang konsep yang lebih khusus. Banyak topik lanjut tidak dapat dipahami secara stabil tanpa prasyarat yang cukup.

Hierarki bukan urutan tunggal yang kaku. Satu konsep dapat menjadi prasyarat pada beberapa jalur, dan hubungan horizontal mengintegrasikan topik yang biasanya diajarkan terpisah.

Subbab ini memperluas pembahasan mengenai struktur hierarkis, hubungan prasyarat, konsep ambang, dan jaringan antarkonsep kimia dengan menempatkan setiap gagasan sebagai bagian dari sistem penjelasan kimia. Uraian tidak hanya menjawab apa yang dimaksud oleh istilah tertentu, tetapi juga mengapa konsep tersebut diperlukan, bagaimana konsep dibangun dari bukti, bagaimana ia direpresentasikan, dan dalam kondisi apa penggunaannya memiliki keterbatasan. Perspektif ini penting karena miskonsepsi sering muncul bukan akibat ketiadaan informasi, melainkan akibat hubungan yang tidak tepat antara pengamatan, model partikel, simbol, bahasa, dan prosedur kuantitatif.

Pengembangan pada subbab ini diarahkan untuk menunjukkan bahwa struktur hierarkis, hubungan prasyarat, konsep ambang, dan jaringan antarkonsep kimia memiliki konsekuensi langsung terhadap cara peserta didik belajar dan cara guru merancang pembelajaran. Setiap bagian akan menghubungkan landasan disipliner dengan potensi kesalahan konseptual, bentuk diagnosis yang relevan, serta strategi pedagogis yang memungkinkan peserta didik menguji dan merevisi gagasannya. Dengan demikian, karakteristik pengetahuan kimia dipahami sekaligus sebagai kekuatan penjelas ilmu dan sebagai sumber tuntutan kognitif yang perlu dikelola secara sadar.

2.12.1 Konsep Superordinat, Subordinat, dan Koordinat

Konsep superordinat memiliki cakupan lebih umum, konsep subordinat lebih khusus, sedangkan konsep koordinat berada pada tingkat sebanding dan perlu dibedakan. Struktur ini membantu menentukan atribut serta batas.

Materi mencakup zat dan campuran; zat mencakup unsur dan senyawa. Atom, molekul, dan ion adalah konsep koordinat pada konteks partikel yang harus dibedakan secara jelas.

Peserta didik dapat menempatkan semua partikel sebagai molekul atau menganggap unsur dan atom sinonim. Kesalahan kategori menyebar ke rumus, ikatan, dan reaksi.

Peta hierarki dan contoh-noncontoh membantu. Guru perlu menguji apakah peserta didik memahami relasi 'merupakan jenis dari' dan 'tersusun atas'.

Pendalaman Konseptual

konsep superordinat, subordinat, dan koordinat perlu ditempatkan dalam kerangka struktur hierarkis, hubungan prasyarat, konsep ambang, dan jaringan antarkonsep kimia. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, konsep superordinat, subordinat, dan koordinat menuntut perbedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui struktur elektron sebelum periodisitas dan reaksi reversibel sebelum kesetimbangan. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam konsep superordinat, subordinat, dan koordinat berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti hubungan horizontal antartopik diabaikan, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa kesalahan dasar menjalar ke banyak topik. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran konsep superordinat, subordinat, dan koordinat akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk memetakan prasyarat, hubungan vertikal-horizontal, dan titik intervensi pada miskonsepsi berantai, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang konsep superordinat, subordinat, dan koordinat bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup hierarki konsep, prasyarat, konsep ambang, dan jejaring. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah.

Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari konsep superordinat, subordinat, dan koordinat. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari mol, muatan, energi, reaksi reversibel, dan struktur elektron dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan konsep superordinat, subordinat, dan koordinat sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran konsep superordinat, subordinat, dan koordinat dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari mol, muatan, energi, reaksi reversibel, dan struktur elektron digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan memetakan hubungan vertikal dan horizontal, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.12.2 Konsep Prasyarat dan Ketergantungan

Konsep prasyarat menyediakan struktur untuk memahami konsep baru. Ketergantungan dapat bersifat definisional, representasional, matematis, atau mekanistik.

Kesetimbangan asam-basa memerlukan jumlah zat, konsentrasi, ionisasi, transfer proton, kesetimbangan dinamis, dan logaritma. Elektrokimia memerlukan redoks, muatan, potensial, dan sirkuit.

Ketika prasyarat rapuh, peserta didik mengisi kekosongan dengan aturan lokal. Kesalahan konsentrasi-kekuatan asam muncul kembali pada pH, buffer, dan titrasi.

Sebelum topik lanjut, diagnosis harus menargetkan prasyarat kunci, bukan mengulang seluruh bab. Remediasi akar lebih efisien daripada koreksi gejala.

Pendalaman Konseptual

konsep prasyarat dan ketergantungan perlu ditempatkan dalam kerangka struktur hierarkis, hubungan prasyarat, konsep ambang, dan jaringan antarkonsep kimia. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, konsep prasyarat dan ketergantungan menuntut pembedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui struktur elektron sebelum periodisitas dan energi sebelum termokimia. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian konsep prasyarat dan ketergantungan, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa urutan kurikulum dianggap sekadar administratif atau kesalahan dasar menjalar ke banyak topik. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka,

representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, konsep prasyarat dan ketergantungan memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan memetakan prasyarat, hubungan vertikal-horizontal, dan titik intervensi pada miskonsepsi berantai pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang konsep prasyarat dan ketergantungan bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup hierarki konsep, prasyarat, konsep ambang, dan jejaring. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna konsep prasyarat dan ketergantungan tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui mol, muatan, energi, reaksi reversibel, dan struktur elektron membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman konsep prasyarat dan ketergantungan harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat

apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran konsep prasyarat dan ketergantungan dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari mol, muatan, energi, reaksi reversibel, dan struktur elektron digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan memetakan hubungan vertikal dan horizontal, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.12.3 Hubungan Vertikal dan Horizontal

Hubungan vertikal mengembangkan konsep dari sederhana ke kompleks, sedangkan hubungan horizontal mengaitkan konsep pada topik berbeda. Keduanya diperlukan untuk membangun jaringan yang fleksibel.

Energi muncul pada ikatan, termokimia, kinetika, kesetimbangan, dan elektrokimia. Jumlah zat menghubungkan komposisi, gas, larutan, dan reaksi.

Kurikulum berbab dapat membuat peserta didik menganggap konsep selesai setelah ujian. Mereka gagal mengaktifkan konsep lama pada konteks baru.

Guru perlu menggunakan pertanyaan penghubung dan tugas lintas topik. Peta konsep kumulatif dapat menunjukkan bagaimana satu gagasan berubah fungsi.

Pendalaman Konseptual

hubungan vertikal dan horizontal perlu ditempatkan dalam kerangka struktur hierarkis, hubungan prasyarat, konsep ambang, dan jaringan antarkonsep kimia. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, hubungan vertikal dan horizontal harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Untuk memperjelas hubungan vertikal dan horizontal, pembelajaran dapat menggunakan perbandingan antara mol sebagai jembatan skala dan struktur elektron sebelum periodisitas. Perbandingan tidak dimaksudkan sebagai ilustrasi tambahan semata, tetapi sebagai sarana menguji batas konsep. Peserta didik perlu menentukan persamaan dan perbedaan kedua sistem, memilih bukti yang relevan, serta menjelaskan proses pada skala partikel. Selanjutnya, mereka dapat menerjemahkan penjelasan itu ke dalam persamaan, grafik, atau model lain. Rangkaian aktivitas tersebut membantu mengungkap apakah jawaban didasarkan pada hubungan konseptual atau hanya pada pola kata dan prosedur yang telah dihafal.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian hubungan vertikal dan horizontal, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa kesalahan dasar menjalar ke banyak topik atau hubungan horizontal antartopik diabaikan. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, hubungan vertikal dan horizontal memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan memetakan prasyarat, hubungan vertikal-horizontal, dan titik intervensi pada miskonsepsi berantai pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, hubungan vertikal dan horizontal memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan hierarki konsep, prasyarat, konsep ambang, dan jejaring. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna hubungan vertikal dan horizontal tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui mol, muatan, energi, reaksi reversibel, dan struktur elektron membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman hubungan vertikal dan horizontal harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk hubungan vertikal dan horizontal perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk memetakan hubungan vertikal dan horizontal, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.12.4 Konsep Ambang dan Rekonstruksi Pemahaman

Beberapa konsep berfungsi sebagai ambang yang mengubah cara melihat bidang. Sifat partikulat materi, mol, energi, dan kesetimbangan dinamis sering menjadi titik yang memungkinkan integrasi berbagai topik.

Ketika konsep mol dipahami sebagai jembatan antara jumlah entitas dan besaran makroskopik, stoikiometri tidak lagi sekadar konversi. Ketika kesetimbangan dipahami dinamis, buffer dan kelarutan menjadi lebih koheren.

Peserta didik dapat melewati topik secara prosedural tanpa melewati ambang konseptual. Mereka mampu menghitung tetapi tetap menggunakan model lama.

Asesmen ambang perlu menilai perubahan cara menjelaskan dan transfer, bukan hanya keberhasilan soal rutin.

Pendalaman Konseptual

konsep ambang dan rekonstruksi pemahaman perlu ditempatkan dalam kerangka struktur hierarkis, hubungan prasyarat, konsep ambang, dan jaringan antarkonsep kimia. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan konsep ambang dan rekonstruksi pemahaman juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi, dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional memiliki fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui mol sebagai jembatan skala dan reaksi reversibel sebelum kesetimbangan. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut

kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada konsep ambang dan rekonstruksi pemahaman muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain hubungan horizontal antartopik diabaikan dan kesalahan dasar menjalar ke banyak topik. Kesalahan tersebut tidak selalu terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran konsep ambang dan rekonstruksi pemahaman akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk memetakan prasyarat, hubungan vertikal-horizontal, dan titik intervensi pada miskonsepsi berantai, sekaligus menurunkan ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, konsep ambang dan rekonstruksi pemahaman memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan hierarki konsep, prasyarat, konsep ambang, dan jejaring. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari konsep ambang dan rekonstruksi pemahaman. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari mol, muatan, energi, reaksi reversibel, dan struktur elektron dapat

dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman konsep ambang dan rekonstruksi pemahaman harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk konsep ambang dan rekonstruksi pemahaman perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk memetakan hubungan vertikal dan horizontal, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.12.5 Miskonsepsi Berantai dan Efek Hilir

Karena struktur hierarkis, miskonsepsi dasar dapat menghasilkan efek hilir. Kesalahan tidak selalu muncul dengan kata yang sama, tetapi memengaruhi keputusan pada banyak konteks.

Anggapan bahwa partikel zat padat tidak bergerak memengaruhi difusi, pelarutan, tekanan uap, dan kesetimbangan fase. Penyamaan ikatan dan gaya antarmolekul memengaruhi titik didih, kelarutan, serta perubahan fase.

Remediasi pada topik hilir dapat gagal karena akar tetap aktif. Peserta didik menghafal pengecualian baru tanpa mengubah skema dasar.

Analisis jawaban perlu menelusuri konsep akar. Guru dapat membuat peta ketergantungan dan menandai titik miskonsepsi yang memiliki dampak luas.

Pendalaman Konseptual

miskonsepsi berantai dan efek hilir perlu ditempatkan dalam kerangka struktur hierarkis, hubungan prasyarat, konsep ambang, dan jaringan antarkonsep kimia. Pembahasan yang

hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, miskonsepsi berantai dan efek hilir menuntut perbedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus reaksi reversibel sebelum kesetimbangan dapat dipasangkan dengan mol sebagai jembatan skala untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebut hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan memetakan prasyarat, hubungan vertikal-horizontal, dan titik intervensi pada miskonsepsi berantai, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian miskonsepsi berantai dan efek hilir, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa urutan kurikulum dianggap sekadar administratif atau kesalahan dasar menjalar ke banyak topik. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa miskonsepsi berantai dan efek hilir perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan

pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk memetakan prasyarat, hubungan vertikal-horizontal, dan titik intervensi pada miskonsepsi berantai. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang miskonsepsi berantai dan efek hilir bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup hierarki konsep, prasyarat, konsep ambang, dan jejaring. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna miskonsepsi berantai dan efek hilir tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui mol, muatan, energi, reaksi reversibel, dan struktur elektron membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan miskonsepsi berantai dan efek hilir sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran miskonsepsi berantai dan efek hilir dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data,

pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari mol, muatan, energi, reaksi reversibel, dan struktur elektron digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan memetakan hubungan vertikal dan horizontal, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.12.6 Urutan Kurikulum dan Spiral Konseptual

Urutan pembelajaran sebaiknya mempertimbangkan prasyarat dan kesempatan revisi. Pendekatan spiral memperkenalkan gagasan inti pada tingkat sederhana, kemudian kembali dengan model dan bukti yang lebih kaya.

Konsep atom dapat dimulai sebagai model partikel, lalu diperluas dengan struktur elektronik dan kuantum. Definisi oksidasi dapat berkembang dari oksigen menuju elektron dan bilangan oksidasi.

Spiral yang tidak eksplisit dapat dianggap perubahan definisi yang membingungkan. Peserta didik mempertahankan versi awal sebagai aturan universal atau menganggap guru tidak konsisten.

Setiap perluasan harus menjelaskan hubungan dengan model sebelumnya: bagian yang tetap berguna, bagian yang dibatasi, dan kebutuhan model baru.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, urutan kurikulum dan spiral konseptual bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan struktur hierarkis, hubungan prasyarat, konsep ambang, dan jaringan antarkonsep kimia. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan urutan kurikulum dan spiral konseptual juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi, dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional memiliki fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui struktur elektron sebelum periodisitas dan muatan sebelum ikatan ionik. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian urutan kurikulum dan spiral konseptual, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa kesalahan dasar menjalar ke banyak topik atau urutan kurikulum dianggap sekadar administratif. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran urutan kurikulum dan spiral konseptual akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk memetakan prasyarat, hubungan vertikal-horizontal, dan titik intervensi pada miskonsepsi berantai, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang urutan kurikulum dan spiral konseptual bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup hierarki konsep, prasyarat, konsep ambang, dan jejaring. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari urutan kurikulum dan spiral konseptual. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari mol, muatan, energi, reaksi reversibel, dan struktur elektron dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan urutan kurikulum dan spiral konseptual sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran urutan kurikulum dan spiral konseptual dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari mol, muatan, energi, reaksi reversibel, dan struktur elektron digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan memetakan hubungan vertikal dan horizontal, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.12.7 Sintesis: Menata Jaringan Pengetahuan

Hierarki konseptual membantu menjelaskan mengapa pembelajaran kimia kumulatif. Konsep baru tidak ditempelkan pada ruang kosong, tetapi diintegrasikan ke jaringan yang telah ada.

Miskonsepsi dapat berasal dari salah klasifikasi, prasyarat rapuh, atau hubungan yang tidak terbentuk. Dampaknya dapat jauh melampaui topik tempat kesalahan pertama kali muncul.

Perencanaan perlu memetakan prasyarat, hubungan lintas topik, dan titik ambang. Diagnosis dan remediasi harus mempertimbangkan posisi konsep dalam jaringan.

Jaringan ini juga menentukan kesulitan ketika peserta didik harus berpindah dari satu tingkat representasi ke tingkat lain.

Konsep Target	Prasyarat Utama	Dampak jika Prasyarat Lemah
Ikatan kimia	Muatan, elektron, energi, gaya elektrostatik	Aturan oktet menjadi penjelasan final
Stoikiometri	Mol, kekekalan, persamaan setara	Perhitungan tanpa makna jumlah zat
Kesetimbangan	Laju, reversibilitas, konsentrasi	Kesetimbangan dianggap reaksi berhenti
Asam-basa	Spesies, transfer proton, konsentrasi	Kekuatan disamakan dengan kepekatan
Elektrokimia	Redoks, muatan, energi, sirkuit	Elektron dianggap bergerak dalam larutan

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, sintesis: menata jaringan pengetahuan bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan struktur hierarkis, hubungan prasyarat, konsep ambang, dan jaringan antarkonsep kimia. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan sintesis: menata jaringan pengetahuan juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi, dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional memiliki fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus muatan sebelum ikatan ionik dapat dipasangkan dengan mol sebagai jembatan skala untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebutkan hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan memetakan prasyarat, hubungan vertikal-horizontal, dan titik intervensi pada miskonsepsi berantai, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian sintesis: menata jaringan pengetahuan, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa hubungan horizontal antartopik diabaikan atau kesalahan dasar menjalar ke banyak topik. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa sintesis: menata jaringan pengetahuan perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk memetakan prasyarat, hubungan vertikal-horizontal, dan titik intervensi pada miskonsepsi berantai. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, sintesis: menata jaringan pengetahuan memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan hierarki konsep, prasyarat, konsep ambang, dan jejaring. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari sintesis: menata jaringan pengetahuan. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari mol, muatan, energi, reaksi reversibel, dan struktur elektron dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan sintesis: menata jaringan pengetahuan sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran sintesis: menata jaringan pengetahuan dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari mol, muatan, energi, reaksi reversibel, dan struktur elektron digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan memetakan hubungan vertikal dan horizontal, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.13 Kesulitan Berpindah Antartingkat Representasi

Pemahaman representasional tidak hanya berarti dapat membaca setiap bentuk secara terpisah. Peserta didik harus mampu menerjemahkan informasi, mempertahankan hubungan, dan memeriksa konsistensi ketika berpindah antara fenomena, model partikel, simbol, grafik, dan matematika.

Perpindahan ini sulit karena tidak selalu bersifat satu-ke-satu. Satu fenomena dapat diwakili oleh beberapa model, satu simbol dapat memiliki fungsi kontekstual, dan sebagian informasi hilang atau ditambahkan pada setiap transformasi.

Subbab ini memperluas pembahasan mengenai kesulitan menerjemahkan informasi antartingkat representasi, bentuk data, dan bahasa matematika dengan menempatkan setiap gagasan sebagai bagian dari sistem penjelasan kimia. Uraian tidak hanya menjawab apa yang dimaksud oleh istilah tertentu, tetapi juga mengapa konsep tersebut diperlukan, bagaimana konsep dibangun dari bukti, bagaimana ia direpresentasikan, dan dalam kondisi apa penggunaannya memiliki keterbatasan. Perspektif ini penting karena miskonsepsi sering muncul bukan akibat ketiadaan informasi, melainkan akibat hubungan yang tidak tepat antara pengamatan, model partikel, simbol, bahasa, dan prosedur kuantitatif.

Pengembangan pada subbab ini diarahkan untuk menunjukkan bahwa kesulitan menerjemahkan informasi antartingkat representasi, bentuk data, dan bahasa matematika memiliki konsekuensi langsung terhadap cara peserta didik belajar dan cara guru merancang pembelajaran. Setiap bagian akan menghubungkan landasan disipliner dengan potensi kesalahan konseptual, bentuk diagnosis yang relevan, serta strategi pedagogis yang memungkinkan peserta didik menguji dan merevisi gagasannya. Dengan demikian, karakteristik pengetahuan kimia dipahami sekaligus sebagai kekuatan penjelas ilmu dan sebagai sumber tuntutan kognitif yang perlu dikelola secara sadar.

2.13.1 Terjemahan Makroskopik ke Submikroskopik

Terjemahan dari pengamatan ke model partikel memerlukan inferensi mekanistik. Peserta didik harus memilih entitas, menentukan jumlah relatif, serta menghubungkan perubahan kondisi dengan gerak atau interaksi.

Ketika gas dipanaskan pada volume tetap, model perlu menunjukkan distribusi energi dan tumbukan yang menghasilkan tekanan lebih tinggi. Tidak cukup menggambar partikel lebih besar.

Peserta didik menggunakan kemiripan permukaan: warna larutan diterjemahkan menjadi partikel berwarna, atau volume lebih besar berarti partikel lebih besar.

Tugas perlu menyediakan data dan meminta beberapa model alternatif, lalu peserta didik menilai model berdasarkan kekekalan dan daya jelas.

Pendalaman Konseptual

terjemahan makroskopik ke submikroskopik perlu ditempatkan dalam kerangka kesulitan menerjemahkan informasi antartingkat representasi, bentuk data, dan bahasa matematika. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, terjemahan makroskopik ke submikroskopik harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui data tabel menuju hubungan proporsional dan model molekul menuju polaritas. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam terjemahan makroskopik ke submikroskopik berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti informasi hilang saat translasi, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa fitur permukaan lebih dominan daripada makna. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, terjemahan makroskopik ke submikroskopik memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan melakukan

translasi dua arah, menjelaskan alasan, dan memverifikasi ekuivalensi makna pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, terjemahan makroskopik ke submikroskopik memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan translasi representasi, grafik, tabel, narasi, dan matematika. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari terjemahan makroskopik ke submikroskopik. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari diagram partikel, persamaan, grafik, data tabel, dan model molekul dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman terjemahan makroskopik ke submikroskopik harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran terjemahan makroskopik ke submikroskopik dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari diagram partikel, persamaan, grafik, data tabel, dan model molekul digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan memeriksa

ekuivalensi makna antarformat, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.13.2 Terjemahan Submikroskopik ke Simbolik

Dari diagram partikel menuju rumus atau persamaan, peserta didik harus mengenali jenis entitas, rasio, muatan, fase, dan perubahan. Konvensi simbolik harus diterapkan tanpa menghilangkan makna.

Diagram dua H_2 dan satu O_2 yang menghasilkan dua H_2O dapat diterjemahkan menjadi $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$. Jumlah gambar bukan alasan mengubah indeks dalam molekul.

Peserta didik dapat menghitung bulatan tanpa mengenali unit molekul, atau menulis koefisien sebagai indeks. Muatan total pada diagram juga sering diabaikan.

Latihan harus meminta penjelasan korespondensi setiap simbol dengan unsur diagram. Pemeriksaan atom dan muatan dilakukan pada kedua representasi.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, terjemahan submikroskopik ke simbolik bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan kesulitan menerjemahkan informasi antartingkat representasi, bentuk data, dan bahasa matematika. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan terjemahan submikroskopik ke simbolik juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi, dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional memiliki fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui diagram partikel menuju persamaan dan grafik menuju narasi. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus

dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam terjemahan submikroskopik ke simbolik berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti fitur permukaan lebih dominan daripada makna, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa informasi hilang saat translasi. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, terjemahan submikroskopik ke simbolik memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan melakukan translasi dua arah, menjelaskan alasan, dan memverifikasi ekuivalensi makna pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang terjemahan submikroskopik ke simbolik bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup translasi representasi, grafik, tabel, narasi, dan matematika. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari terjemahan submikroskopik ke simbolik. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari diagram partikel, persamaan, grafik, data tabel, dan model molekul dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan terjemahan submikroskopik ke simbolik sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk terjemahan submikroskopik ke simbolik perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk memeriksa ekuivalensi makna antarformat, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.13.3 Terjemahan Simbolik ke Makroskopik

Persamaan dan rumus harus diterjemahkan menjadi prediksi yang dapat diamati atau diukur. Ini memerlukan pengetahuan tentang sifat zat, kondisi, dan skala.

Persamaan ion bersih pembentukan AgCl memprediksi munculnya fase padat pada kondisi konsentrasi tertentu. Persamaan gas dapat memprediksi perubahan tekanan atau volume, bukan hanya angka abstrak.

Peserta didik dapat memberi narasi yang hanya membaca nama zat tanpa menyebut gejala atau kondisi. Mereka juga memprediksi endapan dari setiap persamaan tanpa mempertimbangkan kelarutan.

Soal perlu meminta prediksi observasi dan justifikasi. Data eksperimen kemudian digunakan untuk mengevaluasi prediksi.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, terjemahan simbolik ke makroskopik bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan kesulitan menerjemahkan informasi antartingkat representasi, bentuk data, dan bahasa matematika. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan terjemahan simbolik ke makroskopik juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi, dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional memiliki fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus diagram partikel menuju persamaan dapat dipasangkan dengan persamaan menuju prediksi eksperimen untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebut hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan melakukan translasi dua arah, menjelaskan alasan, dan memverifikasi ekuivalensi makna, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian terjemahan simbolik ke makroskopik, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa fitur permukaan lebih dominan daripada makna atau satuan dan skala diabaikan. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil

diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran terjemahan simbolik ke makroskopik akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk melakukan translasi dua arah, menjelaskan alasan, dan memverifikasi ekuivalensi makna, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang terjemahan simbolik ke makroskopik bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup translasi representasi, grafik, tabel, narasi, dan matematika. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna terjemahan simbolik ke makroskopik tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui diagram partikel, persamaan, grafik, data tabel, dan model molekul membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan terjemahan simbolik ke makroskopik sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari

jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk terjemahan simbolik ke makroskopik perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk memeriksa ekuivalensi makna antarformat, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.13.4 Terjemahan Matematis ke Makna Kimia

Hasil matematika harus ditafsirkan sebagai besaran kimia dengan satuan, tanda, skala, dan konteks. Transformasi aljabar dapat mengubah bentuk tanpa mengubah hubungan, tetapi tidak menambahkan makna baru.

Nilai pH 3 menunjukkan skala logaritmik dan kondisi aktivitas ion tertentu; tidak berarti larutan 'memiliki tiga ion'. Nilai negatif ΔG pada kondisi tertentu menunjukkan arah termodinamika, bukan laju.

Peserta didik berhenti pada angka dan mengabaikan tanda atau orde besaran. Kalkulator memberi hasil yang diterima tanpa evaluasi.

Setiap jawaban numerik harus diikuti kalimat interpretasi, pemeriksaan satuan, dan perbandingan dengan batas fisik atau kimia.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, terjemahan matematis ke makna kimia bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan kesulitan menerjemahkan informasi antartingkat representasi, bentuk data, dan bahasa matematika. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, terjemahan matematis ke makna kimia harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak

memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus data tabel menuju hubungan proporsional dapat dipasang dengan grafik menuju narasi untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebut hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan melakukan translasi dua arah, menjelaskan alasan, dan memverifikasi ekuivalensi makna, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam terjemahan matematis ke makna kimia berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti informasi hilang saat translasi, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa arah hubungan dibalik. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa terjemahan matematis ke makna kimia perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk melakukan translasi dua arah, menjelaskan alasan, dan memverifikasi ekuivalensi makna. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, terjemahan matematis ke makna kimia memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan translasi representasi, grafik, tabel, narasi, dan matematika. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna terjemahan matematis ke makna kimia tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui diagram partikel, persamaan, grafik, data tabel, dan model molekul membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman terjemahan matematis ke makna kimia harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk terjemahan matematis ke makna kimia perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk memeriksa ekuivalensi makna antarformat, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.13.5 Terjemahan Grafik, Tabel, dan Narasi

Grafik dan tabel memerlukan koordinasi variabel, skala, dan tren. Peserta didik harus dapat mengubah narasi menjadi grafik serta menjelaskan grafik dalam bahasa kimia.

Grafik konsentrasi terhadap waktu pada kesetimbangan menunjukkan nilai akhir tetap tetapi berbeda. Narasi yang benar menyatakan laju maju dan balik sama, bukan konsentrasi sama.

Kurva dibaca sebagai bentuk fisik atau arah gerak. Sumbu logaritmik dan normalisasi juga sering diabaikan.

Latihan perlu menggunakan beberapa grafik dengan fenomena sama dan meminta perbandingan. Peserta didik harus menyebut variabel, hubungan, dan keterbatasan data.

Pendalaman Konseptual

terjemahan grafik, tabel, dan narasi perlu ditempatkan dalam kerangka kesulitan menerjemahkan informasi antartingkat representasi, bentuk data, dan bahasa matematika. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, terjemahan grafik, tabel, dan narasi menuntut perbedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Untuk memperjelas terjemahan grafik, tabel, dan narasi, pembelajaran dapat menggunakan perbandingan antara grafik menuju narasi dan diagram partikel menuju persamaan. Perbandingan tidak dimaksudkan sebagai ilustrasi tambahan semata, tetapi sebagai sarana menguji batas konsep. Peserta didik perlu menentukan persamaan dan perbedaan kedua sistem, memilih bukti yang relevan, serta menjelaskan proses pada skala partikel. Selanjutnya, mereka dapat menerjemahkan penjelasan itu ke dalam persamaan, grafik, atau model lain. Rangkaian aktivitas tersebut membantu mengungkap apakah jawaban didasarkan pada hubungan konseptual atau hanya pada pola kata dan prosedur yang telah dihafal.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam terjemahan grafik, tabel, dan narasi berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti arah hubungan dibalik, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa informasi hilang saat translasi. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran terjemahan grafik, tabel, dan narasi akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk melakukan translasi dua arah, menjelaskan alasan, dan memverifikasi ekuivalensi makna, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang terjemahan grafik, tabel, dan narasi bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup translasi representasi, grafik, tabel, narasi, dan matematika. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari terjemahan grafik, tabel, dan narasi. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari diagram partikel, persamaan, grafik, data tabel, dan model molekul dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman terjemahan grafik, tabel, dan narasi harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran terjemahan grafik, tabel, dan narasi dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari diagram partikel, persamaan, grafik, data tabel, dan model molekul digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan memeriksa ekuivalensi makna antarformat, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.13.6 Sumber Kesulitan dan Strategi Scaffolding

Kesulitan berasal dari pengetahuan prasyarat, konvensi, beban kognitif, dan kurangnya pengalaman membuat representasi. Representasi yang tidak konsisten dapat menambah beban yang tidak produktif.

Kode warna atom yang berubah antarmedia atau jumlah partikel yang tidak konsisten dengan koefisien membuat peserta didik memusatkan perhatian pada konflik visual.

Guru sering menunjukkan hasil terjemahan tanpa memodelkan keputusan. Peserta didik meniru produk tetapi tidak memahami proses pemetaan.

Scaffolding dapat berupa tabel korespondensi, pertanyaan panduan, representasi parsial, dan fading. Dukungan dikurangi setelah peserta didik menunjukkan konsistensi.

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai sumber kesulitan dan strategi scaffolding menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari kesulitan menerjemahkan informasi antartingkat representasi, bentuk data, dan bahasa matematika. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindarkan pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep

kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan sumber kesulitan dan strategi scaffolding juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi, dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional memiliki fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus model molekul menuju polaritas dapat dipasangkan dengan grafik menuju narasi untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebut hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan melakukan translasi dua arah, menjelaskan alasan, dan memverifikasi ekuivalensi makna, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada sumber kesulitan dan strategi scaffolding muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain informasi hilang saat translasi dan arah hubungan dibalik. Kesalahan tersebut tidak selalu terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran sumber kesulitan dan strategi scaffolding akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk melakukan translasi dua arah,

menjelaskan alasan, dan memverifikasi ekuivalensi makna, sekaligus menurunkan ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, sumber kesulitan dan strategi scaffolding memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan translasi representasi, grafik, tabel, narasi, dan matematika. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna sumber kesulitan dan strategi scaffolding tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui diagram partikel, persamaan, grafik, data tabel, dan model molekul membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman sumber kesulitan dan strategi scaffolding harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk sumber kesulitan dan strategi scaffolding perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk memeriksa ekuivalensi makna antarformat, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai

keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.13.7 Sintesis: Kefasihan Representasional

Kefasihan representasional berarti mampu bergerak antarbentuk tanpa kehilangan makna dan mengetahui bahwa terjemahan tidak selalu satu-ke-satu. Kemampuan ini merupakan inti penalaran kimia.

Miskonsepsi sering terlihat sebagai ketidakkonsistenan: jawaban verbal benar tetapi gambar salah, persamaan benar tetapi prediksi makro salah, atau angka benar tetapi interpretasi keliru.

Diagnosis harus menggunakan tugas multi-representasi. Pembelajaran harus memberi kesempatan menghasilkan, bukan hanya membaca, representasi.

Prinsip-prinsip tersebut bermuara pada desain pembelajaran yang secara sengaja mengelola konsep, model, bahasa, representasi, dan beban kognitif.

Arah Terjemahan	Tuntutan Utama	Contoh Tugas Diagnostik
Makro → submikro	Inferensi entitas dan mekanisme	Gambar partikel sebelum-sesudah pelarutan
Submikro → simbolik	Pemetaan rasio, muatan, dan identitas	Tuliskan persamaan dari diagram partikel
Simbolik → makro	Prediksi gejala dan besaran	Prediksi hasil pencampuran dua larutan
Matematis → kimia	Tafsir satuan, tanda, dan skala	Jelaskan arti nilai ΔG atau pH
Grafik ↔ narasi	Hubungkan tren dengan proses	Ceritakan grafik konsentrasi-waktu

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai sintesis: kefasihan representasional menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari kesulitan menerjemahkan informasi antartingkat representasi, bentuk data, dan bahasa matematika. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindarkan pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep

kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, sintesis: kefasihan representasional harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus grafik menuju narasi dapat dipasangkan dengan diagram partikel menuju persamaan untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebut hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan melakukan translasi dua arah, menjelaskan alasan, dan memverifikasi ekuivalensi makna, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam sintesis: kefasihan representasional berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti fitur permukaan lebih dominan daripada makna, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa informasi hilang saat translasi. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran sintesis: kefasihan representasional akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus

jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk melakukan translasi dua arah, menjelaskan alasan, dan memverifikasi ekuivalensi makna, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, sintesis: kefasihan representasional memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan translasi representasi, grafik, tabel, narasi, dan matematika. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari sintesis: kefasihan representasional. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari diagram partikel, persamaan, grafik, data tabel, dan model molekul dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman sintesis: kefasihan representasional harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran sintesis: kefasihan representasional dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari

diagram partikel, persamaan, grafik, data tabel, dan model molekul digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan memeriksa ekuivalensi makna antarformat, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.14 Implikasi Karakteristik Kimia bagi Desain Pembelajaran

Karakteristik pengetahuan kimia tidak hanya menjelaskan kesulitan peserta didik, tetapi memberikan arahan konkret bagi desain pembelajaran. Tujuan, urutan, representasi, aktivitas, dan asesmen harus selaras dengan cara pengetahuan kimia dibangun serta digunakan.

Desain yang baik tidak berusaha menghilangkan abstraksi atau matematika, melainkan menyediakan jembatan, mengelola beban, dan memberi kesempatan peserta didik menguji serta merevisi model.

Subbab ini memperluas pembahasan mengenai implikasi karakteristik pengetahuan kimia bagi tujuan, urutan, strategi, media, praktikum, dan asesmen dengan menempatkan setiap gagasan sebagai bagian dari sistem penjelasan kimia. Uraian tidak hanya menjawab apa yang dimaksud oleh istilah tertentu, tetapi juga mengapa konsep tersebut diperlukan, bagaimana konsep dibangun dari bukti, bagaimana ia direpresentasikan, dan dalam kondisi apa penggunaannya memiliki keterbatasan. Perspektif ini penting karena miskonsepsi sering muncul bukan akibat ketiadaan informasi, melainkan akibat hubungan yang tidak tepat antara pengamatan, model partikel, simbol, bahasa, dan prosedur kuantitatif.

Pengembangan pada subbab ini diarahkan untuk menunjukkan bahwa implikasi karakteristik pengetahuan kimia bagi tujuan, urutan, strategi, media, praktikum, dan asesmen memiliki konsekuensi langsung terhadap cara peserta didik belajar dan cara guru merancang pembelajaran. Setiap bagian akan menghubungkan landasan disipliner dengan potensi kesalahan konseptual, bentuk diagnosis yang relevan, serta strategi pedagogis yang memungkinkan peserta didik menguji dan merevisi gagasannya. Dengan demikian, karakteristik pengetahuan kimia dipahami sekaligus sebagai kekuatan penjelas ilmu dan sebagai sumber tuntutan kognitif yang perlu dikelola secara sadar.

2.14.1 Merumuskan Tujuan Berbasis Pemahaman

Tujuan pembelajaran perlu mencakup makna, hubungan, representasi, batas, dan transfer. Kata kerja menghitung atau menyebutkan perlu dilengkapi menjelaskan, membandingkan, memprediksi, mengevaluasi, dan merevisi.

Pada topik laju, tujuan tidak hanya menghitung orde reaksi, tetapi menjelaskan hubungan data, model tumbukan, persamaan laju, dan keterbatasan inferensi mekanisme.

Tujuan prosedural tunggal membuat guru memilih aktivitas dan asesmen yang hanya mengukur jawaban akhir. Miskonsepsi tetap tersembunyi.

Setiap tujuan sebaiknya menyebut representasi dan bukti pemahaman. Transfer ke konteks baru harus direncanakan sejak awal.

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai merumuskan tujuan berbasis pemahaman menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari implikasi karakteristik pengetahuan kimia bagi tujuan, urutan, strategi, media, praktikum, dan asesmen. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindarkan pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan merumuskan tujuan berbasis pemahaman juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi, dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional memiliki fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui praktikum pengujian model dan simulasi partikel. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada merumuskan tujuan berbasis pemahaman muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain teknologi dipakai tanpa tujuan konseptual dan asesmen hanya menilai hasil akhir. Kesalahan tersebut tidak selalu terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan

penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran merumuskan tujuan berbasis pemahaman akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk merancang pembelajaran responsif terhadap prasyarat, representasi, beban kognitif, dan miskonsepsi, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, merumuskan tujuan berbasis pemahaman memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan tujuan, urutan, fenomena, model, praktikum, asesmen, dan teknologi. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna merumuskan tujuan berbasis pemahaman tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui inkuiri, simulasi, asesmen diagnostik, praktikum model, dan argumentasi membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman merumuskan tujuan berbasis pemahaman harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara

singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk merumuskan tujuan berbasis pemahaman perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk merancang pembelajaran responsif miskonsepsi, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.14.2 Diagnosis Pengetahuan Awal dan Miskonsepsi

Pembelajaran perlu dimulai dengan pemetaan konsepsi, bukan asumsi bahwa semua peserta didik memiliki prasyarat sama. Diagnosis dapat menggunakan prediksi, alasan, gambar, pilihan bertingkat, atau wawancara singkat.

Sebelum ikatan, guru dapat meminta penjelasan tentang muatan, energi, dan gaya. Sebelum kesetimbangan, peserta didik menggambar proses maju-balik dan menafsirkan grafik.

Satu jawaban salah tidak cukup untuk memberi label miskonsepsi. Kesalahan prosedur, ketidaktahuan, dan konsepsi alternatif memerlukan respons berbeda.

Hasil diagnosis harus memengaruhi urutan dan dukungan. Jika tidak digunakan, diagnosis berubah menjadi formalitas.

Pendalaman Konseptual

diagnosis pengetahuan awal dan miskonsepsi perlu ditempatkan dalam kerangka implikasi karakteristik pengetahuan kimia bagi tujuan, urutan, strategi, media, praktikum, dan asesmen. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan diagnosis pengetahuan awal dan miskonsepsi juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi,

dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional memiliki fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui diskusi argumentatif berbasis bukti dan praktikum pengujian model. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian diagnosis pengetahuan awal dan miskonsepsi, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa asesmen hanya menilai hasil akhir atau desain berpusat pada cakupan materi. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, diagnosis pengetahuan awal dan miskonsepsi memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan merancang pembelajaran responsif terhadap prasyarat, representasi, beban kognitif, dan miskonsepsi pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang diagnosis pengetahuan awal dan miskonsepsi bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup tujuan, urutan, fenomena, model, praktikum,

asesmen, dan teknologi. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna diagnosis pengetahuan awal dan miskonsepsi tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui inkuiri, simulasi, asesmen diagnostik, praktikum model, dan argumentasi membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan diagnosis pengetahuan awal dan miskonsepsi sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk diagnosis pengetahuan awal dan miskonsepsi perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk merancang pembelajaran responsif miskonsepsi, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.14.3 Mengurutkan Konsep dan Mengelola Prasyarat

Urutan perlu mengikuti ketergantungan konseptual dan beban kognitif. Konvensi simbolik dapat diprlatih, konsep akar diperkuat, lalu hubungan kompleks dibangun bertahap.

Sebelum stoikiometri reaksi, peserta didik perlu membedakan partikel, mol, massa molar, dan koefisien. Sebelum elektrokimia, redoks serta sirkuit muatan perlu kokoh.

Urutan buku tidak selalu identik dengan urutan belajar yang optimal. Melanjutkan materi tanpa prasyarat menghasilkan remediasi berulang.

Peta ketergantungan dan asesmen kesiapan dapat digunakan untuk menentukan kapan dukungan tambahan diperlukan.

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai mengurutkan konsep dan mengelola prasyarat menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari implikasi karakteristik pengetahuan kimia bagi tujuan, urutan, strategi, media, praktikum, dan asesmen. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindarkan pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, mengurutkan konsep dan mengelola prasyarat menuntut pembedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Untuk memperjelas mengurutkan konsep dan mengelola prasyarat, pembelajaran dapat menggunakan perbandingan antara asesmen diagnostik bertingkat dan diskusi argumentatif berbasis bukti. Perbandingan tidak dimaksudkan sebagai ilustrasi tambahan semata, tetapi sebagai sarana menguji batas konsep. Peserta didik perlu menentukan persamaan dan perbedaan kedua sistem, memilih bukti yang relevan, serta menjelaskan proses pada skala partikel. Selanjutnya, mereka dapat menerjemahkan penjelasan itu ke dalam persamaan, grafik, atau model lain. Rangkaian aktivitas tersebut membantu mengungkap apakah jawaban

didasarkan pada hubungan konseptual atau hanya pada pola kata dan prosedur yang telah dihafal.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian mengurutkan konsep dan mengelola prasyarat, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa teknologi dipakai tanpa tujuan konseptual atau remediasi mengulang penjelasan yang sama. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran mengurutkan konsep dan mengelola prasyarat akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk merancang pembelajaran responsif terhadap prasyarat, representasi, beban kognitif, dan miskonsepsi, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang mengurutkan konsep dan mengelola prasyarat bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup tujuan, urutan, fenomena, model, praktikum, asesmen, dan teknologi. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna mengurutkan konsep dan mengelola prasyarat tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui inkuiri, simulasi, asesmen diagnostik, praktikum model, dan argumentasi membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu

contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman mengurutkan konsep dan mengelola prasyarat harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran mengurutkan konsep dan mengelola prasyarat dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari inkuiri, simulasi, asesmen diagnostik, praktikum model, dan argumentasi digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan merancang pembelajaran responsif miskonsepsi, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.14.4 Memilih Fenomena yang Produktif

Fenomena harus menghasilkan data yang relevan dan membuka kebutuhan penjelasan. Demonstrasi menarik tidak cukup jika peserta didik hanya melihat efek tanpa menghubungkan model.

Perubahan tekanan gas, pelarutan dengan perubahan suhu, atau kesetimbangan warna dapat digunakan untuk memicu prediksi dan revisi model.

Fenomena spektakuler dapat mendorong fokus pada kejutan, bukan konsep. Gejala tunggal juga dapat memperkuat generalisasi salah.

Kegiatan perlu mengikuti pola prediksi-observasi-penjelasan, disertai perbandingan kasus dan pertanyaan tentang bukti.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, memilih fenomena yang produktif bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan implikasi karakteristik pengetahuan kimia bagi tujuan,

urutan, strategi, media, praktikum, dan asesmen. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, memilih fenomena yang produktif menuntut perbedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui simulasi partikel dan praktikum pengujian model. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada memilih fenomena yang produktif muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain teknologi dipakai tanpa tujuan konseptual dan remediasi mengulang penjelasan yang sama. Kesalahan tersebut tidak selalu terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, memilih fenomena yang produktif memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan

merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan merancang pembelajaran responsif terhadap prasyarat, representasi, beban kognitif, dan miskonsepsi pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, memilih fenomena yang produktif memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan tujuan, urutan, fenomena, model, praktikum, asesmen, dan teknologi. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna memilih fenomena yang produktif tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui inkuiri, simulasi, asesmen diagnostik, praktikum model, dan argumentasi membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan memilih fenomena yang produktif sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran memilih fenomena yang produktif dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari inkuiri, simulasi, asesmen diagnostik, praktikum model, dan argumentasi digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan merancang pembelajaran responsif miskonsepsi, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.14.5 Mengoordinasikan Representasi

Representasi perlu dipilih berdasarkan fungsi dan diperkenalkan dengan kode yang konsisten. Hubungan makro, submikro, simbolik, grafik, dan matematika harus dibuat eksplisit.

Pada reaksi, guru dapat menyusun urutan: fenomena dan data, diagram partikel, persamaan, kemudian perhitungan. Urutan dapat dibalik untuk tugas prediksi.

Menampilkan semua representasi sekaligus dapat membebani. Representasi dekoratif atau tidak konsisten juga mengganggu.

Gunakan penandaan, integrasi spasial, segmentasi, serta pertanyaan korespondensi. Peserta didik harus menghasilkan sebagian representasi sendiri.

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai mengoordinasikan representasi menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari implikasi karakteristik pengetahuan kimia bagi tujuan, urutan, strategi, media, praktikum, dan asesmen. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindarkan pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan mengoordinasikan representasi juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi, dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional memiliki

fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Untuk memperjelas mengoordinasikan representasi, pembelajaran dapat menggunakan perbandingan antara simulasi partikel dan praktikum pengujian model. Perbandingan tidak dimaksudkan sebagai ilustrasi tambahan semata, tetapi sebagai sarana menguji batas konsep. Peserta didik perlu menentukan persamaan dan perbedaan kedua sistem, memilih bukti yang relevan, serta menjelaskan proses pada skala partikel. Selanjutnya, mereka dapat menerjemahkan penjelasan itu ke dalam persamaan, grafik, atau model lain. Rangkaian aktivitas tersebut membantu mengungkap apakah jawaban didasarkan pada hubungan konseptual atau hanya pada pola kata dan prosedur yang telah dihafal.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian mengoordinasikan representasi, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa desain berpusat pada cakupan materi atau teknologi dipakai tanpa tujuan konseptual. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, mengoordinasikan representasi memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan merancang pembelajaran responsif terhadap prasyarat, representasi, beban kognitif, dan miskonsepsi pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, mengoordinasikan representasi memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan tujuan, urutan, fenomena, model, praktikum, asesmen, dan teknologi. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada

perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari mengoordinasikan representasi. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari inkuiri, simulasi, asesmen diagnostik, praktikum model, dan argumentasi dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman mengoordinasikan representasi harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk mengoordinasikan representasi perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk merancang pembelajaran responsif miskonsepsi, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.14.6 Mengajarkan Model beserta Batasnya

Setiap model perlu diperkenalkan dengan tujuan, asumsi, bukti, dan keterbatasan. Perbandingan model membantu peserta didik memahami bahwa perbedaan tidak selalu berarti salah-satu sepenuhnya salah.

Model Bohr dapat digunakan untuk transisi energi tertentu, lalu dibandingkan dengan orbital kuantum. Model VSEPR digunakan untuk geometri tetapi tidak menjelaskan seluruh distribusi elektron.

Tanpa batas, model menjadi realitas literal dan menciptakan hambatan bagi pembelajaran lanjutan.

Kegiatan pemodelan harus melibatkan prediksi, evaluasi data, revisi, dan refleksi epistemik.

Pendalaman Konseptual

mengajarkan model beserta batasnya perlu ditempatkan dalam kerangka implikasi karakteristik pengetahuan kimia bagi tujuan, urutan, strategi, media, praktikum, dan asesmen. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, mengajarkan model beserta batasnya harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui asesmen diagnostik bertingkat dan diskusi argumentatif berbasis bukti. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian mengajarkan model beserta batasnya, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa desain berpusat pada cakupan materi atau teknologi dipakai tanpa tujuan konseptual. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran mengajarkan model beserta batasnya akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk merancang pembelajaran responsif terhadap prasyarat, representasi, beban kognitif, dan miskonsepsi, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang mengajarkan model beserta batasnya bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup tujuan, urutan, fenomena, model, praktikum, asesmen, dan teknologi. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari mengajarkan model beserta batasnya. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari inkuiri, simulasi, asesmen diagnostik, praktikum model, dan argumentasi dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman mengajarkan model beserta batasnya harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk mengajarkan model beserta batasnya perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk merancang pembelajaran responsif miskonsepsi, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.14.7 Mengembangkan Bahasa dan Argumentasi

Bahasa teknis perlu diajarkan melalui penggunaan, perbandingan makna, dan argumentasi. Guru harus menghindari metafora tanpa batas serta menjelaskan istilah yang berubah menurut kerangka.

Peserta didik dapat diminta memperbaiki kalimat 'atom ingin stabil' menjadi penjelasan energi dan interaksi. Format klaim-bukti-penalaran digunakan untuk menilai model.

Koreksi istilah tanpa menelusuri makna hanya menghasilkan bahasa permukaan. Peserta didik belajar mengatakan kata yang disukai guru.

Diskusi kelas perlu menghargai revisi dan ketidakpastian. Alasan serta bukti lebih penting daripada kecepatan.

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai mengembangkan bahasa dan argumentasi menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari implikasi karakteristik pengetahuan kimia bagi tujuan, urutan, strategi, media, praktikum, dan asesmen. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindarkan pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep

kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, mengembangkan bahasa dan argumentasi menuntut perbedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus diskusi argumentatif berbasis bukti dapat dipasangkan dengan inkuiri berbasis fenomena untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebut hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan merancang pembelajaran responsif terhadap prasyarat, representasi, beban kognitif, dan miskonsepsi, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada mengembangkan bahasa dan argumentasi muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain remediasi mengulang penjelasan yang sama dan asesmen hanya menilai hasil akhir. Kesalahan tersebut tidak selalu terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa mengembangkan bahasa dan argumentasi perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk merancang pembelajaran responsif terhadap prasyarat, representasi, beban kognitif, dan miskonsepsi. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir

pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang mengembangkan bahasa dan argumentasi bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup tujuan, urutan, fenomena, model, praktikum, asesmen, dan teknologi. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna mengembangkan bahasa dan argumentasi tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui inkuiri, simulasi, asesmen diagnostik, praktikum model, dan argumentasi membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan mengembangkan bahasa dan argumentasi sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran mengembangkan bahasa dan argumentasi dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari inkuiri, simulasi, asesmen diagnostik, praktikum model, dan argumentasi digunakan untuk

menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan merancang pembelajaran responsif miskonsepsi, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.14.8 Mengintegrasikan Penalaran Kualitatif dan Kuantitatif

Perhitungan harus ditempatkan dalam model sistem. Peserta didik perlu memperkirakan arah, orde besaran, dan hubungan sebelum melakukan operasi numerik.

Sebelum menghitung pH, peserta didik mengidentifikasi spesies dan memperkirakan rentang. Setelah memperoleh hasil, mereka memeriksa konsistensi dengan konsentrasi dan kekuatan asam.

Kalkulasi tanpa prediksi mengurangi peluang mendeteksi kesalahan. Soal numerik juga dapat dikerjakan dengan prosedur salah yang kebetulan menghasilkan hasil benar.

Rubrik perlu menilai pemodelan, satuan, alasan, dan interpretasi, bukan hanya angka akhir.

Pendalaman Konseptual

mengintegrasikan penalaran kualitatif dan kuantitatif perlu ditempatkan dalam kerangka implikasi karakteristik pengetahuan kimia bagi tujuan, urutan, strategi, media, praktikum, dan asesmen. Pembahasan yang hanya berhenti pada definisi akan menghasilkan pengetahuan deklaratif yang rapuh, sebab peserta didik belum melihat hubungan antara objek yang dikaji, kondisi sistem, bukti yang tersedia, dan penjelasan yang digunakan. Pendalaman konseptual menuntut identifikasi atribut penting, hubungan sebab-akibat, batas penerapan, serta perbedaan antara contoh dan noncontoh. Dengan cara ini, istilah tidak berdiri sebagai label, tetapi menjadi bagian dari jaringan pengetahuan yang dapat dipakai untuk menjelaskan, memprediksi, dan menilai kewajaran suatu peristiwa kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan mengintegrasikan penalaran kualitatif dan kuantitatif juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi, dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional memiliki fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus asesmen diagnostik bertingkat dapat dipasangkan dengan diskusi argumentatif berbasis bukti untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebutkan hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan merancang pembelajaran responsif terhadap prasyarat, representasi, beban kognitif, dan miskonsepsi, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian mengintegrasikan penalaran kualitatif dan kuantitatif, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa desain berpusat pada cakupan materi atau asesmen hanya menilai hasil akhir. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, mengintegrasikan penalaran kualitatif dan kuantitatif memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebutkan definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan merancang pembelajaran responsif terhadap prasyarat, representasi, beban kognitif, dan miskonsepsi pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, mengintegrasikan penalaran kualitatif dan kuantitatif memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan tujuan, urutan, fenomena, model, praktikum, asesmen, dan teknologi. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa

yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna mengintegrasikan penalaran kualitatif dan kuantitatif tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui inkuiri, simulasi, asesmen diagnostik, praktikum model, dan argumentasi membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman mengintegrasikan penalaran kualitatif dan kuantitatif harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran mengintegrasikan penalaran kualitatif dan kuantitatif dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari inkuiri, simulasi, asesmen diagnostik, praktikum model, dan argumentasi digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan merancang pembelajaran responsif miskonsepsi, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.14.9 Merancang Praktikum sebagai Pengujian Model

Praktikum seharusnya menghubungkan pertanyaan, prediksi, prosedur, data, ketidakpastian, model partikel, dan kesimpulan. Peserta didik perlu memahami mengapa pengukuran tertentu relevan.

Pada kinetika, data waktu dihubungkan dengan konsentrasi dan model tumbukan. Pada elektrokimia, potensial dihubungkan dengan reaksi setengah sel dan aliran muatan.

Praktikum resep dapat memperkuat miskonsepsi karena peserta didik hanya mencari hasil yang diharapkan. Data anomali dihapus tanpa analisis.

Desain perlu memberi ruang keputusan, perbandingan model, dan revisi. Keselamatan dan validitas tetap menjadi batas utama.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, merancang praktikum sebagai pengujian model bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan implikasi karakteristik pengetahuan kimia bagi tujuan, urutan, strategi, media, praktikum, dan asesmen. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, merancang praktikum sebagai pengujian model menuntut perbedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui asesmen diagnostik bertingkat dan praktikum pengujian model. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam merancang praktikum sebagai pengujian model berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti asesmen hanya menilai hasil akhir, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa teknologi dipakai tanpa tujuan konseptual. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan

representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran merancang praktikum sebagai pengujian model akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk merancang pembelajaran responsif terhadap prasyarat, representasi, beban kognitif, dan miskonsepsi, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang merancang praktikum sebagai pengujian model bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup tujuan, urutan, fenomena, model, praktikum, asesmen, dan teknologi. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari merancang praktikum sebagai pengujian model. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari inkuiri, simulasi, asesmen diagnostik, praktikum model, dan argumentasi dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan merancang praktikum sebagai pengujian model sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah

pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran merancang praktikum sebagai pengujian model dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari inkuiri, simulasi, asesmen diagnostik, praktikum model, dan argumentasi digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan merancang pembelajaran responsif miskonsepsi, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.14.10 Menggunakan Asesmen Diagnostik dan Formatif

Asesmen formatif mengumpulkan bukti selama belajar dan menggunakannya untuk keputusan. Bentuknya dapat berupa exit ticket, gambar, peta konsep, soal alasan, pemungutan respons, atau analisis kesalahan.

Butir tentang kesetimbangan dapat meminta pilihan, alasan, gambar partikel, dan tingkat keyakinan. Kombinasi respons membedakan benar-yakin, benar-ragu, salah-ragu, dan salah-yakin.

Tes pilihan ganda biasa dapat menyembunyikan tebakan atau alasan salah. Satu konteks juga tidak cukup menguji stabilitas konsep.

Asesmen perlu mencakup beberapa representasi dan transfer. Hasilnya harus diikuti umpan balik serta pemeriksaan ulang.

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai menggunakan asesmen diagnostik dan formatif menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari implikasi karakteristik pengetahuan kimia bagi tujuan, urutan, strategi, media, praktikum, dan asesmen. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindarkan pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dari sudut epistemologis, menggunakan asesmen diagnostik dan formatif harus dibedakan antara fenomena, data, inferensi, model, dan simbol yang dipakai untuk menjelaskannya. Kimia tidak memberikan akses langsung kepada seluruh entitas dan proses; sebagian besar penjelasan dibangun melalui bukti tidak langsung dan kerangka teoretis. Oleh sebab itu, gambar, rumus, grafik, atau simulasi tidak boleh diperlakukan sebagai salinan sempurna realitas. Masing-masing menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain. Kompetensi yang diperlukan adalah memahami tujuan representasi, asumsi yang mendasarinya, serta kondisi ketika representasi tersebut perlu dilengkapi atau diganti.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus simulasi partikel dapat dipasangkan dengan inkuiri berbasis fenomena untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebut hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan merancang pembelajaran responsif terhadap prasyarat, representasi, beban kognitif, dan miskonsepsi, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Pada bagian menggunakan asesmen diagnostik dan formatif, risiko terbesar adalah terbentuknya pemahaman semu. Peserta didik mungkin mengingat istilah dan rumus, tetapi tetap berpikir bahwa remediasi mengulang penjelasan yang sama atau asesmen hanya menilai hasil akhir. Miskonsepsi semacam ini dapat bertahan karena jawaban rutin masih dapat diselesaikan secara algoritmik. Instrumen diagnosis perlu menyertakan alasan terbuka, representasi partikel, pertanyaan transfer, dan konflik antara beberapa kemungkinan penjelasan. Hasil diagnosis kemudian digunakan untuk menentukan apakah intervensi harus berfokus pada konsep prasyarat, bahasa, representasi, atau strategi pemecahan masalah.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Implikasi pembelajarannya adalah bahwa menggunakan asesmen diagnostik dan formatif perlu diajarkan melalui urutan yang menghubungkan pengalaman, model, simbol, dan refleksi metakognitif. Guru dapat memulai dengan fenomena atau persoalan yang produktif, mengaktifkan pengetahuan awal, kemudian memberi scaffolding untuk merancang pembelajaran responsif terhadap prasyarat, representasi, beban kognitif, dan miskonsepsi. Asesmen formatif sebaiknya dilakukan sepanjang proses, bukan hanya pada akhir pembelajaran. Pertanyaan 'apa buktinya', 'model apa yang digunakan', 'dalam kondisi apa penjelasan berlaku', dan 'bagaimana memeriksa kewajaran jawaban' membantu peserta didik membangun kebiasaan berpikir kimia yang lebih teliti dan tahan terhadap miskonsepsi.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang menggunakan asesmen diagnostik dan formatif bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup tujuan, urutan, fenomena, model, praktikum, asesmen, dan teknologi. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari menggunakan asesmen diagnostik dan formatif. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari inkuiri, simulasi, asesmen diagnostik, praktikum model, dan argumentasi dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan menggunakan asesmen diagnostik dan formatif sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk menggunakan asesmen diagnostik dan formatif perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk merancang pembelajaran responsif miskonsepsi, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.14.11 Merancang Remediasi Konseptual

Remediasi perlu menargetkan struktur penalaran, bukan sekadar menyatakan jawaban benar. Strategi dapat mencakup konflik kognitif yang terarah, analogi jembatan, pemodelan, diskusi bukti, dan refleksi metakognitif.

Pada miskonsepsi pemutusan ikatan melepaskan energi, peserta didik memprediksi kurva energi, membandingkan dengan model, dan menerapkan pada reaksi lain.

Konflik tanpa alternatif yang dapat dipahami dapat membuat peserta didik menghafal jawaban guru sambil mempertahankan model lama.

Remediasi harus menawarkan model pengganti, menguji transfer, dan memeriksa retensi setelah jeda.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, merancang remediasi konseptual bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan implikasi karakteristik pengetahuan kimia bagi tujuan, urutan, strategi, media, praktikum, dan asesmen. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, merancang remediasi konseptual menuntut pembedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus diskusi argumentatif berbasis bukti dapat dipasangkan dengan asesmen diagnostik bertingkat untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebut hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan merancang

pembelajaran responsif terhadap prasyarat, representasi, beban kognitif, dan miskonsepsi, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam merancang remediasi konseptual berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti desain berpusat pada cakupan materi, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa remediasi mengulang penjelasan yang sama. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, merancang remediasi konseptual memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan merancang pembelajaran responsif terhadap prasyarat, representasi, beban kognitif, dan miskonsepsi pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang merancang remediasi konseptual bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup tujuan, urutan, fenomena, model, praktikum, asesmen, dan teknologi. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari merancang remediasi konseptual. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari inkuiri, simulasi, asesmen diagnostik, praktikum model, dan

argumentasi dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan merancang remediasi konseptual sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran merancang remediasi konseptual dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari inkuiri, simulasi, asesmen diagnostik, praktikum model, dan argumentasi digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan merancang pembelajaran responsif miskonsepsi, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.14.12 Mengembangkan Pengetahuan Pedagogis Guru

Guru memerlukan penguasaan konten, pengetahuan tentang konsepsi umum, representasi, analogi, urutan, dan asesmen. Pengetahuan ini merupakan bagian penting pedagogical content knowledge.

Guru yang memahami konsep tetapi tidak mengetahui pola pemikiran peserta didik dapat memberi penjelasan terlalu ringkas. Sebaliknya, strategi menarik tanpa ketepatan konten dapat menanamkan distorsi.

Pengalaman mengajar saja tidak otomatis memperbaiki bahasa atau model. Praktik dapat mengulang pola yang familiar.

Pengembangan profesional perlu menggunakan contoh respons peserta didik, analisis bahan ajar, dan perancangan ulang pembelajaran berbasis bukti.

Pendalaman Konseptual

Secara konseptual, mengembangkan pengetahuan pedagogis guru bukan bagian yang berdiri sendiri, melainkan simpul dalam jaringan implikasi karakteristik pengetahuan kimia bagi tujuan, urutan, strategi, media, praktikum, dan asesmen. Makna suatu gagasan terbentuk melalui hubungan dengan konsep prasyarat, kondisi penggunaan, bukti empiris, dan representasi yang menyertainya. Karena itu, penguasaan materi perlu dinilai dari kemampuan peserta didik menguraikan alasan, membandingkan kasus, serta menggunakan gagasan tersebut pada konteks baru. Penjelasan yang baik juga harus menunjukkan apa yang tetap, apa yang berubah, dan mengapa hubungan tertentu dianggap sah dalam batas model yang digunakan.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan mengembangkan pengetahuan pedagogis guru juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi, dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional memiliki fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus simulasi partikel dapat dipasangkan dengan asesmen diagnostik bertingkat untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebut hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan merancang pembelajaran responsif terhadap prasyarat, representasi, beban kognitif, dan miskonsepsi, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam mengembangkan pengetahuan pedagogis guru berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti remediasi mengulang penjelasan yang sama, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa teknologi dipakai tanpa tujuan konseptual. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan

keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembanding, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran mengembangkan pengetahuan pedagogis guru akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk merancang pembelajaran responsif terhadap prasyarat, representasi, beban kognitif, dan miskonsepsi, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang mengembangkan pengetahuan pedagogis guru bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup tujuan, urutan, fenomena, model, praktikum, asesmen, dan teknologi. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna mengembangkan pengetahuan pedagogis guru tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui inkuiri, simulasi, asesmen diagnostik, praktikum model, dan argumentasi membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan mengembangkan pengetahuan pedagogis guru sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu

memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk mengembangkan pengetahuan pedagogis guru perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk merancang pembelajaran responsif miskonsepsi, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.14.13 Pemanfaatan Teknologi secara Kritis

Teknologi dapat mendukung visualisasi, simulasi, pengumpulan data, dan umpan balik. Nilainya terletak pada tugas kognitif yang dirancang, bukan pada animasi atau interaktivitas semata.

Simulasi molekuler dapat menghubungkan parameter dan pola, sementara sensor memberi data waktu nyata. Perangkat visualisasi struktur membantu rotasi dan perbandingan model.

Teknologi dapat menambah beban, menyajikan model tidak transparan, atau membuat peserta didik pasif menonton. Hasil komputasi juga dapat diterima tanpa validasi.

Penggunaan perlu disertai prediksi, kontrol variabel, interpretasi, dan pembahasan asumsi. Aksesibilitas serta kesetaraan perangkat harus dipertimbangkan.

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai pemanfaatan teknologi secara kritis menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari implikasi karakteristik pengetahuan kimia bagi tujuan, urutan, strategi, media, praktikum, dan asesmen. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindarkan pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, pemanfaatan teknologi secara kritis menuntut pembedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal,

notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus simulasi partikel dapat dipasangkan dengan praktikum pengujian model untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebut hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan merancang pembelajaran responsif terhadap prasyarat, representasi, beban kognitif, dan miskonsepsi, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada pemanfaatan teknologi secara kritis muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain remediasi mengulang penjelasan yang sama dan asesmen hanya menilai hasil akhir. Kesalahan tersebut tidak selalu terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, pemanfaatan teknologi secara kritis memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan merancang pembelajaran responsif terhadap prasyarat, representasi, beban kognitif, dan miskonsepsi pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, pemanfaatan teknologi secara kritis memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan tujuan, urutan, fenomena, model, praktikum, asesmen, dan

teknologi. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari pemanfaatan teknologi secara kritis. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari inkuiri, simulasi, asesmen diagnostik, praktikum model, dan argumentasi dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Bukti tentang penguasaan pemanfaatan teknologi secara kritis sebaiknya diperoleh dari tugas yang menuntut peserta didik menjelaskan, merepresentasikan, dan memeriksa jawabannya. Soal pilihan ganda tunggal sering tidak mampu menunjukkan apakah pilihan benar diperoleh melalui penalaran ilmiah atau tebakan. Karena itu, asesmen dapat meminta alasan, model visual, satuan, serta evaluasi kewajaran hasil. Guru juga perlu memperhatikan pola keyakinan: jawaban salah dengan keyakinan tinggi memerlukan strategi berbeda dari jawaban salah dengan keyakinan rendah. Diagnosis yang baik menjadi dasar untuk menentukan fokus remediasi dan bentuk scaffolding yang diperlukan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran pemanfaatan teknologi secara kritis dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari inkuiri, simulasi, asesmen diagnostik, praktikum model, dan argumentasi digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan merancang pembelajaran responsif miskonsepsi, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

2.14.14 Desain Inklusif dan Variasi Peserta Didik

Peserta didik berbeda dalam pengetahuan awal, bahasa, pengalaman, kemampuan visual-spasial, dan kecepatan pemrosesan. Desain perlu menyediakan beberapa jalur akses tanpa menurunkan ketepatan konsep.

Model fisik, deskripsi verbal, visual berlabel, dan representasi taktil dapat saling melengkapi. Waktu tambahan atau segmentasi membantu sebagian peserta didik.

Satu bentuk representasi dapat menguntungkan kelompok tertentu dan menghambat yang lain. Warna saja tidak boleh menjadi satu-satunya kode informasi.

Prinsip inklusif mencakup kontras, label ganda, bahasa jelas, alternatif visual, dan kesempatan menjelaskan dengan beberapa cara.

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai desain inklusif dan variasi peserta didik menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari implikasi karakteristik pengetahuan kimia bagi tujuan, urutan, strategi, media, praktikum, dan asesmen. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindarkan pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Pembahasan desain inklusif dan variasi peserta didik juga memiliki dimensi epistemik karena pengetahuan kimia dibangun melalui koordinasi pengamatan, pengukuran, inferensi, dan pemodelan. Pernyataan ilmiah tidak semata-mata berasal dari apa yang tampak, tetapi dari penafsiran data dengan konsep dan teori. Representasi yang digunakan harus dibaca sebagai perangkat penalaran. Diagram partikel, persamaan, grafik, dan model komputasional memiliki fungsi serta keterbatasan berbeda. Pemahaman berkembang ketika peserta didik dapat menjelaskan mengapa suatu representasi dipilih, informasi apa yang ditampilkan, dan bagian mana dari sistem yang belum terwakili.

Contoh dan Analisis Kimia

Contoh analitis dapat dibangun melalui inkuiri berbasis fenomena dan praktikum pengujian model. Kedua kasus tersebut memungkinkan peserta didik mengamati bahwa penjelasan kimia memerlukan lebih dari satu tingkat uraian. Data makroskopik harus dihubungkan dengan susunan dan interaksi partikel, kemudian dinyatakan melalui bahasa simbolik atau kuantitatif yang sesuai. Perbandingan kasus penting untuk menonjolkan atribut kritis dan mencegah generalisasi berlebihan. Guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi,

menjelaskan alasan, menggambar model, serta memeriksa apakah model yang dibuat konsisten dengan prinsip kekekalan, energi, muatan, dan kondisi sistem.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Potensi miskonsepsi dalam desain inklusif dan variasi peserta didik berkaitan dengan kecenderungan menyederhanakan penjelasan secara berlebihan. Peserta didik dapat menunjukkan gagasan seperti teknologi dipakai tanpa tujuan konseptual, sedangkan pada konteks lain muncul anggapan bahwa asesmen hanya menilai hasil akhir. Kedua pola perlu dipahami sebagai hasil konstruksi dari pengalaman, bahasa, contoh pembelajaran, dan representasi yang pernah dijumpai. Guru sebaiknya tidak langsung mengganti jawaban salah dengan definisi yang benar. Langkah awal adalah mengungkap alasan, menunjukkan keterbatasan gagasan awal melalui bukti atau kasus pembandingan, kemudian membantu peserta didik membangun penjelasan alternatif yang lebih koheren.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Dalam desain pembelajaran, desain inklusif dan variasi peserta didik memerlukan kombinasi penjelasan eksplisit, eksplorasi fenomena, perbandingan representasi, dan kesempatan merevisi gagasan. Tujuan pembelajaran harus dinyatakan sebagai kemampuan menalar, bukan sekadar menyebut definisi atau menggunakan rumus. Guru perlu mengelola beban kognitif dengan membagi tugas kompleks menjadi tahap yang bermakna, namun tetap mempertahankan hubungan antarkomponen. Umpan balik diarahkan pada alasan dan strategi, sedangkan asesmen meminta peserta didik menunjukkan kemampuan merancang pembelajaran responsif terhadap prasyarat, representasi, beban kognitif, dan miskonsepsi pada konteks yang belum pernah digunakan sebagai contoh langsung.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Secara hierarkis, desain inklusif dan variasi peserta didik memperoleh makna melalui keterhubungannya dengan tujuan, urutan, fenomena, model, praktikum, asesmen, dan teknologi. Hubungan tersebut dapat bersifat vertikal, ketika satu konsep menjadi dasar bagi konsep lain, maupun horizontal, ketika beberapa konsep digunakan bersama untuk menjelaskan satu fenomena. Kesalahan pada satu simpul dapat menimbulkan efek hilir pada perhitungan, interpretasi grafik, atau penjelasan partikel. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menampilkan jalur penalaran secara eksplisit. Peserta didik diminta menyatakan konsep apa yang digunakan, hubungan apa yang dibangun, serta bukti mana yang mendukung setiap langkah penjelasan.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Kondisi batas merupakan bagian integral dari desain inklusif dan variasi peserta didik. Rumus, model, dan generalisasi selalu bekerja dalam ruang asumsi tertentu, sehingga peserta didik perlu belajar menanyakan variabel apa yang dikendalikan dan faktor apa yang dapat mengubah hasil. Kasus dari inkuiri, simulasi, asesmen diagnostik, praktikum model, dan

argumentasi dapat dipakai untuk menguji ketahanan penjelasan. Apabila prediksi tidak sesuai data, peserta didik sebaiknya tidak langsung menyatakan teori salah; mereka perlu memeriksa kualitas pengukuran, kesesuaian asumsi, keberadaan proses lain, serta keterbatasan representasi yang dipakai. Kebiasaan ini menumbuhkan penalaran ilmiah yang lebih kritis.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman desain inklusif dan variasi peserta didik harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Rancangan pembelajaran untuk desain inklusif dan variasi peserta didik perlu menggabungkan pengalaman konkret dengan penalaran abstrak secara bertahap. Demonstrasi, praktikum, data sekunder, simulasi, atau model fisik dapat dipilih sesuai tujuan, tetapi seluruh media harus dihubungkan melalui pertanyaan penuntun. Peserta didik diminta untuk merancang pembelajaran responsif miskonsepsi, menjelaskan ketidakpastian, dan menilai keterbatasan model. Kerja kelompok digunakan untuk mempertukarkan alasan, bukan sekadar membagi tugas. Umpan balik berfokus pada hubungan konsep dan kualitas bukti. Dengan desain demikian, aktivitas kelas menjadi proses rekonstruksi pemahaman, bukan hanya penyampaian informasi.

2.14.15 Sintesis Bab 2 dan Transisi

Karakteristik pengetahuan kimia - abstrak, multiskala, simbolik, matematis, berbasis model, hierarkis, dan kaya bahasa - menjelaskan mengapa miskonsepsi mudah terbentuk. Kesulitan tidak dapat diselesaikan hanya dengan menambah latihan atau mengulang definisi.

Desain pembelajaran harus menghubungkan fenomena, model, simbol, dan matematika; mengelola beban kognitif; memperkuat prasyarat; serta menilai alasan dan transfer. Model dan persamaan perlu diajarkan bersama fungsi serta batasnya.

Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh kemampuan peserta didik menjelaskan, memprediksi, menerjemahkan representasi, mengevaluasi model, dan merevisi pemahaman berdasarkan bukti. Jawaban akhir merupakan bagian, bukan keseluruhan bukti.

Kerangka pada bab ini menyediakan dasar untuk menelaah sumber-sumber spesifik miskonsepsi dalam materi, pengalaman sehari-hari, bahasa, buku teks, media, praktikum, dan interaksi pembelajaran pada bab berikutnya.

Komponen Desain	Pertanyaan Perencana	Bukti Implementasi
Tujuan	Hubungan dan representasi apa yang harus dikuasai?	Tujuan menjelaskan, memprediksi, dan transfer
Diagnosis	Konsepsi awal dan prasyarat apa yang perlu dipetakan?	Tugas alasan, gambar, dan keyakinan
Urutan	Apa yang harus dipelajari dan diintegrasikan bertahap?	Peta ketergantungan konsep
Representasi	Apa fungsi dan batas setiap representasi?	Terjemahan makro-submikro-simbolik
Asesmen	Apakah alasan, retensi, dan transfer diperiksa?	Butir multi-representasi dan tindak lanjut

Secara operasional, desain pembelajaran kimia yang tangguh terhadap miskonsepsi perlu memulai setiap unit dari fenomena atau masalah yang bermakna, mengaktifkan pengetahuan awal, lalu membangun model dan representasi secara bertahap. Setelah konsep digunakan untuk menjelaskan data, peserta didik perlu menerapkannya pada konteks yang berbeda agar guru dapat membedakan pemahaman stabil dari keberhasilan yang hanya bergantung pada contoh.

Guru juga perlu menjaga konsistensi antara penjelasan verbal, gambar, persamaan, dan prosedur hitungan. Ketika dua representasi menggunakan asumsi atau tingkat penyederhanaan berbeda, perbedaan tersebut harus dinyatakan. Kejelasan semacam ini mencegah peserta didik membentuk model hibrida yang mencampurkan unsur-unsur tidak kompatibel.

Pada tingkat kurikulum, waktu perlu disediakan untuk diagnosis, diskusi alasan, revisi model, dan asesmen ulang. Pembelajaran yang hanya bergerak maju tanpa memeriksa retensi akan menghasilkan pengetahuan rapuh. Karena miskonsepsi dapat muncul kembali pada konteks baru, pemantauan harus dilakukan secara spiral sepanjang jenjang.

Dengan demikian, karakteristik kimia tidak seharusnya dipandang hanya sebagai sumber kesulitan. Sifat abstrak, multirepresentasional, dan berbasis model justru menyediakan kesempatan untuk melatih penalaran ilmiah yang mendalam, asalkan desain pembelajaran membuat hubungan antartingkat terlihat, dapat dipertanyakan, dan dapat diuji dengan bukti.

Pendalaman Konseptual

Kajian mengenai sintesis bab 2 dan transisi menjadi lebih bermakna apabila dipahami sebagai bagian dari implikasi karakteristik pengetahuan kimia bagi tujuan, urutan, strategi, media, praktikum, dan asesmen. Definisi memberikan titik awal, tetapi tidak cukup untuk membangun pemahaman yang dapat ditransfer. Peserta didik perlu mengenali struktur internal konsep, hubungan dengan gagasan lain, kondisi batas, dan konsekuensi logisnya. Pendekatan demikian menghindarkan pembelajaran dari daftar fakta terpisah. Konsep kemudian berfungsi sebagai alat berpikir untuk menafsirkan data, merumuskan prediksi, memilih representasi, serta mengevaluasi apakah jawaban yang diperoleh konsisten dengan prinsip kimia.

Dimensi Epistemologis dan Representasional

Dalam perspektif representasional, sintesis bab 2 dan transisi menuntut pembedaan yang jelas antara objek kajian dan cara objek tersebut dinyatakan. Bahasa verbal, notasi simbolik, gambar, grafik, serta model matematis menghasilkan sudut pandang yang saling melengkapi, tetapi tidak identik. Kesalahan muncul ketika ciri representasi dipindahkan secara harfiah kepada objek, atau ketika simbol dimanipulasi tanpa memahami referennya. Karena itu, setiap penggunaan representasi perlu disertai pembacaan makna, penjelasan asumsi, dan pemeriksaan konsistensi dengan bukti makroskopik serta model submikroskopik.

Contoh dan Analisis Kimia

Kasus simulasi partikel dapat dipasangkan dengan asesmen diagnostik bertingkat untuk mengembangkan penalaran komparatif. Peserta didik tidak hanya diminta menyebut hasil, tetapi menelusuri kondisi awal, mekanisme yang mungkin, besaran yang berubah, serta bukti yang mendukung kesimpulan. Apabila dua representasi memberikan kesan berbeda, peserta didik perlu menjelaskan sumber perbedaannya dan menentukan apakah keduanya tetap ekuivalen. Aktivitas demikian melatih kemampuan merancang pembelajaran responsif terhadap prasyarat, representasi, beban kognitif, dan miskonsepsi, yang merupakan inti literasi kimia dan prasyarat bagi pemahaman topik lanjutan.

Kerentanan terhadap Miskonsepsi

Kerentanan miskonsepsi pada sintesis bab 2 dan transisi muncul ketika peserta didik menggunakan aturan intuitif yang tampak masuk akal tetapi tidak sesuai dengan struktur pengetahuan kimia. Bentuk yang sering muncul antara lain remediasi mengulang penjelasan yang sama dan asesmen hanya menilai hasil akhir. Kesalahan tersebut tidak selalu terlihat dari jawaban akhir, sebab prosedur yang benar dapat menutupi alasan yang keliru. Diagnosis perlu meminta prediksi, alasan, tingkat keyakinan, gambar atau model, dan penerapan pada kasus yang sedikit berbeda. Konsistensi jawaban antarkonteks menjadi petunjuk penting untuk membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan, kekeliruan bahasa, atau kesalahan perhitungan sementara.

Implikasi bagi Pembelajaran dan Asesmen

Pembelajaran sintesis bab 2 dan transisi akan lebih efektif apabila peserta didik terlibat dalam siklus prediksi, pengamatan atau analisis data, penjelasan, evaluasi model, dan revisi pemahaman. Siklus tersebut memberi ruang bagi gagasan awal untuk muncul dan diuji secara terbuka. Media digital, animasi, atau simulasi dapat digunakan, tetapi fungsinya harus jelas dan selalu disertai pembahasan tentang keterbatasan model. Keberhasilan pembelajaran ditandai oleh meningkatnya kemampuan peserta didik untuk merancang pembelajaran responsif terhadap prasyarat, representasi, beban kognitif, dan miskonsepsi, sekaligus menurunnya ketergantungan pada hafalan dan petunjuk permukaan soal.

Keterkaitan dengan Konsep Prasyarat

Pemahaman tentang sintesis bab 2 dan transisi bergantung pada penguasaan jaringan prasyarat yang mencakup tujuan, urutan, fenomena, model, praktikum, asesmen, dan teknologi. Guru perlu memeriksa apakah peserta didik telah memiliki makna yang memadai terhadap istilah, hubungan, dan operasi dasar sebelum memasuki penjelasan yang lebih kompleks. Ketika prasyarat belum stabil, peserta didik cenderung mengisi kekosongan dengan intuisi sehari-hari atau aturan hafalan. Peta konsep, pertanyaan diagnostik singkat, dan tugas pengelompokan contoh-noncontoh dapat digunakan untuk menemukan titik lemah. Intervensi kemudian diarahkan pada simpul konsep yang paling mendasar, bukan sekadar mengulang uraian pada tingkat yang sama.

Kondisi Batas dan Variasi Konteks

Makna sintesis bab 2 dan transisi tidak boleh dilepaskan dari kondisi sistem dan domain penerapannya. Penjelasan yang benar pada satu situasi dapat menjadi tidak memadai ketika suhu, tekanan, konsentrasi, fase, skala, atau asumsi model berubah. Variasi konteks melalui inkuiri, simulasi, asesmen diagnostik, praktikum model, dan argumentasi membantu peserta didik membedakan prinsip umum dari ciri kebetulan suatu contoh. Guru perlu menyajikan kasus batas, pengecualian yang produktif, dan data yang menyimpang dari prediksi sederhana. Tujuannya bukan menambah kerumitan tanpa arah, tetapi menunjukkan kapan suatu model cukup baik dan kapan penjelasan perlu diperluas.

Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis pemahaman sintesis bab 2 dan transisi harus mengumpulkan lebih dari jawaban benar atau salah. Bukti yang lebih kuat diperoleh melalui kombinasi prediksi, alasan tertulis, tingkat keyakinan, gambar partikel, pemilihan representasi, dan pertanyaan transfer. Guru dapat membandingkan respons peserta didik pada beberapa konteks untuk melihat apakah gagasannya konsisten atau hanya dipicu oleh ciri permukaan soal. Wawancara singkat, peta konsep, two-tier atau multi-tier test, serta analisis kesalahan prosedural dapat saling melengkapi. Hasil diagnosis perlu ditafsirkan hati-hati agar ketidaktahuan, miskonsepsi, dan kekeliruan sesaat tidak disamakan.

Rancangan Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran sintesis bab 2 dan transisi dapat dirancang dalam urutan orientasi fenomena, prediksi individual, diskusi alasan, pengamatan atau analisis data, pembangunan model, translasi representasi, dan refleksi. Pada tahap awal, guru menahan pemberian jawaban final agar gagasan peserta didik dapat muncul. Selanjutnya, bukti dari inkuiri, simulasi, asesmen diagnostik, praktikum model, dan argumentasi digunakan untuk menguji prediksi. Peserta didik bekerja dengan tugas yang mendorong kemampuan merancang pembelajaran responsif miskonsepsi, kemudian membandingkan model awal dan model revisi. Penutup pembelajaran memuat generalisasi, kondisi batas, serta pertanyaan transfer untuk memastikan bahwa pemahaman tidak hanya melekat pada contoh yang digunakan.

Daftar Pustaka Bab 2

Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183-198. doi: 10.1016/j.learninstruc.2006.03.001.

Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556-559. doi: 10.1126/science.1736359.

Bodner, G. M. (1986). Constructivism: A theory of knowledge. *Journal of Chemical Education*, 63(10), 873-878. doi: 10.1021/ed063p873.

Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8(4), 293-332. doi: 10.1207/s1532690xci0804_2.

Chandrasegaran, A. L., Treagust, D. F., & Mocerino, M. (2007). The development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(3), 293-307.

Cook, M. P. (2006). Visual representations in science education: The influence of prior knowledge and cognitive load theory on instructional design principles. *Science Education*, 90(6), 1073-1091. doi: 10.1002/sce.20164.

Gabel, D. L. (1999). Improving teaching and learning through chemistry education research: A look to the future. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 548-554. doi: 10.1021/ed076p548.

Gilbert, J. K., & Treagust, D. F. (Eds.). (2009). *Multiple representations in chemical education*. Springer. doi: 10.1007/978-1-4020-8872-8.

Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026. doi: 10.1080/095006900416884.

Hoffmann, R., & Laszlo, P. (1991). Representation in chemistry. *Angewandte Chemie International Edition in English*, 30(1), 1-16. doi: 10.1002/anie.199100013.

Johnstone, A. H. (1982). Macro- and micro-chemistry. *School Science Review*, 64, 377-379.

Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75-83. doi: 10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x.

Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry - logical or psychological? *Chemistry Education Research and Practice*, 1(1), 9-15. doi: 10.1039/A9RP90001B.

Justi, R., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.

Kozma, R. B., Chin, E., Russell, J., & Marx, N. (2000). The roles of representations and tools in the chemistry laboratory and their implications for chemistry learning. *The Journal of the Learning Sciences*, 9(2), 105-143. doi: 10.1207/S15327809JLS0902_1.

Kozma, R. B., & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(9), 949-968.

Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning, and values*. Ablex.

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.

Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 191-196. doi: 10.1021/ed069p191.

Schnotz, W., & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13(2), 141-156. doi: 10.1016/S0959-4752(02)00017-8.

Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257-285. doi: 10.1207/s15516709cog1202_4.

Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory*. Springer. doi: 10.1007/978-1-4419-8126-4.

Taber, K. S. (2002). *Chemical misconceptions: Prevention, diagnosis and cure*. Royal Society of Chemistry.

Taber, K. S. (2009). Learning at the symbolic level. In J. K. Gilbert & D. F. Treagust (Eds.), *Multiple representations in chemical education* (pp. 75-105). Springer.

Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: The many faces of the chemistry 'triplet'. *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195. doi: 10.1080/09500690903386435.

Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, T. L. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1353-1368. doi: 10.1080/0950069032000070306.

Tsaparlis, G. (1997). Atomic and molecular structure in chemical education: A critical analysis from various perspectives of science education. *Journal of Chemical Education*, 74(8), 922-925. doi: 10.1021/ed074p922.

Wellington, J., & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. Open University Press.

Wu, H.-K., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (2001). Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 821-842. doi: 10.1002/tea.1033.

BAB 3

TEORI PEMBENTUKAN DAN PERUBAHAN KONSEPTUAL

Pengantar Bab

Pembelajaran kimia tidak hanya menambah jumlah fakta, istilah, dan rumus yang diketahui peserta didik. Pembelajaran juga mengubah cara peserta didik mengelompokkan fenomena, membangun hubungan sebab-akibat, menggunakan model, menafsirkan bukti, dan menentukan penjelasan yang dianggap masuk akal. Perubahan tersebut dapat berupa perluasan konsep, diferensiasi makna, reorganisasi jaringan pengetahuan, revisi model mental, atau pergeseran kategori ontologis.

Bab sebelumnya telah menunjukkan bahwa konsep kimia bersifat abstrak, hierarkis, representasional, dan sangat bergantung pada model. Karakter tersebut menyebabkan pengetahuan awal peserta didik tidak mudah digantikan hanya melalui penjelasan verbal. Peserta didik menafsirkan informasi baru dengan kerangka yang telah dimiliki. Ketika kerangka awal memadai, informasi dapat diintegrasikan; ketika tidak memadai, diperlukan perubahan yang lebih mendalam.

Teori pembentukan dan perubahan konseptual menyediakan bahasa analitis untuk memahami proses tersebut. Konstruktivisme menekankan pembangunan makna secara aktif. Teori perubahan konseptual menjelaskan kondisi yang mendorong revisi gagasan. Asimilasi dan akomodasi menggambarkan hubungan informasi baru dengan skema yang telah ada. Ontological shift menjelaskan kesulitan ketika konsep ditempatkan dalam kategori yang salah, sedangkan knowledge in pieces menyoroti sumber pengetahuan kecil yang aktif secara kontekstual.

Mental model dan conceptual ecology memperluas analisis menuju representasi internal serta jaringan keyakinan yang mendukung suatu konsepsi. Konflik kognitif dan ketidakpuasan menjelaskan pemicu evaluasi gagasan awal. Keterpahaman, kemasukakalan, dan produktivitas konsep baru menjelaskan mengapa suatu penjelasan ilmiah dapat memperoleh status lebih kuat dalam struktur pengetahuan peserta didik.

Perubahan konsep tidak hanya merupakan proses kognitif yang dingin. Motivasi, emosi, tujuan, rasa mampu, rasa memiliki, dan identitas memengaruhi kesediaan peserta didik untuk menanggung ketidakpastian dan merevisi gagasan. Konsep ilmiah yang secara logis kuat dapat ditolak apabila dipersepsi tidak relevan, mengancam identitas, atau terlalu sulit dipahami. Sebaliknya, dukungan emosional tanpa struktur konsep yang jelas tidak cukup menghasilkan pemahaman ilmiah.

Perubahan konseptual juga tidak selalu permanen. Konsepsi lama dapat tetap tersedia dan muncul kembali ketika konteks berubah, tekanan waktu meningkat, atau representasi yang

digunakan berbeda. Karena itu, keberhasilan pembelajaran tidak cukup dinilai melalui postes langsung. Transfer, retensi, konsistensi alasan, dan kemampuan menggunakan konsep pada situasi baru perlu menjadi bagian dari evaluasi.

Bab ini menguraikan lima belas perspektif yang saling melengkapi. Setiap subbab membahas dasar teoretis, mekanisme, contoh dalam kimia, bentuk miskonsepsi yang mungkin muncul, cara diagnosis, strategi pembelajaran, serta implikasi asesmen. Pembahasan dirancang agar teori tidak berhenti sebagai uraian abstrak, tetapi dapat digunakan untuk merencanakan pembelajaran kimia yang responsif terhadap cara berpikir peserta didik.

Secara keseluruhan, bab ini menempatkan perubahan konseptual sebagai proses multidimensional. Perubahan dapat berlangsung pada isi, hubungan, representasi, kategori, strategi, dan komitmen epistemologis. Prosesnya dipengaruhi oleh bukti, bahasa, interaksi sosial, motivasi, dan konteks. Perspektif integratif inilah yang diperlukan untuk memahami ketahanan miskonsepsi serta merancang intervensi yang tidak sekadar mengoreksi jawaban, melainkan membangun cara berpikir ilmiah yang lebih kuat.

3.1 Perspektif Konstruktivisme

Perspektif Konstruktivisme merupakan salah satu kerangka penting untuk memahami mengapa penjelasan yang telah diberikan guru tidak selalu menghasilkan struktur pemahaman yang dimaksudkan. Bagian ini memusatkan perhatian pada peserta didik secara aktif membangun makna melalui interaksi antara pengetahuan awal, pengalaman, bukti, bahasa, dan praktik sosial. Dalam pendidikan kimia, proses tersebut menjadi sangat penting karena peserta didik harus menghubungkan fenomena yang dapat diamati dengan model partikel, simbol, grafik, persamaan, dan hubungan matematis.

Kerangka perspektif konstruktivisme membantu membedakan belajar sebagai penambahan informasi dari belajar sebagai reorganisasi makna. Peserta didik dapat menghafal istilah, mengikuti algoritma, atau memperoleh jawaban numerik yang benar tanpa mengubah model yang digunakan untuk menjelaskan fenomena. Oleh karena itu, analisis harus diarahkan pada relasi antarkonsep, mekanisme kausal, kondisi penerapan, dan kemampuan berpindah antarrepresentasi.

Dalam literatur, pembahasan ini berkaitan dengan karya Piaget; Driver et al.; Taber. Masing-masing menawarkan penekanan berbeda, tetapi seluruhnya mengakui peran aktif struktur pengetahuan yang telah dimiliki peserta didik. Konsepsi awal tidak selalu berupa teori yang lengkap; konsepsi dapat berbentuk model, aturan intuitif, metafora, fragmen pengetahuan, atau keyakinan epistemologis yang aktif pada situasi tertentu.

Contoh kimia seperti hakikat partikel materi dan perubahan fase, pelarutan natrium klorida dan gula dalam air, perbedaan atom, molekul, ion, serta zat makroskopik memperlihatkan bahwa satu fenomena dapat ditafsirkan melalui beberapa kerangka. Guru perlu mengetahui alasan di balik respons peserta didik agar dapat menentukan apakah masalah berasal dari

konsep prasyarat, bahasa, representasi, kategori ontologis, beban kognitif, atau faktor motivasional.

Tujuan subbab ini bukan hanya menjelaskan teori, tetapi menurunkan implikasi praktis bagi diagnosis, desain pembelajaran, penggunaan model, pengelolaan diskusi, dan asesmen perubahan konsep. Fokus akhirnya adalah membantu peserta didik membangun pengetahuan kimia yang koheren, dapat digunakan, serta tahan terhadap perubahan konteks.

Dimensi Kajian	Uraian Utama	Fungsi Pedagogis
Landasan teoretis	peserta didik secara aktif membangun makna melalui interaksi antara pengetahuan awal, pengalaman, bukti, bahasa, dan praktik sosial	Menjelaskan ruang lingkup perspektif konstruktivisme
Objek diagnosis	Alasan, model, representasi, konsistensi, dan keyakinan peserta didik	Menghindari kesimpulan dari jawaban benar-salah saja
Contoh kimia	perbedaan atom, molekul, ion, serta zat makroskopik	Menghubungkan teori dengan konten disipliner
Risiko konseptual	mencampurkan pengalaman inderawi dengan model submikroskopik	Menentukan titik rawan miskonsepsi
Arah intervensi	menilai konsistensi konsep pada berbagai konteks	Mengarahkan pembelajaran dan asesmen

3.1.1 Akar Historis Konstruktivisme dalam Psikologi dan Pendidikan Sains

Kerangka ini memandang bahwa peserta didik secara aktif membangun makna melalui interaksi antara pengetahuan awal, pengalaman, bukti, bahasa, dan praktik sosial. Pembahasan historis memperlihatkan bahwa teori berkembang sebagai respons terhadap keterbatasan pandangan transmisi dan temuan tentang kuatnya gagasan awal peserta didik.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Piaget; Driver et al.; Taber menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Contoh hakikat partikel materi dan perubahan fase menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks akar historis konstruktivisme dalam psikologi dan pendidikan sains, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil

kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah menganggap belajar sebagai pemindahan informasi dari guru. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan mengungkap gagasan awal dan mengaitkannya dengan bukti. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembaran, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, akar historis konstruktivisme dalam psikologi dan pendidikan sains menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada hakikat partikel materi dan perubahan fase, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi mengungkap gagasan awal dan mengaitkannya dengan bukti perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.1.2 Pengetahuan sebagai Hasil Konstruksi Aktif

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa peserta didik secara aktif membangun makna melalui interaksi antara pengetahuan awal, pengalaman, bukti, bahasa, dan praktik sosial. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Piaget; Driver et al.; Taber membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Dalam pembelajaran kimia, pelarutan natrium klorida dan gula dalam air menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus

mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan pengetahuan sebagai hasil konstruksi aktif sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada memperlakukan semua konstruksi personal sebagai sama benarnya. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Strategi yang relevan mencakup mengorganisasi diskusi ilmiah berbasis klaim-bukti-penalaran. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan pengetahuan sebagai hasil konstruksi aktif dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai pelarutan natrium klorida dan gula dalam air sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi mengorganisasi diskusi ilmiah berbasis klaim-bukti-penalaran, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.1.3 Peran Pengetahuan Awal dalam Interpretasi Informasi

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa peserta didik secara aktif membangun makna melalui interaksi antara pengetahuan awal, pengalaman, bukti, bahasa, dan praktik sosial. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Piaget; Driver et al.; Taber menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Contoh perbedaan atom, molekul, ion, serta zat makroskopik menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks peran pengetahuan awal dalam interpretasi informasi, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah mengabaikan pengetahuan awal ketika memperkenalkan simbol kimia. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Implikasi pembelajarannya adalah menggunakan beberapa representasi yang diterjemahkan secara eksplisit. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dari sisi penelitian pembelajaran, peran pengetahuan awal dalam interpretasi informasi menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada perbedaan atom, molekul, ion, serta zat makroskopik, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi menggunakan beberapa representasi yang diterjemahkan secara eksplisit perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.1.4 Konstruktivisme Individual dan Konstruktivisme Sosial

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa peserta didik secara aktif membangun makna melalui interaksi antara pengetahuan awal, pengalaman, bukti, bahasa, dan praktik sosial. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Piaget; Driver

et al.; Taber menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Dalam pembelajaran kimia, reaksi magnesium dengan asam klorida menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan konstruktivisme individual dan konstruktivisme sosial sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah mencampurkan pengalaman inderawi dengan model submikroskopik. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Implikasi pembelajarannya adalah memberi kesempatan merevisi model dan alasan. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan konstruktivisme individual dan konstruktivisme sosial dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai reaksi magnesium dengan asam klorida sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi memberi kesempatan merevisi model dan alasan, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.1.5 Interaksi antara Pengalaman dan Struktur Kognitif

Analisis konseptual menunjukkan bahwa peserta didik secara aktif membangun makna melalui interaksi antara pengetahuan awal, pengalaman, bukti, bahasa, dan praktik sosial. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu

membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Piaget; Driver et al.; Taber menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada kesetimbangan dinamis pada sistem $\text{N}_2\text{O}_4/\text{NO}_2$. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, interaksi antara pengalaman dan struktur kognitif perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada menggunakan analogi secara harfiah. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada menilai konsistensi konsep pada berbagai konteks. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, interaksi antara pengalaman dan struktur kognitif menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada kesetimbangan dinamis pada sistem $\text{N}_2\text{O}_4/\text{NO}_2$, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi menilai konsistensi konsep pada berbagai konteks perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.1.6 Bahasa sebagai Alat Konstruksi Makna Kimia

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa peserta didik secara aktif membangun makna melalui interaksi antara pengetahuan awal, pengalaman, bukti, bahasa, dan praktik sosial. Definisi operasional perlu memuat ciri, fungsi, kondisi penggunaan, serta perbedaannya dari istilah yang berdekatan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah

perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Piaget; Driver et al.; Taber menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Contoh hakikat partikel materi dan perubahan fase menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks bahasa sebagai alat konstruksi makna kimia, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menganggap belajar sebagai pemindahan informasi dari guru. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan mengungkap gagasan awal dan mengaitkannya dengan bukti. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembanding, analogi berjemabatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, bahasa sebagai alat konstruksi makna kimia menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada hakikat partikel materi dan perubahan fase, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi mengungkap gagasan awal dan mengaitkannya dengan bukti perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan hakikat partikel materi dan perubahan fase?

- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi mengungkapkan gagasan awal dan mengaitkannya dengan bukti dapat diterapkan secara bertahap?

3.1.7 Negosiasi Makna dalam Diskusi Kelas

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa peserta didik secara aktif membangun makna melalui interaksi antara pengetahuan awal, pengalaman, bukti, bahasa, dan praktik sosial. Definisi operasional perlu memuat ciri, fungsi, kondisi penggunaan, serta perbedaannya dari istilah yang berdekatan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Piaget; Driver et al.; Taber menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Contoh pelarutan natrium klorida dan gula dalam air menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks negosiasi makna dalam diskusi kelas, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada memperlakukan semua konstruksi personal sebagai sama benarnya. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada mengorganisasi diskusi ilmiah berbasis klaim-bukti-penalaran. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, negosiasi makna dalam diskusi kelas menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada pelarutan natrium klorida dan gula dalam air, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi mengorganisasi diskusi ilmiah berbasis klaim-bukti-penalaran perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.1.8 Bukti Empiris dan Pembatasan Konstruksi Personal

Analisis konseptual menunjukkan bahwa peserta didik secara aktif membangun makna melalui interaksi antara pengetahuan awal, pengalaman, bukti, bahasa, dan praktik sosial. Analisis kritis diperlukan agar teori tidak berubah menjadi slogan pedagogis yang diterapkan tanpa mempertimbangkan domain konsep dan kondisi kelas.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Piaget; Driver et al.; Taber membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Dalam pembelajaran kimia, perbedaan atom, molekul, ion, serta zat makroskopik menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan bukti empiris dan pembatasan konstruksi personal sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah mengabaikan pengetahuan awal ketika memperkenalkan simbol kimia. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Strategi yang relevan mencakup menggunakan beberapa representasi yang diterjemahkan secara eksplisit. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta

didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa bukti empiris dan pembatasan konstruksi personal tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus perbedaan atom, molekul, ion, serta zat makroskopik, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan menggunakan beberapa representasi yang diterjemahkan secara eksplisit dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.1.9 Kedudukan Model dalam Konstruktivisme Kimia

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa peserta didik secara aktif membangun makna melalui interaksi antara pengetahuan awal, pengalaman, bukti, bahasa, dan praktik sosial. Setiap representasi menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain, sehingga fungsi serta keterbatasannya harus dijelaskan secara eksplisit.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Piaget; Driver et al.; Taber menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada reaksi magnesium dengan asam klorida. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, kedudukan model dalam konstruktivisme kimia perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah mencampurkan pengalaman inderawi dengan model submikroskopik. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Implikasi pembelajarannya adalah memberi kesempatan merevisi model dan alasan. Guru dapat memulai dengan mengungkapkan pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan kedudukan model dalam konstruktivisme kimia dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai reaksi magnesium dengan asam klorida sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi memberi kesempatan merevisi model dan alasan, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

Catatan kritisnya, konstruktivisme menjelaskan proses pembangunan makna, tetapi kebenaran ilmiah tetap memerlukan standar bukti, koherensi, dan daya prediksi. Teori tidak boleh diperlakukan sebagai resep tunggal. Efektivitas strategi dipengaruhi oleh karakter konsep, kesiapan prasyarat, norma interaksi kelas, bahasa yang digunakan, dan tujuan asesmen. Guru perlu menjaga keseimbangan antara penyederhanaan yang membantu dan distorsi yang justru menanamkan hambatan baru.

3.1.10 Peran Guru sebagai Mediator Konseptual

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa peserta didik secara aktif membangun makna melalui interaksi antara pengetahuan awal, pengalaman, bukti, bahasa, dan praktik sosial. Peran guru adalah mengatur urutan pengalaman, pertanyaan, bukti, dan refleksi yang membuat peserta didik dapat menilai serta merevisi gagasannya.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Piaget; Driver et al.; Taber menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada kesetimbangan dinamis pada sistem $\text{N}_2\text{O}_4/\text{NO}_2$. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, peran guru sebagai mediator konseptual perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang

dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada menggunakan analogi secara harfiah. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan menilai konsistensi konsep pada berbagai konteks. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, peran guru sebagai mediator konseptual menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada kesetimbangan dinamis pada sistem $\text{N}_2\text{O}_4/\text{NO}_2$, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi menilai konsistensi konsep pada berbagai konteks perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.1.11 Keaktifan Kognitif dan Keaktifan Fisik

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa peserta didik secara aktif membangun makna melalui interaksi antara pengetahuan awal, pengalaman, bukti, bahasa, dan praktik sosial. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Piaget; Driver et al.; Taber menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Contoh hakikat partikel materi dan perubahan fase menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks keaktifan kognitif dan keaktifan fisik, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan

menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada menganggap belajar sebagai pemindahan informasi dari guru. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Implikasi pembelajarannya adalah mengungkap gagasan awal dan mengaitkannya dengan bukti. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa keaktifan kognitif dan keaktifan fisik tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus hakikat partikel materi dan perubahan fase, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan mengungkap gagasan awal dan mengaitkannya dengan bukti dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.1.12 Praktikum sebagai Kegiatan Konstruksi Penjelasan

Analisis konseptual menunjukkan bahwa peserta didik secara aktif membangun makna melalui interaksi antara pengetahuan awal, pengalaman, bukti, bahasa, dan praktik sosial. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Piaget; Driver et al.; Taber menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Kasus pelarutan natrium klorida dan gula dalam air memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, praktikum sebagai kegiatan konstruksi penjelasan tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada memperlakukan semua konstruksi personal sebagai sama benarnya. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada mengorganisasi diskusi ilmiah berbasis klaim-bukti-penalaran. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan praktikum sebagai kegiatan konstruksi penjelasan dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai pelarutan natrium klorida dan gula dalam air sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi mengorganisasi diskusi ilmiah berbasis klaim-bukti-penalaran, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan pelarutan natrium klorida dan gula dalam air?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi mengorganisasi diskusi ilmiah berbasis klaim-bukti-penalaran dapat diterapkan secara bertahap?

3.1.13 Representasi Makroskopik, Submikroskopik, dan Simbolik

Analisis konseptual menunjukkan bahwa peserta didik secara aktif membangun makna melalui interaksi antara pengetahuan awal, pengalaman, bukti, bahasa, dan praktik sosial. Setiap representasi menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain, sehingga fungsi serta keterbatasannya harus dijelaskan secara eksplisit.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Piaget; Driver et al.; Taber membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada perbedaan atom, molekul, ion, serta zat makroskopik. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, representasi makroskopik, submikroskopik, dan simbolik perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah mengabaikan pengetahuan awal ketika memperkenalkan simbol kimia. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada menggunakan beberapa representasi yang diterjemahkan secara eksplisit. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan representasi makroskopik, submikroskopik, dan simbolik dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai perbedaan atom, molekul, ion, serta zat makroskopik sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti

yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi menggunakan beberapa representasi yang diterjemahkan secara eksplisit, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.1.14 Konstruktivisme dan Pembelajaran Berbasis Inkuiri

Analisis konseptual menunjukkan bahwa peserta didik secara aktif membangun makna melalui interaksi antara pengetahuan awal, pengalaman, bukti, bahasa, dan praktik sosial. Peran guru adalah mengatur urutan pengalaman, pertanyaan, bukti, dan refleksi yang membuat peserta didik dapat menilai serta merevisi gagasannya.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Piaget; Driver et al.; Taber membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Kasus reaksi magnesium dengan asam klorida memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, konstruktivisme dan pembelajaran berbasis inkuiri tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada mencampurkan pengalaman inderawi dengan model submikroskopik. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Implikasi pembelajarannya adalah memberi kesempatan merevisi model dan alasan. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dalam praktik kelas, konstruktivisme dan pembelajaran berbasis inkuiri perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus reaksi magnesium

dengan asam klorida dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan memberi kesempatan merevisi model dan alasan menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.1.15 Konstruktivisme dan Argumentasi Ilmiah

Kerangka ini memandang bahwa peserta didik secara aktif membangun makna melalui interaksi antara pengetahuan awal, pengalaman, bukti, bahasa, dan praktik sosial. Bahasa mengatur cara peserta didik membongkar entitas, proses, sebab, dan bukti; karena itu pilihan istilah dapat membuka atau justru membatasi penalaran.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Piaget; Driver et al.; Taber membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada kesetimbangan dinamis pada sistem $\text{N}_2\text{O}_4/\text{NO}_2$. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, konstruktivisme dan argumentasi ilmiah perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah menggunakan analogi secara harfiah. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Implikasi pembelajarannya adalah menilai konsistensi konsep pada berbagai konteks. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan konstruktivisme dan argumentasi ilmiah dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai kesetimbangan dinamis pada sistem $\text{N}_2\text{O}_4/\text{NO}_2$ sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi menilai konsistensi konsep pada berbagai konteks, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.1.16 Kritik terhadap Relativisme Berlebihan

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa peserta didik secara aktif membangun makna melalui interaksi antara pengetahuan awal, pengalaman, bukti, bahasa, dan praktik sosial. Analisis kritis diperlukan agar teori tidak berubah menjadi slogan pedagogis yang diterapkan tanpa mempertimbangkan domain konsep dan kondisi kelas.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Piaget; Driver et al.; Taber menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Kasus hakikat partikel materi dan perubahan fase memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, kritik terhadap relativisme berlebihan tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah menganggap belajar sebagai pemindahan informasi dari guru. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada mengungkap gagasan awal dan mengaitkannya dengan bukti. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat,

wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dalam praktik kelas, kritik terhadap relativisme berlebihan perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus hakikat partikel materi dan perubahan fase dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan mengungkap gagasan awal dan mengaitkannya dengan bukti menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.1.17 Implikasi bagi Diagnosis Konsepsi Peserta Didik

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa peserta didik secara aktif membangun makna melalui interaksi antara pengetahuan awal, pengalaman, bukti, bahasa, dan praktik sosial. Bukti diagnosis harus dikumpulkan dari alasan, representasi, konsistensi lintas konteks, dan tingkat keyakinan, bukan dari skor tunggal.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Piaget; Driver et al.; Taber menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Kasus pelarutan natrium klorida dan gula dalam air memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, implikasi bagi diagnosis konsepsi peserta didik tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah memperlakukan semua konstruksi personal sebagai sama benarnya. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan mengorganisasi diskusi ilmiah berbasis klaim-bukti-penalaran. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembanding, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi

bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa implikasi bagi diagnosis konsepsi peserta didik tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus pelarutan natrium klorida dan gula dalam air, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan mengorganisasi diskusi ilmiah berbasis klaim-bukti-penalaran dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.1.18 Implikasi bagi Desain Pembelajaran Kimia

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa peserta didik secara aktif membangun makna melalui interaksi antara pengetahuan awal, pengalaman, bukti, bahasa, dan praktik sosial. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Piaget; Driver et al.; Taber menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Dalam pembelajaran kimia, perbedaan atom, molekul, ion, serta zat makroskopik menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan implikasi bagi desain pembelajaran kimia sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah mengabaikan pengetahuan awal ketika memperkenalkan simbol kimia. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Strategi yang relevan mencakup menggunakan beberapa representasi yang diterjemahkan secara eksplisit. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Dari sisi penelitian pembelajaran, implikasi bagi desain pembelajaran kimia menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada perbedaan atom, molekul, ion, serta zat makroskopik, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi menggunakan beberapa representasi yang diterjemahkan secara eksplisit perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan perbedaan atom, molekul, ion, serta zat makroskopik?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi menggunakan beberapa representasi yang diterjemahkan secara eksplisit dapat diterapkan secara bertahap?

Perlu ditekankan bahwa konstruktivisme menjelaskan proses pembangunan makna, tetapi kebenaran ilmiah tetap memerlukan standar bukti, koherensi, dan daya prediksi. Dalam pendidikan kimia, model dan aturan selalu memiliki domain penerapan. Pembelajaran yang menyajikan penjelasan ilmiah sebagai kalimat final tanpa asumsi dapat menghasilkan kepastian semu. Peserta didik perlu memahami kekuatan sekaligus keterbatasan model yang digunakan.

3.1.19 Sintesis Perspektif Konstruktivisme

Pembahasan perspektif konstruktivisme menunjukkan bahwa peserta didik secara aktif membangun makna melalui interaksi antara pengetahuan awal, pengalaman, bukti, bahasa, dan praktik sosial. Kerangka ini membantu menjelaskan mengapa peserta didik dapat mempertahankan gagasan yang tidak selaras dengan ilmu sekalipun telah menerima

penjelasan dan latihan. Kesulitan tersebut muncul karena belajar melibatkan interaksi antara struktur kognitif, representasi, bukti, bahasa, dan konteks penggunaan konsep.

Bagi pembelajaran kimia, implikasi utamanya ialah perlunya mengungkap gagasan awal dan mengaitkannya dengan bukti, mengorganisasi diskusi ilmiah berbasis klaim-bukti-penalaran, dan menggunakan beberapa representasi yang diterjemahkan secara eksplisit. Guru perlu menilai perubahan pada kualitas alasan dan kemampuan transfer, bukan hanya pada jawaban akhir. Kerangka ini akan menjadi lebih kuat apabila dipadukan dengan perspektif lain dalam bab ini, sebab tidak satu teori pun menjelaskan seluruh dimensi perubahan konseptual.

Keterbatasan yang harus diingat adalah bahwa konstruktivisme menjelaskan proses pembangunan makna, tetapi kebenaran ilmiah tetap memerlukan standar bukti, koherensi, dan daya prediksi. Oleh karena itu, penggunaan teori perlu bersifat diagnostik dan reflektif. Guru memilih strategi berdasarkan karakter konsep, pengetahuan awal, tingkat perkembangan representasional, kondisi afektif, dan bukti respons peserta didik selama pembelajaran.

3.2 Teori Perubahan Konseptual

Teori Perubahan Konseptual merupakan salah satu kerangka penting untuk memahami mengapa penjelasan yang telah diberikan guru tidak selalu menghasilkan struktur pemahaman yang dimaksudkan. Bagian ini memusatkan perhatian pada belajar sains melibatkan reorganisasi, revisi, atau penggantian struktur konseptual ketika konsepsi lama tidak lagi memadai. Dalam pendidikan kimia, proses tersebut menjadi sangat penting karena peserta didik harus menghubungkan fenomena yang dapat diamati dengan model partikel, simbol, grafik, persamaan, dan hubungan matematis.

Kerangka teori perubahan konseptual membantu membedakan belajar sebagai penambahan informasi dari belajar sebagai reorganisasi makna. Peserta didik dapat menghafal istilah, mengikuti algoritma, atau memperoleh jawaban numerik yang benar tanpa mengubah model yang digunakan untuk menjelaskan fenomena. Oleh karena itu, analisis harus diarahkan pada relasi antarkonsep, mekanisme kausal, kondisi penerapan, dan kemampuan berpindah antarrepresentasi.

Dalam literatur, pembahasan ini berkaitan dengan karya Posner et al.; Strike dan Posner; Duit dan Treagust. Masing-masing menawarkan penekanan berbeda, tetapi seluruhnya mengakui peran aktif struktur pengetahuan yang telah dimiliki peserta didik. Konsepsi awal tidak selalu berupa teori yang lengkap; konsepsi dapat berbentuk model, aturan intuitif, metafora, fragmen pengetahuan, atau keyakinan epistemologis yang aktif pada situasi tertentu.

Contoh kimia seperti perubahan pemahaman tentang asam kuat dan asam pekat, revisi konsep kesetimbangan dari keadaan statis menjadi dinamis, pergeseran konsep pembakaran dari pemusnahan materi menuju penataan ulang atom memperlihatkan bahwa satu fenomena dapat ditafsirkan melalui beberapa kerangka. Guru perlu mengetahui alasan di balik

respons peserta didik agar dapat menentukan apakah masalah berasal dari konsep prasyarat, bahasa, representasi, kategori ontologis, beban kognitif, atau faktor motivasional.

Tujuan subbab ini bukan hanya menjelaskan teori, tetapi menurunkan implikasi praktis bagi diagnosis, desain pembelajaran, penggunaan model, pengelolaan diskusi, dan asesmen perubahan konsep. Fokus akhirnya adalah membantu peserta didik membangun pengetahuan kimia yang koheren, dapat digunakan, serta tahan terhadap perubahan konteks.

Dimensi Kajian	Uraian Utama	Fungsi Pedagogis
Landasan teoretis	belajar sains melibatkan reorganisasi, revisi, atau penggantian struktur konseptual ketika konsepsi lama tidak lagi memadai	Menjelaskan ruang lingkup teori perubahan konseptual
Objek diagnosis	Alasan, model, representasi, konsistensi, dan keyakinan peserta didik	Menghindari kesimpulan dari jawaban benar-salah saja
Contoh kimia	pergeseran konsep pembakaran dari pemusnahan materi menuju penataan ulang atom	Menghubungkan teori dengan konten disipliner
Risiko konseptual	mengabaikan konteks sosial, motivasi, dan identitas	Menentukan titik rawan miskonsepsi
Arah intervensi	mengukur transfer dan retensi	Mengarahkan pembelajaran dan asesmen

3.2.1 Latar Belakang Lahirnya Teori Perubahan Konseptual

Dalam konteks pendidikan kimia, titik tolak yang perlu ditegaskan ialah bahwa belajar sains melibatkan reorganisasi, revisi, atau penggantian struktur konseptual ketika konsepsi lama tidak lagi memadai. Pembahasan historis memperlihatkan bahwa teori berkembang sebagai respons terhadap keterbatasan pandangan transmisi dan temuan tentang kuatnya gagasan awal peserta didik.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Posner et al.; Strike dan Posner; Duit dan Treagust menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Kasus perubahan pemahaman tentang asam kuat dan asam pekat memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, latar belakang lahirnya teori perubahan konseptual

tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada menyamakan perubahan konseptual dengan hafalan definisi baru. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Implikasi pembelajarannya adalah merancang kondisi ketidakpuasan, keterpahaman, kemasukakalan, dan produktivitas. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dari sisi penelitian pembelajaran, latar belakang lahirnya teori perubahan konseptual menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada perubahan pemahaman tentang asam kuat dan asam pekat, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi merancang kondisi ketidakpuasan, keterpahaman, kemasukakalan, dan produktivitas perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.2.2 Model Posner, Strike, Hewson, dan Gertzog

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa belajar sains melibatkan reorganisasi, revisi, atau penggantian struktur konseptual ketika konsepsi lama tidak lagi memadai. Setiap representasi menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain, sehingga fungsi serta keterbatasannya harus dijelaskan secara eksplisit. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Posner et al.; Strike dan Posner; Duit dan Treagust membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Contoh revisi konsep kesetimbangan dari keadaan statis menjadi dinamis menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara

langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks model posner, strike, hewson, dan gertzog, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada menganggap konsepsi lama selalu hilang setelah pembelajaran. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan membandingkan daya jelas beberapa model. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembaran, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dalam praktik kelas, model posner, strike, hewson, dan gertzog perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus revisi konsep kesetimbangan dari keadaan statis menjadi dinamis dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan membandingkan daya jelas beberapa model menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.2.3 Perubahan Konseptual sebagai Akomodasi

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa belajar sains melibatkan reorganisasi, revisi, atau penggantian struktur konseptual ketika konsepsi lama tidak lagi memadai. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Posner et al.; Strike dan Posner; Duit dan Treagust menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada pergeseran konsep pembakaran dari pemusnahan materi menuju penataan ulang atom. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan

deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, perubahan konseptual sebagai akomodasi perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah memicu konflik tanpa menyediakan model alternatif yang dapat dipahami. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan menggunakan bukti anomali secara bertahap. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan perubahan konseptual sebagai akomodasi dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai pergeseran konsep pembakaran dari pemusnahan materi menuju penataan ulang atom sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi menggunakan bukti anomali secara bertahap, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.2.4 Empat Kondisi Penerimaan Konsep Baru

Dalam konteks pendidikan kimia, titik tolak yang perlu ditegaskan ialah bahwa belajar sains melibatkan reorganisasi, revisi, atau penggantian struktur konseptual ketika konsepsi lama tidak lagi memadai. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Posner et al.; Strike dan Posner; Duit dan Treagust membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana

pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Dalam pembelajaran kimia, perubahan makna ikatan kimia dari tali fisik menuju interaksi energetik menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan empat kondisi penerimaan konsep baru sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada mengabaikan konteks sosial, motivasi, dan identitas. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada memfasilitasi refleksi metakonseptual. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, empat kondisi penerimaan konsep baru menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada perubahan makna ikatan kimia dari tali fisik menuju interaksi energetik, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi memfasilitasi refleksi metakonseptual perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.2.5 Perubahan sebagai Penggantian atau Restrukturisasi

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa belajar sains melibatkan reorganisasi, revisi, atau penggantian struktur konseptual ketika konsepsi lama tidak lagi memadai. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan

hubungan kausal yang keliru. Posner et al.; Strike dan Posner; Duit dan Treagust menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Kasus revisi konsep kalor dan suhu memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, perubahan sebagai penggantian atau restrukturisasi tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah menilai perubahan hanya dari skor postes langsung. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada mengukur transfer dan retensi. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dalam praktik kelas, perubahan sebagai penggantian atau restrukturisasi perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus revisi konsep kalor dan suhu dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan mengukur transfer dan retensi menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.2.6 Perubahan Konseptual Bertahap dan Radikal

Analisis konseptual menunjukkan bahwa belajar sains melibatkan reorganisasi, revisi, atau penggantian struktur konseptual ketika konsepsi lama tidak lagi memadai. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau

mengubah cara peserta didik menilai bukti. Posner et al.; Strike dan Posner; Duit dan Treagust menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Dalam pembelajaran kimia, perubahan pemahaman tentang asam kuat dan asam pekat menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan perubahan konseptual bertahap dan radikal sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menyamakan perubahan konseptual dengan hafalan definisi baru. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan merancang kondisi ketidakpuasan, keterpahaman, kemasukakalan, dan produktivitas. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dalam praktik kelas, perubahan konseptual bertahap dan radikal perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus perubahan pemahaman tentang asam kuat dan asam pekat dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan merancang kondisi ketidakpuasan, keterpahaman, kemasukakalan, dan produktivitas menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan perubahan pemahaman tentang asam kuat dan asam pekat?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?

- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi merancang kondisi ketidakpuasan, keterpahaman, kemasukakalan, dan produktivitas dapat diterapkan secara bertahap?

3.2.7 Perubahan Konseptual pada Tingkat Proposisi

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa belajar sains melibatkan reorganisasi, revisi, atau penggantian struktur konseptual ketika konsepsi lama tidak lagi memadai. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Posner et al.; Strike dan Posner; Duit dan Treagust menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Kasus revisi konsep kesetimbangan dari keadaan statis menjadi dinamis memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, perubahan konseptual pada tingkat proposisi tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada menganggap konsepsi lama selalu hilang setelah pembelajaran. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Strategi yang relevan mencakup membandingkan daya jelas beberapa model. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan perubahan konseptual pada tingkat proposisi dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan

merevisi model. Informasi mengenai revisi konsep kesetimbangan dari keadaan statis menjadi dinamis sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi membandingkan daya jelas beberapa model, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.2.8 Perubahan Konseptual pada Tingkat Model

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa belajar sains melibatkan reorganisasi, revisi, atau penggantian struktur konseptual ketika konsepsi lama tidak lagi memadai. Setiap representasi menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain, sehingga fungsi serta keterbatasannya harus dijelaskan secara eksplisit.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Posner et al.; Strike dan Posner; Duit dan Treagust menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Kasus pergeseran konsep pembakaran dari pemusnahan materi menuju penataan ulang atom memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, perubahan konseptual pada tingkat model tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah memicu konflik tanpa menyediakan model alternatif yang dapat dipahami. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada menggunakan bukti anomali secara bertahap. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, perubahan konseptual pada tingkat model menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada pergeseran konsep pembakaran dari pemusnahan materi menuju penataan ulang atom, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi menggunakan bukti anomali secara bertahap perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.2.9 Perubahan Konseptual pada Tingkat Kategori

Kerangka ini memandang bahwa belajar sains melibatkan reorganisasi, revisi, atau penggantian struktur konseptual ketika konsepsi lama tidak lagi memadai. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Posner et al.; Strike dan Posner; Duit dan Treagust membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada perubahan makna ikatan kimia dari tali fisik menuju interaksi energetik. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, perubahan konseptual pada tingkat kategori perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah mengabaikan konteks sosial, motivasi, dan identitas. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan memfasilitasi refleksi metakonseptual. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh

pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, perubahan konseptual pada tingkat kategori menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada perubahan makna ikatan kimia dari tali fisik menuju interaksi energetik, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi memfasilitasi refleksi metakonseptual perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

Catatan kritisnya, model klasik empat kondisi sangat berpengaruh, tetapi proses perubahan konsep dapat bertahap, kontekstual, dan dipengaruhi faktor nonkognitif. Teori tidak boleh diperlakukan sebagai resep tunggal. Efektivitas strategi dipengaruhi oleh karakter konsep, kesiapan prasyarat, norma interaksi kelas, bahasa yang digunakan, dan tujuan asesmen. Guru perlu menjaga keseimbangan antara penyederhanaan yang membantu dan distorsi yang justru menanamkan hambatan baru.

3.2.10 Peran Metakognisi dan Kesadaran Konseptual

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa belajar sains melibatkan reorganisasi, revisi, atau penggantian struktur konseptual ketika konsepsi lama tidak lagi memadai. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Posner et al.; Strike dan Posner; Duit dan Treagust menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Contoh revisi konsep kalor dan suhu menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks peran metakognisi dan kesadaran konseptual, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada menilai perubahan hanya dari skor postes langsung. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan

konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada mengukur transfer dan retensi. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa peran metakognisi dan kesadaran konseptual tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus revisi konsep kalor dan suhu, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan mengukur transfer dan retensi dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.2.11 Status Konsepsi dalam Struktur Pengetahuan

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa belajar sains melibatkan reorganisasi, revisi, atau penggantian struktur konseptual ketika konsepsi lama tidak lagi memadai. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Posner et al.; Strike dan Posner; Duit dan Treagust membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Dalam pembelajaran kimia, perubahan pemahaman tentang asam kuat dan asam pekat menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan status konsepsi dalam struktur pengetahuan sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menyamakan perubahan konseptual dengan hafalan definisi baru. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan merancang kondisi ketidakpuasan, keterpahaman, kemasukakalan, dan produktivitas. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjemabatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, status konsepsi dalam struktur pengetahuan menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada perubahan pemahaman tentang asam kuat dan asam pekat, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi merancang kondisi ketidakpuasan, keterpahaman, kemasukakalan, dan produktivitas perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.2.12 Perbandingan Model Perubahan Konseptual

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa belajar sains melibatkan reorganisasi, revisi, atau penggantian struktur konseptual ketika konsepsi lama tidak lagi memadai. Setiap representasi menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain, sehingga fungsi serta keterbatasannya harus dijelaskan secara eksplisit. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Posner et al.; Strike dan Posner; Duit dan Treagust menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Dalam pembelajaran kimia, revisi konsep kesetimbangan dari keadaan statis menjadi dinamis menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan perbandingan model perubahan

konseptual sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menganggap konsepsi lama selalu hilang setelah pembelajaran. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Implikasi pembelajarannya adalah membandingkan daya jelas beberapa model. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa perbandingan model perubahan konseptual tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus revisi konsep kesetimbangan dari keadaan statis menjadi dinamis, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan membandingkan daya jelas beberapa model dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan revisi konsep kesetimbangan dari keadaan statis menjadi dinamis?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi membandingkan daya jelas beberapa model dapat diterapkan secara bertahap?

3.2.13 Hubungan antara Bukti dan Revisi Konsep

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa belajar sains melibatkan reorganisasi, revisi, atau penggantian struktur konseptual ketika konsepsi lama tidak lagi memadai. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan

praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Posner et al.; Strike dan Posner; Duit dan Treagust menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada pergeseran konsep pembakaran dari pemusnahan materi menuju penataan ulang atom. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, hubungan antara bukti dan revisi konsep perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah memicu konflik tanpa menyediakan model alternatif yang dapat dipahami. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada menggunakan bukti anomali secara bertahap. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, hubungan antara bukti dan revisi konsep menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada pergeseran konsep pembakaran dari pemusnahan materi menuju penataan ulang atom, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi menggunakan bukti anomali secara bertahap perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.2.14 Perubahan Konseptual dalam Konteks Sosial

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa belajar sains melibatkan reorganisasi, revisi, atau penggantian struktur konseptual ketika konsepsi lama tidak lagi memadai. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Posner et al.; Strike dan Posner; Duit dan Treagust menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Kasus perubahan makna ikatan kimia dari tali fisik menuju interaksi energetik memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, perubahan konseptual dalam konteks sosial tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah mengabaikan konteks sosial, motivasi, dan identitas. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada memfasilitasi refleksi metakonseptual. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dalam praktik kelas, perubahan konseptual dalam konteks sosial perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus perubahan makna ikatan kimia dari tali fisik menuju interaksi energetik dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer.

Pendekatan memfasilitasi refleksi metakonseptual menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.2.15 Pengukuran Proses dan Hasil Perubahan Konsep

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa belajar sains melibatkan reorganisasi, revisi, atau penggantian struktur konseptual ketika konsepsi lama tidak lagi memadai. Bukti diagnosis harus dikumpulkan dari alasan, representasi, konsistensi lintas konteks, dan tingkat keyakinan, bukan dari skor tunggal.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Posner et al.; Strike dan Posner; Duit dan Treagust menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Kasus revisi konsep kalor dan suhu memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, pengukuran proses dan hasil perubahan konsep tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menilai perubahan hanya dari skor postes langsung. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Strategi yang relevan mencakup mengukur transfer dan retensi. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa pengukuran proses dan hasil perubahan konsep tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus revisi konsep kalor dan suhu, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan mengukur transfer dan retensi dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari

waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.2.16 Kritik terhadap Model Perubahan Linear

Kerangka ini memandang bahwa belajar sains melibatkan reorganisasi, revisi, atau penggantian struktur konseptual ketika konsepsi lama tidak lagi memadai. Analisis kritis diperlukan agar teori tidak berubah menjadi slogan pedagogis yang diterapkan tanpa mempertimbangkan domain konsep dan kondisi kelas.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Posner et al.; Strike dan Posner; Duit dan Treagust menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada perubahan pemahaman tentang asam kuat dan asam pekat. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, kritik terhadap model perubahan linear perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah menyamakan perubahan konseptual dengan hafalan definisi baru. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Strategi yang relevan mencakup merancang kondisi ketidakpuasan, keterpahaman, kemasukakalan, dan produktivitas. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Dari sisi penelitian pembelajaran, kritik terhadap model perubahan linear menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada

perubahan pemahaman tentang asam kuat dan asam pekat, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi merancang kondisi ketidakpuasan, keterpahaman, kemasukakalan, dan produktivitas perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.2.17 Contoh Perubahan Konseptual pada Keseimbangan Kimia

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa belajar sains melibatkan reorganisasi, revisi, atau penggantian struktur konseptual ketika konsepsi lama tidak lagi memadai. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Posner et al.; Strike dan Posner; Duit dan Treagust menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Kasus revisi konsep keseimbangan dari keadaan statis menjadi dinamis memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, contoh perubahan konseptual pada keseimbangan kimia tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menganggap konsepsi lama selalu hilang setelah pembelajaran. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada membandingkan daya jelas beberapa model. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa contoh perubahan konseptual pada keseimbangan kimia tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan

bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus revisi konsep kesetimbangan dari keadaan statis menjadi dinamis, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan membandingkan daya jelas beberapa model dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.2.18 Implikasi Teori bagi Pembelajaran Kimia

Kerangka ini memandang bahwa belajar sains melibatkan reorganisasi, revisi, atau penggantian struktur konseptual ketika konsepsi lama tidak lagi memadai. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Posner et al.; Strike dan Posner; Duit dan Treagust membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Kasus pergeseran konsep pembakaran dari pemusnahan materi menuju penataan ulang atom memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, implikasi teori bagi pembelajaran kimia tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah memicu konflik tanpa menyediakan model alternatif yang dapat dipahami. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Strategi yang relevan mencakup menggunakan bukti anomali secara bertahap. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban

ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Dari sisi penelitian pembelajaran, implikasi teori bagi pembelajaran kimia menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada pergeseran konsep pembakaran dari pemusnahan materi menuju penataan ulang atom, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi menggunakan bukti anomali secara bertahap perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan pergeseran konsep pembakaran dari pemusnahan materi menuju penataan ulang atom?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi menggunakan bukti anomali secara bertahap dapat diterapkan secara bertahap?

Perlu ditekankan bahwa model klasik empat kondisi sangat berpengaruh, tetapi proses perubahan konsep dapat bertahap, kontekstual, dan dipengaruhi faktor nonkognitif. Dalam pendidikan kimia, model dan aturan selalu memiliki domain penerapan. Pembelajaran yang menyajikan penjelasan ilmiah sebagai kalimat final tanpa asumsi dapat menghasilkan kepastian semu. Peserta didik perlu memahami kekuatan sekaligus keterbatasan model yang digunakan.

3.2.19 Sintesis Teori Perubahan Konseptual

Pembahasan teori perubahan konseptual menunjukkan bahwa belajar sains melibatkan reorganisasi, revisi, atau penggantian struktur konseptual ketika konsepsi lama tidak lagi memadai. Kerangka ini membantu menjelaskan mengapa peserta didik dapat mempertahankan gagasan yang tidak selaras dengan ilmu sekalipun telah menerima penjelasan dan latihan. Kesulitan tersebut muncul karena belajar melibatkan interaksi antara struktur kognitif, representasi, bukti, bahasa, dan konteks penggunaan konsep.

Bagi pembelajaran kimia, implikasi utamanya ialah perlunya merancang kondisi ketidakpuasan, keterpahaman, kemasukakalan, dan produktivitas, membandingkan daya jelas beberapa model, dan menggunakan bukti anomali secara bertahap. Guru perlu menilai

perubahan pada kualitas alasan dan kemampuan transfer, bukan hanya pada jawaban akhir. Kerangka ini akan menjadi lebih kuat apabila dipadukan dengan perspektif lain dalam bab ini, sebab tidak satu teori pun menjelaskan seluruh dimensi perubahan konseptual.

Keterbatasan yang harus diingat adalah bahwa model klasik empat kondisi sangat berpengaruh, tetapi proses perubahan konsep dapat bertahap, kontekstual, dan dipengaruhi faktor nonkognitif. Oleh karena itu, penggunaan teori perlu bersifat diagnostik dan reflektif. Guru memilih strategi berdasarkan karakter konsep, pengetahuan awal, tingkat perkembangan representasional, kondisi afektif, dan bukti respons peserta didik selama pembelajaran.

3.3 Asimilasi dan Akomodasi Konsep

Asimilasi dan Akomodasi Konsep merupakan salah satu kerangka penting untuk memahami mengapa penjelasan yang telah diberikan guru tidak selalu menghasilkan struktur pemahaman yang dimaksudkan. Bagian ini memusatkan perhatian pada informasi baru dapat dimasukkan ke dalam skema yang ada atau mendorong perubahan skema ketika struktur lama tidak mampu menjelaskan pengalaman. Dalam pendidikan kimia, proses tersebut menjadi sangat penting karena peserta didik harus menghubungkan fenomena yang dapat diamati dengan model partikel, simbol, grafik, persamaan, dan hubungan matematis.

Kerangka asimilasi dan akomodasi konsep membantu membedakan belajar sebagai penambahan informasi dari belajar sebagai reorganisasi makna. Peserta didik dapat menghafal istilah, mengikuti algoritma, atau memperoleh jawaban numerik yang benar tanpa mengubah model yang digunakan untuk menjelaskan fenomena. Oleh karena itu, analisis harus diarahkan pada relasi antarkonsep, mekanisme kausal, kondisi penerapan, dan kemampuan berpindah antarrepresentasi.

Dalam literatur, pembahasan ini berkaitan dengan karya Piaget; Posner et al.; Hewson. Masing-masing menawarkan penekanan berbeda, tetapi seluruhnya mengakui peran aktif struktur pengetahuan yang telah dimiliki peserta didik. Konsepsi awal tidak selalu berupa teori yang lengkap; konsepsi dapat berbentuk model, aturan intuitif, metafora, fragmen pengetahuan, atau keyakinan epistemologis yang aktif pada situasi tertentu.

Contoh kimia seperti penggunaan konsep partikel untuk menjelaskan difusi, perluasan konsep oksidasi dari pengikatan oksigen menuju transfer elektron, penyesuaian konsep asam dari Arrhenius ke Bronsted-Lowry dan Lewis memperlihatkan bahwa satu fenomena dapat ditafsirkan melalui beberapa kerangka. Guru perlu mengetahui alasan di balik respons peserta didik agar dapat menentukan apakah masalah berasal dari konsep prasyarat, bahasa, representasi, kategori ontologis, beban kognitif, atau faktor motivasional.

Tujuan subbab ini bukan hanya menjelaskan teori, tetapi menurunkan implikasi praktis bagi diagnosis, desain pembelajaran, penggunaan model, pengelolaan diskusi, dan asesmen

perubahan konsep. Fokus akhirnya adalah membantu peserta didik membangun pengetahuan kimia yang koheren, dapat digunakan, serta tahan terhadap perubahan konteks.

Dimensi Kajian	Uraian Utama	Fungsi Pedagogis
Landasan teoretis	informasi baru dapat dimasukkan ke dalam skema yang ada atau mendorong perubahan skema ketika struktur lama tidak mampu menjelaskan pengalaman	Menjelaskan ruang lingkup asimilasi dan akomodasi konsep
Objek diagnosis	Alasan, model, representasi, konsistensi, dan keyakinan peserta didik	Menghindari kesimpulan dari jawaban benar-salah saja
Contoh kimia	penyesuaian konsep asam dari Arrhenius ke Bronsted-Lowry dan Lewis	Menghubungkan teori dengan konten disipliner
Risiko konseptual	menolak bukti karena tidak cocok dengan pengalaman sehari-hari	Menentukan titik rawan miskonsepsi
Arah intervensi	menilai perubahan relasi antargagasan	Mengarahkan pembelajaran dan asesmen

3.3.1 Pengertian Skema Kognitif

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa informasi baru dapat dimasukkan ke dalam skema yang ada atau mendorong perubahan skema ketika struktur lama tidak mampu menjelaskan pengalaman. Definisi operasional perlu memuat ciri, fungsi, kondisi penggunaan, serta perbedaannya dari istilah yang berdekatan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Piaget; Posner et al.; Hewson menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada penggunaan konsep partikel untuk menjelaskan difusi. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, pengertian skema kognitif perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada memaksakan informasi baru ke dalam skema lama yang tidak sesuai. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada mengidentifikasi skema awal dan batas daya jelaskannya. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa pengertian skema kognitif tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus penggunaan konsep partikel untuk menjelaskan difusi, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan mengidentifikasi skema awal dan batas daya jelaskannya dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.3.2 Asimilasi sebagai Integrasi Informasi Baru

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa informasi baru dapat dimasukkan ke dalam skema yang ada atau mendorong perubahan skema ketika struktur lama tidak mampu menjelaskan pengalaman. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Piaget; Posner et al.; Hewson membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Dalam pembelajaran kimia, perluasan konsep oksidasi dari pengikatan oksigen menuju transfer elektron menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan

jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan asimilasi sebagai integrasi informasi baru sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah menganggap semua penambahan contoh sebagai akomodasi. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Strategi yang relevan mencakup menyediakan kasus yang dapat diasimilasi dan kasus yang menuntut akomodasi. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Dalam praktik kelas, asimilasi sebagai integrasi informasi baru perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus perluasan konsep oksidasi dari pengikatan oksigen menuju transfer elektron dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan menyediakan kasus yang dapat diasimilasi dan kasus yang menuntut akomodasi menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.3.3 Akomodasi sebagai Modifikasi Struktur Pengetahuan

Kerangka ini memandang bahwa informasi baru dapat dimasukkan ke dalam skema yang ada atau mendorong perubahan skema ketika struktur lama tidak mampu menjelaskan pengalaman. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Piaget; Posner et al.; Hewson membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Kasus penyesuaian konsep asam dari Arrhenius ke Bronsted-Lowry dan Lewis memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, akomodasi sebagai modifikasi struktur pengetahuan tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menggunakan istilah baru tanpa mengubah relasi konsep. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan menggunakan analogi berjembatan. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, akomodasi sebagai modifikasi struktur pengetahuan menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada penyesuaian konsep asam dari Arrhenius ke Bronsted-Lowry dan Lewis, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi menggunakan analogi berjembatan perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.3.4 Keseimbangan dan Ketidakseimbangan Kognitif

Dalam konteks pendidikan kimia, titik tolak yang perlu ditegaskan ialah bahwa informasi baru dapat dimasukkan ke dalam skema yang ada atau mendorong perubahan skema ketika struktur lama tidak mampu menjelaskan pengalaman. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan.

Piaget; Posner et al.; Hewson membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada pemakaian ulang mol sebagai jumlah zat. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, keseimbangan dan ketidakseimbangan kognitif perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada menolak bukti karena tidak cocok dengan pengalaman sehari-hari. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada mendorong diferensiasi dan integrasi konsep. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan keseimbangan dan ketidakseimbangan kognitif dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai pemakaian ulang mol sebagai jumlah zat sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi mendorong diferensiasi dan integrasi konsep, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.3.5 Kontinum antara Asimilasi dan Akomodasi

Dalam konteks pendidikan kimia, titik tolak yang perlu ditegaskan ialah bahwa informasi baru dapat dimasukkan ke dalam skema yang ada atau mendorong perubahan skema ketika struktur lama tidak mampu menjelaskan pengalaman. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep,

memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Piaget; Posner et al.; Hewson menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada pembedaan pelarutan, ionisasi, dan disosiasi. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, kontinum antara asimilasi dan akomodasi perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah mengubah prosedur tetapi mempertahankan model lama. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Implikasi pembelajarannya adalah menilai perubahan relasi antargagasan. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa kontinum antara asimilasi dan akomodasi tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus pembedaan pelarutan, ionisasi, dan disosiasi, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan menilai perubahan relasi antargagasan dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.3.6 Asimilasi Produktif dan Asimilasi Keliru

Dalam konteks pendidikan kimia, titik tolak yang perlu ditegaskan ialah bahwa informasi baru dapat dimasukkan ke dalam skema yang ada atau mendorong perubahan skema ketika struktur lama tidak mampu menjelaskan pengalaman. Keberhasilan sejati terlihat ketika

konsep digunakan untuk menghasilkan prediksi dan penjelasan pada situasi yang belum pernah dilatihkan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Piaget; Posner et al.; Hewson menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada penggunaan konsep partikel untuk menjelaskan difusi. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, asimilasi produktif dan asimilasi keliru perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada memaksakan informasi baru ke dalam skema lama yang tidak sesuai. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Strategi yang relevan mencakup mengidentifikasi skema awal dan batas daya jelaskannya. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan asimilasi produktif dan asimilasi keliru dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai penggunaan konsep partikel untuk menjelaskan difusi sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi mengidentifikasi skema awal dan batas daya jelaskannya, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan penggunaan konsep partikel untuk menjelaskan difusi?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi mengidentifikasi skema awal dan batas daya jelaskannya dapat diterapkan secara bertahap?

3.3.7 Akomodasi Parsial dan Akomodasi Mendalam

Dalam konteks pendidikan kimia, titik tolak yang perlu ditegaskan ialah bahwa informasi baru dapat dimasukkan ke dalam skema yang ada atau mendorong perubahan skema ketika struktur lama tidak mampu menjelaskan pengalaman. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Piaget; Posner et al.; Hewson menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada perluasan konsep oksidasi dari pengikatan oksigen menuju transfer elektron. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, akomodasi parsial dan akomodasi mendalam perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada menganggap semua penambahan contoh sebagai akomodasi. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada menyediakan kasus yang dapat diasimilasi dan kasus yang menuntut akomodasi. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan.

Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dalam praktik kelas, akomodasi parsial dan akomodasi mendalam perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus perluasan konsep oksidasi dari pengikatan oksigen menuju transfer elektron dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan menyediakan kasus yang dapat diasimilasi dan kasus yang menuntut akomodasi menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.3.8 Diferensiasi Konsep yang Terlalu Umum

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa informasi baru dapat dimasukkan ke dalam skema yang ada atau mendorong perubahan skema ketika struktur lama tidak mampu menjelaskan pengalaman. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Piaget; Posner et al.; Hewson menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Dalam pembelajaran kimia, penyesuaian konsep asam dari Arrhenius ke Bronsted-Lowry dan Lewis menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan diferensiasi konsep yang terlalu umum sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah menggunakan istilah baru tanpa mengubah relasi konsep. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan

parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Implikasi pembelajarannya adalah menggunakan analogi berjembatan. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa diferensiasi konsep yang terlalu umum tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus penyesuaian konsep asam dari Arrhenius ke Bronsted-Lowry dan Lewis, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan menggunakan analogi berjembatan dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.3.9 Integrasi Konsep yang Terpisah

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa informasi baru dapat dimasukkan ke dalam skema yang ada atau mendorong perubahan skema ketika struktur lama tidak mampu menjelaskan pengalaman. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Piaget; Posner et al.; Hewson membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Kasus pemaknaan ulang mol sebagai jumlah zat memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, integrasi konsep yang terpisah tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah menolak bukti karena tidak cocok dengan pengalaman sehari-hari. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada mendorong diferensiasi dan integrasi konsep. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa integrasi konsep yang terpisah tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus pemaknaan ulang mol sebagai jumlah zat, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan mendorong diferensiasi dan integrasi konsep dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

Batas penting dari pembahasan ini ialah asimilasi dan akomodasi merupakan proses analitis yang saling berhubungan, bukan dua tahap yang selalu terpisah secara tegas. Perubahan konseptual tidak selalu dapat diamati melalui peningkatan skor langsung. Peserta didik dapat menekan gagasan lama ketika mengerjakan soal sekolah, tetapi mengaktifkannya kembali pada konteks sehari-hari. Karena itu, bukti perubahan perlu dikumpulkan lintas waktu, representasi, dan situasi.

3.3.10 Perluasan Domain Penerapan Konsep

Kerangka ini memandang bahwa informasi baru dapat dimasukkan ke dalam skema yang ada atau mendorong perubahan skema ketika struktur lama tidak mampu menjelaskan pengalaman. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Piaget; Posner et al.; Hewson menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan

penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Kasus pembedaan pelarutan, ionisasi, dan disosiasi memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, perluasan domain penerapan konsep tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah mengubah prosedur tetapi mempertahankan model lama. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengkoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Implikasi pembelajarannya adalah menilai perubahan relasi antargagasan. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa perluasan domain penerapan konsep tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus pembedaan pelarutan, ionisasi, dan disosiasi, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan menilai perubahan relasi antargagasan dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.3.11 Pembatasan Domain Konsep

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa informasi baru dapat dimasukkan ke dalam skema yang ada atau mendorong perubahan skema ketika struktur lama tidak mampu menjelaskan pengalaman. Analisis kritis diperlukan agar teori tidak berubah menjadi slogan pedagogis yang diterapkan tanpa mempertimbangkan domain konsep dan kondisi kelas. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks,

dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Piaget; Posner et al.; Hewson menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Dalam pembelajaran kimia, penggunaan konsep partikel untuk menjelaskan difusi menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan pembatasan domain konsep sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah memaksakan informasi baru ke dalam skema lama yang tidak sesuai. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Implikasi pembelajarannya adalah mengidentifikasi skema awal dan batas daya jelaskannya. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dari sisi penelitian pembelajaran, pembatasan domain konsep menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada penggunaan konsep partikel untuk menjelaskan difusi, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi mengidentifikasi skema awal dan batas daya jelaskannya perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.3.12 Analogi Berjembatan dalam Akomodasi

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa informasi baru dapat dimasukkan ke dalam skema yang ada atau mendorong perubahan skema ketika struktur lama tidak mampu menjelaskan pengalaman. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong.

Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Piaget; Posner et al.; Hewson menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Contoh perluasan konsep oksidasi dari pengikatan oksigen menuju transfer elektron menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks analogi berjembatan dalam akomodasi, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah menganggap semua penambahan contoh sebagai akomodasi. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengkoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada menyediakan kasus yang dapat diasimilasi dan kasus yang menuntut akomodasi. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, analogi berjembatan dalam akomodasi menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada perluasan konsep oksidasi dari pengikatan oksigen menuju transfer elektron, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi menyediakan kasus yang dapat diasimilasi dan kasus yang menuntut akomodasi perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan perluasan konsep oksidasi dari pengikatan oksigen menuju transfer elektron?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi menyediakan kasus yang dapat diasimilasi dan kasus yang menuntut akomodasi dapat diterapkan secara bertahap?

3.3.13 Peran Contoh dan Noncontoh

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa informasi baru dapat dimasukkan ke dalam skema yang ada atau mendorong perubahan skema ketika struktur lama tidak mampu menjelaskan pengalaman. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Piaget; Posner et al.; Hewson menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Kasus penyesuaian konsep asam dari Arrhenius ke Bronsted-Lowry dan Lewis memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, peran contoh dan noncontoh tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menggunakan istilah baru tanpa mengubah relasi konsep. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Implikasi pembelajarannya adalah menggunakan analogi berjembatan. Guru dapat memulai dengan mengungkapkan pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak

hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan peran contoh dan noncontoh dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai penyesuaian konsep asam dari Arrhenius ke Bronsted-Lowry dan Lewis sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi menggunakan analogi berjembaran, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.3.14 Peran Refleksi dalam Penataan Skema

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa informasi baru dapat dimasukkan ke dalam skema yang ada atau mendorong perubahan skema ketika struktur lama tidak mampu menjelaskan pengalaman. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Piaget; Posner et al.; Hewson menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Contoh pemaknaan ulang mol sebagai jumlah zat menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks peran refleksi dalam penataan skema, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada menolak bukti karena tidak cocok dengan pengalaman sehari-hari. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Implikasi pembelajarannya adalah mendorong diferensiasi dan integrasi konsep. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat

ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dalam praktik kelas, peran refleksi dalam penataan skema perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus pemaknaan ulang mol sebagai jumlah zat dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan mendorong diferensiasi dan integrasi konsep menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.3.15 Asimilasi pada Pembelajaran Struktur Atom

Dalam konteks pendidikan kimia, titik tolak yang perlu ditegaskan ialah bahwa informasi baru dapat dimasukkan ke dalam skema yang ada atau mendorong perubahan skema ketika struktur lama tidak mampu menjelaskan pengalaman. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Piaget; Posner et al.; Hewson membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Kasus pembedaan pelarutan, ionisasi, dan disosiasi memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, asimilasi pada pembelajaran struktur atom tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah mengubah prosedur tetapi mempertahankan model lama. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Implikasi pembelajarannya adalah menilai perubahan relasi antargagasan. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dalam praktik kelas, asimilasi pada pembelajaran struktur atom perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus pembedaan pelarutan, ionisasi, dan disosiasi dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan menilai perubahan relasi antargagasan menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.3.16 Akomodasi pada Konsep Asam-Basa

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa informasi baru dapat dimasukkan ke dalam skema yang ada atau mendorong perubahan skema ketika struktur lama tidak mampu menjelaskan pengalaman. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Piaget; Posner et al.; Hewson menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Kasus penggunaan konsep partikel untuk menjelaskan difusi memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, akomodasi pada konsep asam-basa tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah memaksakan informasi baru ke dalam skema lama yang tidak sesuai. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan

parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Implikasi pembelajarannya adalah mengidentifikasi skema awal dan batas daya jelaskannya. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan akomodasi pada konsep asam-basa dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai penggunaan konsep partikel untuk menjelaskan difusi sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi mengidentifikasi skema awal dan batas daya jelaskannya, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.3.17 Diagnosis Asimilasi dan Akomodasi

Analisis konseptual menunjukkan bahwa informasi baru dapat dimasukkan ke dalam skema yang ada atau mendorong perubahan skema ketika struktur lama tidak mampu menjelaskan pengalaman. Bukti diagnosis harus dikumpulkan dari alasan, representasi, konsistensi lintas konteks, dan tingkat keyakinan, bukan dari skor tunggal.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Piaget; Posner et al.; Hewson membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada perluasan konsep oksidasi dari pengikatan oksigen menuju transfer elektron. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, diagnosis asimilasi dan akomodasi perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menganggap semua penambahan contoh sebagai akomodasi. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber

pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan menyediakan kasus yang dapat diasimilasi dan kasus yang menuntut akomodasi. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan diagnosis asimilasi dan akomodasi dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai perluasan konsep oksidasi dari pengikatan oksigen menuju transfer elektron sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi menyediakan kasus yang dapat diasimilasi dan kasus yang menuntut akomodasi, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.3.18 Implikasi bagi Urutan Pembelajaran

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa informasi baru dapat dimasukkan ke dalam skema yang ada atau mendorong perubahan skema ketika struktur lama tidak mampu menjelaskan pengalaman. Peran guru adalah mengatur urutan pengalaman, pertanyaan, bukti, dan refleksi yang membuat peserta didik dapat menilai serta merevisi gagasannya.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Piaget; Posner et al.; Hewson membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada penyesuaian konsep asam dari Arrhenius ke Bronsted-Lowry dan Lewis. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, implikasi bagi urutan pembelajaran perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah,

apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menggunakan istilah baru tanpa mengubah relasi konsep. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Strategi yang relevan mencakup menggunakan analogi berjembatan. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa implikasi bagi urutan pembelajaran tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus penyesuaian konsep asam dari Arrhenius ke Bronsted-Lowry dan Lewis, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan menggunakan analogi berjembatan dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan penyesuaian konsep asam dari Arrhenius ke Bronsted-Lowry dan Lewis?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi menggunakan analogi berjembatan dapat diterapkan secara bertahap?

Batas penting dari pembahasan ini ialah asimilasi dan akomodasi merupakan proses analitis yang saling berhubungan, bukan dua tahap yang selalu terpisah secara tegas. Perubahan konseptual tidak selalu dapat diamati melalui peningkatan skor langsung. Peserta didik dapat menekan gagasan lama ketika mengerjakan soal sekolah, tetapi mengaktifkannya kembali pada konteks sehari-hari. Karena itu, bukti perubahan perlu dikumpulkan lintas waktu, representasi, dan situasi.

3.3.19 Sintesis Asimilasi dan Akomodasi Konsep

Pembahasan asimilasi dan akomodasi konsep menunjukkan bahwa informasi baru dapat dimasukkan ke dalam skema yang ada atau mendorong perubahan skema ketika struktur lama tidak mampu menjelaskan pengalaman. Kerangka ini membantu menjelaskan mengapa peserta didik dapat mempertahankan gagasan yang tidak selaras dengan ilmu sekalipun telah menerima penjelasan dan latihan. Kesulitan tersebut muncul karena belajar melibatkan interaksi antara struktur kognitif, representasi, bukti, bahasa, dan konteks penggunaan konsep.

Bagi pembelajaran kimia, implikasi utamanya ialah perlunya mengidentifikasi skema awal dan batas daya jelaskannya, menyediakan kasus yang dapat diasimilasi dan kasus yang menuntut akomodasi, dan menggunakan analogi berjembaran. Guru perlu menilai perubahan pada kualitas alasan dan kemampuan transfer, bukan hanya pada jawaban akhir. Kerangka ini akan menjadi lebih kuat apabila dipadukan dengan perspektif lain dalam bab ini, sebab tidak satu teori pun menjelaskan seluruh dimensi perubahan konseptual.

Keterbatasan yang harus diingat adalah bahwa asimilasi dan akomodasi merupakan proses analitis yang saling berhubungan, bukan dua tahap yang selalu terpisah secara tegas. Oleh karena itu, penggunaan teori perlu bersifat diagnostik dan reflektif. Guru memilih strategi berdasarkan karakter konsep, pengetahuan awal, tingkat perkembangan representasional, kondisi afektif, dan bukti respons peserta didik selama pembelajaran.

3.4 Ontological Shift dalam Pembelajaran Sains

Ontological Shift dalam Pembelajaran Sains merupakan salah satu kerangka penting untuk memahami mengapa penjelasan yang telah diberikan guru tidak selalu menghasilkan struktur pemahaman yang dimaksudkan. Bagian ini memusatkan perhatian pada sebagian miskonsepsi bertahan karena konsep ilmiah ditempatkan pada kategori ontologis yang keliru sehingga memerlukan perubahan cara mengategorikan entitas dan proses. Dalam pendidikan kimia, proses tersebut menjadi sangat penting karena peserta didik harus menghubungkan fenomena yang dapat diamati dengan model partikel, simbol, grafik, persamaan, dan hubungan matematis.

Kerangka ontological shift dalam pembelajaran sains membantu membedakan belajar sebagai penambahan informasi dari belajar sebagai reorganisasi makna. Peserta didik dapat menghafal istilah, mengikuti algoritma, atau memperoleh jawaban numerik yang benar tanpa mengubah model yang digunakan untuk menjelaskan fenomena. Oleh karena itu, analisis harus diarahkan pada relasi antarkonsep, mekanisme kausal, kondisi penerapan, dan kemampuan berpindah antarrepresentasi.

Dalam literatur, pembahasan ini berkaitan dengan karya Chi; Chi, Slotta, dan de Leeuw; Tümay. Masing-masing menawarkan penekanan berbeda, tetapi seluruhnya mengakui peran aktif struktur pengetahuan yang telah dimiliki peserta didik. Konsepsi awal tidak selalu berupa teori

yang lengkap; konsepsi dapat berbentuk model, aturan intuitif, metafora, fragmen pengetahuan, atau keyakinan epistemologis yang aktif pada situasi tertentu.

Contoh kimia seperti kesetimbangan kimia sebagai proses dinamis, difusi sebagai pola emergen dari gerak acak, suhu sebagai sifat kolektif sistem memperlihatkan bahwa satu fenomena dapat ditafsirkan melalui beberapa kerangka. Guru perlu mengetahui alasan di balik respons peserta didik agar dapat menentukan apakah masalah berasal dari konsep prasyarat, bahasa, representasi, kategori ontologis, beban kognitif, atau faktor motivasional.

Tujuan subbab ini bukan hanya menjelaskan teori, tetapi menurunkan implikasi praktis bagi diagnosis, desain pembelajaran, penggunaan model, pengelolaan diskusi, dan asesmen perubahan konsep. Fokus akhirnya adalah membantu peserta didik membangun pengetahuan kimia yang koheren, dapat digunakan, serta tahan terhadap perubahan konteks.

Dimensi Kajian	Uraian Utama	Fungsi Pedagogis
Landasan teoretis	sebagian miskonsepsi bertahan karena konsep ilmiah ditempatkan pada kategori ontologis yang keliru sehingga memerlukan perubahan cara mengategorikan entitas dan proses	Menjelaskan ruang lingkup ontological shift dalam pembelajaran sains
Objek diagnosis	Alasan, model, representasi, konsistensi, dan keyakinan peserta didik	Menghindari kesimpulan dari jawaban benar-salah saja
Contoh kimia	suhu sebagai sifat kolektif sistem	Menghubungkan teori dengan konten disipliner
Risiko konseptual	menganggap kalor sebagai fluida material	Menentukan titik rawan miskonsepsi
Arah intervensi	mendiagnosis pola kategorisasi peserta didik	Mengarahkan pembelajaran dan asesmen

3.4.1 Pengertian Kategori Ontologis

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa sebagian miskonsepsi bertahan karena konsep ilmiah ditempatkan pada kategori ontologis yang keliru sehingga memerlukan perubahan cara mengategorikan entitas dan proses. Definisi operasional perlu memuat ciri, fungsi, kondisi penggunaan, serta perbedaannya dari istilah yang berdekatan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Chi; Chi, Slotta, dan de Leeuw; Tümay menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Kasus kesetimbangan kimia sebagai proses dinamis memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada

satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, pengertian kategori ontologis tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah memperlakukan proses sebagai benda atau bahan. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengkoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada menandai perbedaan antara entitas, proses langsung, dan proses emergen. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dalam praktik kelas, pengertian kategori ontologis perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus kesetimbangan kimia sebagai proses dinamis dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan menandai perbedaan antara entitas, proses langsung, dan proses emergen menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahannya.

3.4.2 Entitas, Proses, dan Keadaan Mental

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa sebagian miskonsepsi bertahan karena konsep ilmiah ditempatkan pada kategori ontologis yang keliru sehingga memerlukan perubahan cara mengategorikan entitas dan proses. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Chi; Chi, Slotta, dan de Leeuw; Tümay menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung

bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Contoh difusi sebagai pola emergen dari gerak acak menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks entitas, proses, dan keadaan mental, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menganggap sifat emergen dimiliki satu partikel. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Strategi yang relevan mencakup menggunakan simulasi agregat dan model stokastik. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa entitas, proses, dan keadaan mental tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus difusi sebagai pola emergen dari gerak acak, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan menggunakan simulasi agregat dan model stokastik dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.4.3 Kesalahan Kategorisasi Ontologis

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa sebagian miskonsepsi bertahan karena konsep ilmiah ditempatkan pada kategori ontologis yang keliru sehingga memerlukan perubahan cara mengategorikan entitas dan proses. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam

komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Chi; Chi, Slotta, dan de Leeuw; Tümay menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada suhu sebagai sifat kolektif sistem. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, kesalahan kategorisasi ontologis perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah menjelaskan kesetimbangan sebagai dua zat yang seimbang secara fisik. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Implikasi pembelajarannya adalah membandingkan penjelasan tingkat partikel dan tingkat sistem. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dalam praktik kelas, kesalahan kategorisasi ontologis perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus suhu sebagai sifat kolektif sistem dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan membandingkan penjelasan tingkat partikel dan tingkat sistem menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.4.4 Proses Langsung dan Proses Emergen

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa sebagian miskonsepsi bertahan karena konsep ilmiah ditempatkan pada kategori ontologis yang keliru sehingga memerlukan perubahan cara

mengategorikan entitas dan proses. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Chi; Chi, Slotta, dan de Leeuw; Tümay menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada arus listrik sebagai proses, bukan zat. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, proses langsung dan proses emergen perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah menganggap kalor sebagai fluida material. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada mengembangkan bahasa proses. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, proses langsung dan proses emergen menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada arus listrik sebagai proses, bukan zat, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi mengembangkan bahasa proses perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.4.5 Sifat Emergen dalam Sistem Kimia

Dalam konteks pendidikan kimia, titik tolak yang perlu ditegaskan ialah bahwa sebagian miskonsepsi bertahan karena konsep ilmiah ditempatkan pada kategori ontologis yang keliru sehingga memerlukan perubahan cara mengategorikan entitas dan proses. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Chi; Chi, Slotta, dan de Leeuw; Tümay menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada entropi sebagai besaran sistem dan distribusi keadaan. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, sifat emergen dalam sistem kimia perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah menggunakan kategori ontologis secara kaku. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengkoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Implikasi pembelajarannya adalah mendiagnosis pola kategorisasi peserta didik. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dalam praktik kelas, sifat emergen dalam sistem kimia perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus entropi sebagai besaran sistem dan distribusi keadaan dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang

berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan mendiagnosis pola kategorisasi peserta didik menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.4.6 Keseimbangan sebagai Proses Dinamis

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa sebagian miskonsepsi bertahan karena konsep ilmiah ditempatkan pada kategori ontologis yang keliru sehingga memerlukan perubahan cara mengategorikan entitas dan proses. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Chi; Chi, Slotta, dan de Leeuw; Tümay menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Contoh keseimbangan kimia sebagai proses dinamis menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks keseimbangan sebagai proses dinamis, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah memperlakukan proses sebagai benda atau bahan. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan menandai perbedaan antara entitas, proses langsung, dan proses emergen. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, keseimbangan sebagai proses dinamis menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen,

atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada kesetimbangan kimia sebagai proses dinamis, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi menandai perbedaan antara entitas, proses langsung, dan proses emergen perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan kesetimbangan kimia sebagai proses dinamis?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi menandai perbedaan antara entitas, proses langsung, dan proses emergen dapat diterapkan secara bertahap?

3.4.7 Difusi dan Gerak Acak Partikel

Kerangka ini memandang bahwa sebagian miskonsepsi bertahan karena konsep ilmiah ditempatkan pada kategori ontologis yang keliru sehingga memerlukan perubahan cara mengategorikan entitas dan proses. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Chi; Chi, Slotta, dan de Leeuw; Tümay membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Contoh difusi sebagai pola emergen dari gerak acak menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks difusi dan gerak acak partikel, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah menganggap sifat emergen dimiliki satu partikel. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung

oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Implikasi pembelajarannya adalah menggunakan simulasi agregat dan model stokastik. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dari sisi penelitian pembelajaran, difusi dan gerak acak partikel menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada difusi sebagai pola emergen dari gerak acak, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi menggunakan simulasi agregat dan model stokastik perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.4.8 Suhu dan Energi Kinetik Kolektif

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa sebagian miskonsepsi bertahan karena konsep ilmiah ditempatkan pada kategori ontologis yang keliru sehingga memerlukan perubahan cara mengategorikan entitas dan proses. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Chi; Chi, Slotta, dan de Leeuw; Tümay menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Contoh suhu sebagai sifat kolektif sistem menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks suhu dan energi kinetik kolektif, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah menjelaskan kesetimbangan sebagai dua zat yang seimbang secara fisik. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak

mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan membandingkan penjelasan tingkat partikel dan tingkat sistem. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembaran, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, suhu dan energi kinetik kolektif menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada suhu sebagai sifat kolektif sistem, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi membandingkan penjelasan tingkat partikel dan tingkat sistem perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.4.9 Kalor sebagai Transfer Energi

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa sebagian miskonsepsi bertahan karena konsep ilmiah ditempatkan pada kategori ontologis yang keliru sehingga memerlukan perubahan cara mengategorikan entitas dan proses. Keberhasilan sejati terlihat ketika konsep digunakan untuk menghasilkan prediksi dan penjelasan pada situasi yang belum pernah dilatihkan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Chi; Chi, Slotta, dan de Leeuw; Tümay menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Kasus arus listrik sebagai proses, bukan zat memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, kalor sebagai transfer energi tidak cukup dibahas melalui satu contoh

tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah menganggap kalor sebagai fluida material. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Strategi yang relevan mencakup mengembangkan bahasa proses. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa kalor sebagai transfer energi tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus arus listrik sebagai proses, bukan zat, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan mengembangkan bahasa proses dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

Batas penting dari pembahasan ini ialah kategori ontologis membantu menjelaskan ketahanan miskonsepsi, tetapi batas kategori dan cara pergeseran terjadi masih diperdebatkan. Perubahan konseptual tidak selalu dapat diamati melalui peningkatan skor langsung. Peserta didik dapat menekan gagasan lama ketika mengerjakan soal sekolah, tetapi mengaktifkannya kembali pada konteks sehari-hari. Karena itu, bukti perubahan perlu dikumpulkan lintas waktu, representasi, dan situasi.

3.4.10 Arus Listrik dalam Sistem Elektrokimia

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa sebagian miskonsepsi bertahan karena konsep ilmiah ditempatkan pada kategori ontologis yang keliru sehingga memerlukan perubahan cara mengategorikan entitas dan proses. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Chi; Chi, Slotta, dan de Leeuw; Tümay menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan

informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Dalam pembelajaran kimia, entropi sebagai besaran sistem dan distribusi keadaan menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan arus listrik dalam sistem elektrokimia sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah menggunakan kategori ontologis secara kaku. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada mendiagnosis pola kategorisasi peserta didik. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan arus listrik dalam sistem elektrokimia dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai entropi sebagai besaran sistem dan distribusi keadaan sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi mendiagnosis pola kategorisasi peserta didik, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.4.11 Entropi dan Distribusi Mikrokeadaan

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa sebagian miskonsepsi bertahan karena konsep ilmiah ditempatkan pada kategori ontologis yang keliru sehingga memerlukan perubahan cara mengategorikan entitas dan proses. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Chi; Chi, Slotta, dan de Leeuw; Tümay menekankan bahwa

perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Dalam pembelajaran kimia, kesetimbangan kimia sebagai proses dinamis menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan entropi dan distribusi mikrokeadaan sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah memperlakukan proses sebagai benda atau bahan. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Implikasi pembelajarannya adalah menandai perbedaan antara entitas, proses langsung, dan proses emergen. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan entropi dan distribusi mikrokeadaan dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai kesetimbangan kimia sebagai proses dinamis sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi menandai perbedaan antara entitas, proses langsung, dan proses emergen, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.4.12 Bahasa Benda dalam Penjelasan Proses

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa sebagian miskonsepsi bertahan karena konsep ilmiah ditempatkan pada kategori ontologis yang keliru sehingga memerlukan perubahan cara mengategorikan entitas dan proses. Bahasa mengatur cara peserta didik membingkai entitas, proses, sebab, dan bukti; karena itu pilihan istilah dapat membuka atau justru membatasi penalaran.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan

bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Chi; Chi, Slotta, dan de Leeuw; Tümay menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Dalam pembelajaran kimia, difusi sebagai pola emergen dari gerak acak menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan bahasa benda dalam penjelasan proses sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah menganggap sifat emergen dimiliki satu partikel. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada menggunakan simulasi agregat dan model stokastik. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, bahasa benda dalam penjelasan proses menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada difusi sebagai pola emergen dari gerak acak, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi menggunakan simulasi agregat dan model stokastik perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan difusi sebagai pola emergen dari gerak acak?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?

- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi menggunakan simulasi agregat dan model stokastik dapat diterapkan secara bertahap?

3.4.13 Peran Simulasi dalam Pergeseran Ontologis

Dalam konteks pendidikan kimia, titik tolak yang perlu ditegaskan ialah bahwa sebagian miskonsepsi bertahan karena konsep ilmiah ditempatkan pada kategori ontologis yang keliru sehingga memerlukan perubahan cara mengategorikan entitas dan proses. Setiap representasi menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain, sehingga fungsi serta keterbatasannya harus dijelaskan secara eksplisit.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Chi; Chi, Slotta, dan de Leeuw; Tümay menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada suhu sebagai sifat kolektif sistem. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, peran simulasi dalam pergeseran ontologis perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada menjelaskan kesetimbangan sebagai dua zat yang seimbang secara fisik. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Strategi yang relevan mencakup membandingkan penjelasan tingkat partikel dan tingkat sistem. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban

ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Dalam praktik kelas, peran simulasi dalam pergeseran ontologis perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus suhu sebagai sifat kolektif sistem dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan membandingkan penjelasan tingkat partikel dan tingkat sistem menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.4.14 Representasi Kolektif dan Representasi Individual

Analisis konseptual menunjukkan bahwa sebagian miskonsepsi bertahan karena konsep ilmiah ditempatkan pada kategori ontologis yang keliru sehingga memerlukan perubahan cara mengategorikan entitas dan proses. Setiap representasi menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain, sehingga fungsi serta keterbatasannya harus dijelaskan secara eksplisit.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Chi; Chi, Slotta, dan de Leeuw; Tümay menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Dalam pembelajaran kimia, arus listrik sebagai proses, bukan zat menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan representasi kolektif dan representasi individual sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada menganggap kalor sebagai fluida material. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan mengembangkan bahasa proses. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi

berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa representasi kolektif dan representasi individual tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus arus listrik sebagai proses, bukan zat, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan mengembangkan bahasa proses dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.4.15 Diagnosis Kesalahan Kategori

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa sebagian miskonsepsi bertahan karena konsep ilmiah ditempatkan pada kategori ontologis yang keliru sehingga memerlukan perubahan cara mengategorikan entitas dan proses. Bukti diagnosis harus dikumpulkan dari alasan, representasi, konsistensi lintas konteks, dan tingkat keyakinan, bukan dari skor tunggal.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Chi; Chi, Slotta, dan de Leeuw; Tümay menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Dalam pembelajaran kimia, entropi sebagai besaran sistem dan distribusi keadaan menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan diagnosis kesalahan kategori sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menggunakan kategori ontologis secara kaku. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Implikasi pembelajarannya adalah mendiagnosis pola kategorisasi peserta didik. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan diagnosis kesalahan kategori dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai entropi sebagai besaran sistem dan distribusi keadaan sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi mendiagnosis pola kategorisasi peserta didik, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.4.16 Strategi Pengajaran Proses Emergen

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa sebagian miskonsepsi bertahan karena konsep ilmiah ditempatkan pada kategori ontologis yang keliru sehingga memerlukan perubahan cara mengategorikan entitas dan proses. Peran guru adalah mengatur urutan pengalaman, pertanyaan, bukti, dan refleksi yang membuat peserta didik dapat menilai serta merevisi gagasannya. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Chi; Chi, Slotta, dan de Leeuw; Tümay menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Dalam pembelajaran kimia, kesetimbangan kimia sebagai proses dinamis menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan strategi pengajaran proses emergen sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah memperlakukan proses sebagai benda atau bahan. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber

keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan menandai perbedaan antara entitas, proses langsung, dan proses emergen. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, strategi pengajaran proses emergen menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada kesetimbangan kimia sebagai proses dinamis, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi menandai perbedaan antara entitas, proses langsung, dan proses emergen perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.4.17 Kritik terhadap Kategori Ontologis Kaku

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa sebagian miskonsepsi bertahan karena konsep ilmiah ditempatkan pada kategori ontologis yang keliru sehingga memerlukan perubahan cara mengategorikan entitas dan proses. Analisis kritis diperlukan agar teori tidak berubah menjadi slogan pedagogis yang diterapkan tanpa mempertimbangkan domain konsep dan kondisi kelas.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Chi; Chi, Slotta, dan de Leeuw; Tümay menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Dalam pembelajaran kimia, difusi sebagai pola emergen dari gerak acak menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan kritik terhadap kategori ontologis kaku sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah menganggap sifat emergen dimiliki satu partikel. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengkoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Implikasi pembelajarannya adalah menggunakan simulasi agregat dan model stokastik. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa kritik terhadap kategori ontologis kaku tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus difusi sebagai pola emergen dari gerak acak, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan menggunakan simulasi agregat dan model stokastik dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.4.18 Implikasi bagi Konsep Kimia Abstrak

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa sebagian miskonsepsi bertahan karena konsep ilmiah ditempatkan pada kategori ontologis yang keliru sehingga memerlukan perubahan cara mengategorikan entitas dan proses. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Chi; Chi, Slotka, dan de Leeuw; Tümay menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Contoh suhu sebagai sifat kolektif sistem menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks implikasi bagi konsep kimia abstrak, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering

mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah menjelaskan kesetimbangan sebagai dua zat yang seimbang secara fisik. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Strategi yang relevan mencakup membandingkan penjelasan tingkat partikel dan tingkat sistem. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Dalam praktik kelas, implikasi bagi konsep kimia abstrak perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus suhu sebagai sifat kolektif sistem dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan membandingkan penjelasan tingkat partikel dan tingkat sistem menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan suhu sebagai sifat kolektif sistem?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi membandingkan penjelasan tingkat partikel dan tingkat sistem dapat diterapkan secara bertahap?

Catatan kritisnya, kategori ontologis membantu menjelaskan ketahanan miskonsepsi, tetapi batas kategori dan cara pergeseran terjadi masih diperdebatkan. Teori tidak boleh diperlakukan sebagai resep tunggal. Efektivitas strategi dipengaruhi oleh karakter konsep, kesiapan prasyarat, norma interaksi kelas, bahasa yang digunakan, dan tujuan asesmen. Guru

perlu menjaga keseimbangan antara penyederhanaan yang membantu dan distorsi yang justru menanamkan hambatan baru.

3.4.19 Sintesis Ontological Shift dalam Pembelajaran Sains

Pembahasan ontological shift dalam pembelajaran sains menunjukkan bahwa sebagian miskonsepsi bertahan karena konsep ilmiah ditempatkan pada kategori ontologis yang keliru sehingga memerlukan perubahan cara mengategorikan entitas dan proses. Kerangka ini membantu menjelaskan mengapa peserta didik dapat mempertahankan gagasan yang tidak selaras dengan ilmu sekalipun telah menerima penjelasan dan latihan. Kesulitan tersebut muncul karena belajar melibatkan interaksi antara struktur kognitif, representasi, bukti, bahasa, dan konteks penggunaan konsep.

Bagi pembelajaran kimia, implikasi utamanya ialah perlunya menandai perbedaan antara entitas, proses langsung, dan proses emergen, menggunakan simulasi agregat dan model stokastik, dan membandingkan penjelasan tingkat partikel dan tingkat sistem. Guru perlu menilai perubahan pada kualitas alasan dan kemampuan transfer, bukan hanya pada jawaban akhir. Kerangka ini akan menjadi lebih kuat apabila dipadukan dengan perspektif lain dalam bab ini, sebab tidak satu teori pun menjelaskan seluruh dimensi perubahan konseptual.

Keterbatasan yang harus diingat adalah bahwa kategori ontologis membantu menjelaskan ketahanan miskonsepsi, tetapi batas kategori dan cara pergeseran terjadi masih diperdebatkan. Oleh karena itu, penggunaan teori perlu bersifat diagnostik dan reflektif. Guru memilih strategi berdasarkan karakter konsep, pengetahuan awal, tingkat perkembangan representasional, kondisi afektif, dan bukti respons peserta didik selama pembelajaran.

3.5 Knowledge in Pieces

Knowledge in Pieces merupakan salah satu kerangka penting untuk memahami mengapa penjelasan yang telah diberikan guru tidak selalu menghasilkan struktur pemahaman yang dimaksudkan. Bagian ini memusatkan perhatian pada pengetahuan peserta didik dapat tersusun dari sumber-sumber kecil yang diaktifkan secara kontekstual dan belum selalu terkoordinasi menjadi teori yang utuh. Dalam pendidikan kimia, proses tersebut menjadi sangat penting karena peserta didik harus menghubungkan fenomena yang dapat diamati dengan model partikel, simbol, grafik, persamaan, dan hubungan matematis.

Kerangka knowledge in pieces membantu membedakan belajar sebagai penambahan informasi dari belajar sebagai reorganisasi makna. Peserta didik dapat menghafal istilah, mengikuti algoritma, atau memperoleh jawaban numerik yang benar tanpa mengubah model yang digunakan untuk menjelaskan fenomena. Oleh karena itu, analisis harus diarahkan pada relasi antarkonsep, mekanisme kausal, kondisi penerapan, dan kemampuan berpindah antarrepresentasi.

Dalam literatur, pembahasan ini berkaitan dengan karya diSessa; Smith, diSessa, dan Roschelle. Masing-masing menawarkan penekanan berbeda, tetapi seluruhnya mengakui

peran aktif struktur pengetahuan yang telah dimiliki peserta didik. Konsepsi awal tidak selalu berupa teori yang lengkap; konsepsi dapat berbentuk model, aturan intuitif, metafora, fragmen pengetahuan, atau keyakinan epistemologis yang aktif pada situasi tertentu.

Contoh kimia seperti intuisi lebih banyak partikel berarti tekanan lebih besar, gagasan bahwa yang lebih berat bergerak lebih lambat, pemaknaan stabil sebagai tidak bergerak memperlihatkan bahwa satu fenomena dapat ditafsirkan melalui beberapa kerangka. Guru perlu mengetahui alasan di balik respons peserta didik agar dapat menentukan apakah masalah berasal dari konsep prasyarat, bahasa, representasi, kategori ontologis, beban kognitif, atau faktor motivasional.

Tujuan subbab ini bukan hanya menjelaskan teori, tetapi menurunkan implikasi praktis bagi diagnosis, desain pembelajaran, penggunaan model, pengelolaan diskusi, dan asesmen perubahan konsep. Fokus akhirnya adalah membantu peserta didik membangun pengetahuan kimia yang koheren, dapat digunakan, serta tahan terhadap perubahan konteks.

Dimensi Kajian	Uraian Utama	Fungsi Pedagogis
Landasan teoretis	pengetahuan peserta didik dapat tersusun dari sumber-sumber kecil yang diaktifkan secara kontekstual dan belum selalu terkoordinasi menjadi teori yang utuh	Menjelaskan ruang lingkup knowledge in pieces
Objek diagnosis	Alasan, model, representasi, konsistensi, dan keyakinan peserta didik	Menghindari kesimpulan dari jawaban benar-salah saja
Contoh kimia	pemaknaan stabil sebagai tidak bergerak	Menghubungkan teori dengan konten disipliner
Risiko konseptual	menilai pengetahuan hanya melalui definisi	Menentukan titik rawan miskonsepsi
Arah intervensi	menilai pola respons secara lintas tugas	Mengarahkan pembelajaran dan asesmen

3.5.1 Asal-usul Perspektif Knowledge in Pieces

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa pengetahuan peserta didik dapat tersusun dari sumber-sumber kecil yang diaktifkan secara kontekstual dan belum selalu terkoordinasi menjadi teori yang utuh. Pembahasan historis memperlihatkan bahwa teori berkembang sebagai respons terhadap keterbatasan pandangan transmisi dan temuan tentang kuatnya gagasan awal peserta didik.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. diSessa;

Smith, diSessa, dan Roschelle membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada intuisi lebih banyak partikel berarti tekanan lebih besar. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, asal-usul perspektif *knowledge in pieces* perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menganggap setiap respons salah berasal dari satu miskonsepsi yang koheren. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Strategi yang relevan mencakup memetakan sumber penalaran yang diaktifkan. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Dalam praktik kelas, asal-usul perspektif *knowledge in pieces* perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus intuisi lebih banyak partikel berarti tekanan lebih besar dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan memetakan sumber penalaran yang diaktifkan menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.5.2 Phenomenological Primitives atau P-Prims

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa pengetahuan peserta didik dapat tersusun dari sumber-sumber kecil yang diaktifkan secara kontekstual dan belum selalu terkoordinasi menjadi teori yang utuh. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang

memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. diSessa; Smith, diSessa, dan Roschelle menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Dalam pembelajaran kimia, gagasan bahwa yang lebih berat bergerak lebih lambat menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan phenomenological primitives atau p-prims sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah mengabaikan variasi respons lintas konteks. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan membangun koordinasi antarsumber produktif. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan phenomenological primitives atau p-prims dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai gagasan bahwa yang lebih berat bergerak lebih lambat sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi membangun koordinasi antarsumber produktif, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.5.3 Sumber Pengetahuan dan Aktivasi Kontekstual

Analisis konseptual menunjukkan bahwa pengetahuan peserta didik dapat tersusun dari sumber-sumber kecil yang diaktifkan secara kontekstual dan belum selalu terkoordinasi

menjadi teori yang utuh. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. diSessa; Smith, diSessa, dan Roschelle menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada pemaknaan stabil sebagai tidak bergerak. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, sumber pengetahuan dan aktivasi kontekstual perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah menghapus intuisi yang sebenarnya dapat menjadi sumber produktif. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Implikasi pembelajarannya adalah menggunakan variasi konteks dan perbandingan kasus. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dalam praktik kelas, sumber pengetahuan dan aktivasi kontekstual perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus pemaknaan stabil sebagai tidak bergerak dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan menggunakan variasi konteks dan perbandingan kasus menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.5.4 Koordinasi Sumber menjadi Penjelasan

Kerangka ini memandang bahwa pengetahuan peserta didik dapat tersusun dari sumber-sumber kecil yang diaktifkan secara kontekstual dan belum selalu terkoordinasi menjadi teori yang utuh. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif diSessa; Smith, diSessa, dan Roschelle menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Dalam pembelajaran kimia, aturan bahwa reaksi yang menghasilkan panas pasti spontan menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan koordinasi sumber menjadi penjelasan sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah menilai pengetahuan hanya melalui definisi. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada mengembangkan kontrol metakognitif. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, koordinasi sumber menjadi penjelasan menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada aturan bahwa reaksi yang menghasilkan panas pasti spontan, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi mengembangkan kontrol metakognitif perlu dievaluasi melalui bukti

tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.5.5 Fragmentasi dan Koherensi Pengetahuan

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa pengetahuan peserta didik dapat tersusun dari sumber-sumber kecil yang diaktifkan secara kontekstual dan belum selalu terkoordinasi menjadi teori yang utuh. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. diSessa; Smith, diSessa, dan Roschelle menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada anggapan konsentrasi lebih besar selalu berarti asam lebih kuat. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, fragmentasi dan koherensi pengetahuan perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah gagal membedakan aktivasi sumber dan kepemilikan konsep. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada menilai pola respons secara lintas tugas. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa fragmentasi dan koherensi pengetahuan tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus anggapan konsentrasi lebih besar selalu berarti asam lebih kuat, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum

mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan menilai pola respons secara lintas tugas dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.5.6 Intuisi Produktif dalam Belajar Kimia

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa pengetahuan peserta didik dapat tersusun dari sumber-sumber kecil yang diaktifkan secara kontekstual dan belum selalu terkoordinasi menjadi teori yang utuh. Keberhasilan sejati terlihat ketika konsep digunakan untuk menghasilkan prediksi dan penjelasan pada situasi yang belum pernah dilatihkan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. diSessa; Smith, diSessa, dan Roschelle menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Kasus intuisi lebih banyak partikel berarti tekanan lebih besar memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, intuisi produktif dalam belajar kimia tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menganggap setiap respons salah berasal dari satu miskonsepsi yang koheren. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Strategi yang relevan mencakup memetakan sumber penalaran yang diaktifkan. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Dari sisi penelitian pembelajaran, intuisi produktif dalam belajar kimia menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada intuisi lebih banyak partikel berarti tekanan lebih besar, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi memetakan sumber penalaran yang diaktifkan perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan intuisi lebih banyak partikel berarti tekanan lebih besar?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi memetakan sumber penalaran yang diaktifkan dapat diterapkan secara bertahap?

3.5.7 Intuisi yang Menyesatkan

Dalam konteks pendidikan kimia, titik tolak yang perlu ditegaskan ialah bahwa pengetahuan peserta didik dapat tersusun dari sumber-sumber kecil yang diaktifkan secara kontekstual dan belum selalu terkoordinasi menjadi teori yang utuh. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. diSessa; Smith, diSessa, dan Roschelle menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Kasus gagasan bahwa yang lebih berat bergerak lebih lambat memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, intuisi yang menyesatkan tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada mengabaikan variasi respons lintas konteks. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan membangun koordinasi antarsumber produktif. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembaran, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, intuisi yang menyesatkan menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada gagasan bahwa yang lebih berat bergerak lebih lambat, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi membangun koordinasi antarsumber produktif perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.5.8 Aturan Intuitif dan Ciri Permukaan

Dalam konteks pendidikan kimia, titik tolak yang perlu ditegaskan ialah bahwa pengetahuan peserta didik dapat tersusun dari sumber-sumber kecil yang diaktifkan secara kontekstual dan belum selalu terkoordinasi menjadi teori yang utuh. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. diSessa; Smith, diSessa, dan Roschelle menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Contoh pemaknaan stabil sebagai tidak bergerak menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks aturan intuitif dan ciri permukaan, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering

mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah menghapus intuisi yang sebenarnya dapat menjadi sumber produktif. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan menggunakan variasi konteks dan perbandingan kasus. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, aturan intuitif dan ciri permukaan menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada pemaknaan stabil sebagai tidak bergerak, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi menggunakan variasi konteks dan perbandingan kasus perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.5.9 Epistemological Resources

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa pengetahuan peserta didik dapat tersusun dari sumber-sumber kecil yang diaktifkan secara kontekstual dan belum selalu terkoordinasi menjadi teori yang utuh. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif diSessa; Smith, diSessa, dan Roschelle menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Dalam pembelajaran kimia, aturan bahwa reaksi yang menghasilkan panas pasti spontan menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan.

Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan epistemological resources sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah menilai pengetahuan hanya melalui definisi. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan mengembangkan kontrol metakognitif. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa epistemological resources tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus aturan bahwa reaksi yang menghasilkan panas pasti spontan, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan mengembangkan kontrol metakognitif dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

Perlu ditekankan bahwa pandangan pengetahuan terfragmentasi tidak berarti pengetahuan selalu acak; sumber-sumber dapat membentuk pola stabil dan koordinasi yang semakin koheren. Dalam pendidikan kimia, model dan aturan selalu memiliki domain penerapan. Pembelajaran yang menyajikan penjelasan ilmiah sebagai kalimat final tanpa asumsi dapat menghasilkan kepastian semu. Peserta didik perlu memahami kekuatan sekaligus keterbatasan model yang digunakan.

3.5.10 Coordination Classes

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa pengetahuan peserta didik dapat tersusun dari sumber-sumber kecil yang diaktifkan secara kontekstual dan belum selalu terkoordinasi menjadi teori yang utuh. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model,

membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. diSessa; Smith, diSessa, dan Roschelle menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Contoh anggapan konsentrasi lebih besar selalu berarti asam lebih kuat menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks coordination classes, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah gagal membedakan aktivasi sumber dan kepemilikan konsep. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Strategi yang relevan mencakup menilai pola respons secara lintas tugas. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan coordination classes dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai anggapan konsentrasi lebih besar selalu berarti asam lebih kuat sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi menilai pola respons secara lintas tugas, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.5.11 Perubahan Konsep sebagai Reorganisasi Sumber

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa pengetahuan peserta didik dapat tersusun dari sumber-sumber kecil yang diaktifkan secara kontekstual dan belum selalu terkoordinasi menjadi teori yang utuh. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model,

membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. diSessa; Smith, diSessa, dan Roschelle menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Kasus intuisi lebih banyak partikel berarti tekanan lebih besar memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, perubahan konsep sebagai reorganisasi sumber tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah menganggap setiap respons salah berasal dari satu miskonsepsi yang koheren. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan memetakan sumber penalaran yang diaktifkan. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembaran, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa perubahan konsep sebagai reorganisasi sumber tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus intuisi lebih banyak partikel berarti tekanan lebih besar, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan memetakan sumber penalaran yang diaktifkan dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.5.12 Variasi Respons pada Konteks Berbeda

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa pengetahuan peserta didik dapat tersusun dari sumber-sumber kecil yang diaktifkan secara kontekstual dan belum selalu terkoordinasi menjadi teori yang utuh. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi

pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. diSessa; Smith, diSessa, dan Roschelle menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Dalam pembelajaran kimia, gagasan bahwa yang lebih berat bergerak lebih lambat menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan variasi respons pada konteks berbeda sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah mengabaikan variasi respons lintas konteks. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada membangun koordinasi antarsumber produktif. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dalam praktik kelas, variasi respons pada konteks berbeda perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus gagasan bahwa yang lebih berat bergerak lebih lambat dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan membangun koordinasi antarsumber produktif menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan gagasan bahwa yang lebih berat bergerak lebih lambat?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?

- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi membangun koordinasi antarsumber produktif dapat diterapkan secara bertahap?

3.5.13 Konsistensi Lokal dan Inkonsistensi Global

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa pengetahuan peserta didik dapat tersusun dari sumber-sumber kecil yang diaktifkan secara kontekstual dan belum selalu terkoordinasi menjadi teori yang utuh. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. diSessa; Smith, diSessa, dan Roschelle menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Contoh pemaknaan stabil sebagai tidak bergerak menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks konsistensi lokal dan inkonsistensi global, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada menghapus intuisi yang sebenarnya dapat menjadi sumber produktif. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada menggunakan variasi konteks dan perbandingan kasus. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan konsistensi lokal dan inkonsistensi global dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai pemaknaan stabil sebagai tidak bergerak sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi menggunakan variasi konteks dan perbandingan kasus, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.5.14 Diagnosis Berbasis Pola Aktivasi

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa pengetahuan peserta didik dapat tersusun dari sumber-sumber kecil yang diaktifkan secara kontekstual dan belum selalu terkoordinasi menjadi teori yang utuh. Bukti diagnosis harus dikumpulkan dari alasan, representasi, konsistensi lintas konteks, dan tingkat keyakinan, bukan dari skor tunggal.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. diSessa; Smith, diSessa, dan Roschelle menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Contoh aturan bahwa reaksi yang menghasilkan panas pasti spontan menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks diagnosis berbasis pola aktivasi, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah menilai pengetahuan hanya melalui definisi. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Implikasi pembelajarannya adalah mengembangkan kontrol metakognitif. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa diagnosis berbasis pola aktivasi tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus aturan bahwa reaksi yang menghasilkan panas pasti spontan, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan mengembangkan kontrol metakognitif dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.5.15 Desain Tugas untuk Mengungkap Sumber Penalaran

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa pengetahuan peserta didik dapat tersusun dari sumber-sumber kecil yang diaktifkan secara kontekstual dan belum selalu terkoordinasi menjadi teori yang utuh. Bukti diagnosis harus dikumpulkan dari alasan, representasi, konsistensi lintas konteks, dan tingkat keyakinan, bukan dari skor tunggal.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. diSessa; Smith, diSessa, dan Roschelle menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Kasus anggapan konsentrasi lebih besar selalu berarti asam lebih kuat memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, desain tugas untuk mengungkap sumber penalaran tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah gagal membedakan aktivasi sumber dan kepemilikan konsep. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Strategi yang relevan mencakup menilai pola respons secara lintas tugas. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses

ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan desain tugas untuk mengungkap sumber penalaran dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai anggapan konsentrasi lebih besar selalu berarti asam lebih kuat sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi menilai pola respons secara lintas tugas, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.5.16 Pemanfaatan Sumber Produktif

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa pengetahuan peserta didik dapat tersusun dari sumber-sumber kecil yang diaktifkan secara kontekstual dan belum selalu terkoordinasi menjadi teori yang utuh. Keberhasilan sejati terlihat ketika konsep digunakan untuk menghasilkan prediksi dan penjelasan pada situasi yang belum pernah dilatihkan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. diSessa; Smith, diSessa, dan Roschelle menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Contoh intuisi lebih banyak partikel berarti tekanan lebih besar menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks pemanfaatan sumber produktif, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada menganggap setiap respons salah berasal dari satu miskonsepsi yang koheren. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada memetakan sumber penalaran yang diaktifkan. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik

menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan pemanfaatan sumber produktif dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai intuisi lebih banyak partikel berarti tekanan lebih besar sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi memetakan sumber penalaran yang diaktifkan, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.5.17 Perbandingan dengan Teori Miskonsepsi Koheren

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa pengetahuan peserta didik dapat tersusun dari sumber-sumber kecil yang diaktifkan secara kontekstual dan belum selalu terkoordinasi menjadi teori yang utuh. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. diSessa; Smith, diSessa, dan Roschelle menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Dalam pembelajaran kimia, gagasan bahwa yang lebih berat bergerak lebih lambat menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan perbandingan dengan teori miskonsepsi koheren sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah mengabaikan variasi respons lintas konteks. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada membangun koordinasi antarsumber produktif. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa perbandingan dengan teori miskonsepsi koheren tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus gagasan bahwa yang lebih berat bergerak lebih lambat, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan membangun koordinasi antarsumber produktif dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.5.18 Implikasi bagi Remediasi Kimia

Analisis konseptual menunjukkan bahwa pengetahuan peserta didik dapat tersusun dari sumber-sumber kecil yang diaktifkan secara kontekstual dan belum selalu terkoordinasi menjadi teori yang utuh. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. diSessa; Smith, diSessa, dan Roschelle menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada pemaknaan stabil sebagai tidak bergerak. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, implikasi bagi remediasi kimia perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada menghapus intuisi yang sebenarnya dapat menjadi sumber produktif. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah

bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Implikasi pembelajarannya adalah menggunakan variasi konteks dan perbandingan kasus. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dalam praktik kelas, implikasi bagi remediasi kimia perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus pemaknaan stabil sebagai tidak bergerak dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan menggunakan variasi konteks dan perbandingan kasus menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan pemaknaan stabil sebagai tidak bergerak?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi menggunakan variasi konteks dan perbandingan kasus dapat diterapkan secara bertahap?

Catatan kritisnya, pandangan pengetahuan terfragmentasi tidak berarti pengetahuan selalu acak; sumber-sumber dapat membentuk pola stabil dan koordinasi yang semakin koheren. Teori tidak boleh diperlakukan sebagai resep tunggal. Efektivitas strategi dipengaruhi oleh karakter konsep, kesiapan prasyarat, norma interaksi kelas, bahasa yang digunakan, dan tujuan asesmen. Guru perlu menjaga keseimbangan antara penyederhanaan yang membantu dan distorsi yang justru menanamkan hambatan baru.

3.5.19 Sintesis Knowledge in Pieces

Pembahasan knowledge in pieces menunjukkan bahwa pengetahuan peserta didik dapat tersusun dari sumber-sumber kecil yang diaktifkan secara kontekstual dan belum selalu terkoordinasi menjadi teori yang utuh. Kerangka ini membantu menjelaskan mengapa peserta didik dapat mempertahankan gagasan yang tidak selaras dengan ilmu sekalipun telah

menerima penjelasan dan latihan. Kesulitan tersebut muncul karena belajar melibatkan interaksi antara struktur kognitif, representasi, bukti, bahasa, dan konteks penggunaan konsep.

Bagi pembelajaran kimia, implikasi utamanya ialah perlunya memetakan sumber penalaran yang diaktifkan, membangun koordinasi antarsumber produktif, dan menggunakan variasi konteks dan perbandingan kasus. Guru perlu menilai perubahan pada kualitas alasan dan kemampuan transfer, bukan hanya pada jawaban akhir. Kerangka ini akan menjadi lebih kuat apabila dipadukan dengan perspektif lain dalam bab ini, sebab tidak satu teori pun menjelaskan seluruh dimensi perubahan konseptual.

Keterbatasan yang harus diingat adalah bahwa pandangan pengetahuan terfragmentasi tidak berarti pengetahuan selalu acak; sumber-sumber dapat membentuk pola stabil dan koordinasi yang semakin koheren. Oleh karena itu, penggunaan teori perlu bersifat diagnostik dan reflektif. Guru memilih strategi berdasarkan karakter konsep, pengetahuan awal, tingkat perkembangan representasional, kondisi afektif, dan bukti respons peserta didik selama pembelajaran.

3.6 Mental Model Peserta Didik

Mental Model Peserta Didik merupakan salah satu kerangka penting untuk memahami mengapa penjelasan yang telah diberikan guru tidak selalu menghasilkan struktur pemahaman yang dimaksudkan. Bagian ini memusatkan perhatian pada peserta didik membangun representasi internal tentang struktur, mekanisme, dan hubungan yang digunakan untuk mensimulasikan serta memprediksi perilaku sistem. Dalam pendidikan kimia, proses tersebut menjadi sangat penting karena peserta didik harus menghubungkan fenomena yang dapat diamati dengan model partikel, simbol, grafik, persamaan, dan hubungan matematis.

Kerangka mental model peserta didik membantu membedakan belajar sebagai penambahan informasi dari belajar sebagai reorganisasi makna. Peserta didik dapat menghafal istilah, mengikuti algoritma, atau memperoleh jawaban numerik yang benar tanpa mengubah model yang digunakan untuk menjelaskan fenomena. Oleh karena itu, analisis harus diarahkan pada relasi antarkonsep, mekanisme kausal, kondisi penerapan, dan kemampuan berpindah antarrepresentasi.

Dalam literatur, pembahasan ini berkaitan dengan karya Johnson-Laird; Vosniadou dan Brewer; Nersessian. Masing-masing menawarkan penekanan berbeda, tetapi seluruhnya mengakui peran aktif struktur pengetahuan yang telah dimiliki peserta didik. Konsepsi awal tidak selalu berupa teori yang lengkap; konsepsi dapat berbentuk model, aturan intuitif, metafora, fragmen pengetahuan, atau keyakinan epistemologis yang aktif pada situasi tertentu.

Contoh kimia seperti model atom sebagai tata surya mini, model pelarutan garam menjadi partikel yang hilang, model ikatan sebagai tongkat fisik memperlihatkan bahwa satu fenomena dapat ditafsirkan melalui beberapa kerangka. Guru perlu mengetahui alasan di balik respons peserta didik agar dapat menentukan apakah masalah berasal dari konsep prasyarat, bahasa, representasi, kategori ontologis, beban kognitif, atau faktor motivasional.

Tujuan subbab ini bukan hanya menjelaskan teori, tetapi menurunkan implikasi praktis bagi diagnosis, desain pembelajaran, penggunaan model, pengelolaan diskusi, dan asesmen perubahan konsep. Fokus akhirnya adalah membantu peserta didik membangun pengetahuan kimia yang koheren, dapat digunakan, serta tahan terhadap perubahan konteks.

Dimensi Kajian	Uraian Utama	Fungsi Pedagogis
Landasan teoretis	peserta didik membangun representasi internal tentang struktur, mekanisme, dan hubungan yang digunakan untuk mensimulasikan serta memprediksi perilaku sistem	Menjelaskan ruang lingkup mental model peserta didik
Objek diagnosis	Alasan, model, representasi, konsistensi, dan keyakinan peserta didik	Menghindari kesimpulan dari jawaban benar-salah saja
Contoh kimia	model ikatan sebagai tongkat fisik	Menghubungkan teori dengan konten disipliner
Risiko konseptual	menilai model hanya dari istilah yang digunakan	Menentukan titik rawan miskonsepsi
Arah intervensi	menilai konsistensi model lintas situasi	Mengarahkan pembelajaran dan asesmen

3.6.1 Pengertian Mental Model

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa peserta didik membangun representasi internal tentang struktur, mekanisme, dan hubungan yang digunakan untuk mensimulasikan serta memprediksi perilaku sistem. Definisi operasional perlu memuat ciri, fungsi, kondisi penggunaan, serta perbedaannya dari istilah yang berdekatan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Johnson-Laird; Vosniadou dan Brewer; Nersessian menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada model atom sebagai tata surya mini. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat

makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, pengertian mental model perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada menyamakan model mental dengan gambar yang dihasilkan. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Strategi yang relevan mencakup mengungkap model melalui gambar, prediksi, dan penjelasan. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Dalam praktik kelas, pengertian mental model perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus model atom sebagai tata surya mini dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan mengungkap model melalui gambar, prediksi, dan penjelasan menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.6.2 Model Mental sebagai Representasi Internal

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa peserta didik membangun representasi internal tentang struktur, mekanisme, dan hubungan yang digunakan untuk mensimulasikan serta memprediksi perilaku sistem. Setiap representasi menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain, sehingga fungsi serta keterbatasannya harus dijelaskan secara eksplisit.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Johnson-Laird; Vosniadou dan Brewer; Nersessian menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada model pelarutan garam menjadi partikel yang hilang. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, model mental sebagai representasi internal perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menganggap satu peserta didik memiliki satu model stabil. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Strategi yang relevan mencakup membandingkan model internal dengan representasi eksternal. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa model mental sebagai representasi internal tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus model pelarutan garam menjadi partikel yang hilang, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan membandingkan model internal dengan representasi eksternal dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.6.3 Hubungan Model Mental dan Model Ilmiah

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa peserta didik membangun representasi internal tentang struktur, mekanisme, dan hubungan yang digunakan untuk mensimulasikan serta memprediksi perilaku sistem. Setiap representasi menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain, sehingga fungsi serta keterbatasannya harus dijelaskan secara eksplisit.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Johnson-Laird;

Vosniadou dan Brewer; Nersessian menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Dalam pembelajaran kimia, model ikatan sebagai tongkat fisik menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan hubungan model mental dan model ilmiah sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada memperlakukan model ilmiah sebagai salinan realitas. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada memfasilitasi revisi berbasis bukti. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa hubungan model mental dan model ilmiah tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus model ikatan sebagai tongkat fisik, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan memfasilitasi revisi berbasis bukti dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.6.4 Model Mental Statis dan Dinamis

Kerangka ini memandang bahwa peserta didik membangun representasi internal tentang struktur, mekanisme, dan hubungan yang digunakan untuk mensimulasikan serta memprediksi perilaku sistem. Setiap representasi menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain, sehingga fungsi serta keterbatasannya harus dijelaskan secara eksplisit. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Johnson-Laird;

Vosniadou dan Brewer; Nersessian menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Dalam pembelajaran kimia, model kesetimbangan sebagai reaksi yang berhenti menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan model mental statis dan dinamis sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah menilai model hanya dari istilah yang digunakan. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan menggunakan pemodelan dinamis. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan model mental statis dan dinamis dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai model kesetimbangan sebagai reaksi yang berhenti sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi menggunakan pemodelan dinamis, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.6.5 Model Mental Analogis

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa peserta didik membangun representasi internal tentang struktur, mekanisme, dan hubungan yang digunakan untuk mensimulasikan serta memprediksi perilaku sistem. Setiap representasi menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain, sehingga fungsi serta keterbatasannya harus dijelaskan secara eksplisit.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu,

pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Johnson-Laird; Vosniadou dan Brewer; Nersessian menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Contoh model gas dengan partikel terkumpul di dasar wadah menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks model mental analogis, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada mengabaikan aspek dinamis dan temporal. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada menilai konsistensi model lintas situasi. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dalam praktik kelas, model mental analogis perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus model gas dengan partikel terkumpul di dasar wadah dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan menilai konsistensi model lintas situasi menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.6.6 Model Mental Sintetik

Dalam konteks pendidikan kimia, titik tolak yang perlu ditegaskan ialah bahwa peserta didik membangun representasi internal tentang struktur, mekanisme, dan hubungan yang digunakan untuk mensimulasikan serta memprediksi perilaku sistem. Setiap representasi menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain, sehingga fungsi serta keterbatasannya harus dijelaskan secara eksplisit.. Gagasan tersebut menempatkan

pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Johnson-Laird; Vosniadou dan Brewer; Nersessian membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Dalam pembelajaran kimia, model atom sebagai tata surya mini menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan model mental sintetik sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah menyamakan model mental dengan gambar yang dihasilkan. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada mengungkap model melalui gambar, prediksi, dan penjelasan. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dalam praktik kelas, model mental sintetik perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus model atom sebagai tata surya mini dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan mengungkap model melalui gambar, prediksi, dan penjelasan menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan model atom sebagai tata surya mini?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?

- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi mengungkap model melalui gambar, prediksi, dan penjelasan dapat diterapkan secara bertahap?

3.6.7 Pembentukan Model dari Pengalaman dan Bahasa

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa peserta didik membangun representasi internal tentang struktur, mekanisme, dan hubungan yang digunakan untuk mensimulasikan serta memprediksi perilaku sistem. Bahasa mengatur cara peserta didik membingkai entitas, proses, sebab, dan bukti; karena itu pilihan istilah dapat membuka atau justru membatasi penalaran.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Johnson-Laird; Vosniadou dan Brewer; Nersessian membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Dalam pembelajaran kimia, model pelarutan garam menjadi partikel yang hilang menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan pembentukan model dari pengalaman dan bahasa sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menganggap satu peserta didik memiliki satu model stabil. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Implikasi pembelajarannya adalah membandingkan model internal dengan representasi eksternal. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan pembentukan model dari pengalaman dan bahasa dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai model pelarutan garam menjadi partikel yang hilang sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi membandingkan model internal dengan representasi eksternal, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.6.8 Model Atom Peserta Didik

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa peserta didik membangun representasi internal tentang struktur, mekanisme, dan hubungan yang digunakan untuk mensimulasikan serta memprediksi perilaku sistem. Setiap representasi menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain, sehingga fungsi serta keterbatasannya harus dijelaskan secara eksplisit.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Johnson-Laird; Vosniadou dan Brewer; Nersessian membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada model ikatan sebagai tongkat fisik. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, model atom peserta didik perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada memperlakukan model ilmiah sebagai salinan realitas. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada memfasilitasi revisi berbasis bukti. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif

penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dalam praktik kelas, model atom peserta didik perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus model ikatan sebagai tongkat fisik dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan memfasilitasi revisi berbasis bukti menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.6.9 Model Ikatan Kimia

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa peserta didik membangun representasi internal tentang struktur, mekanisme, dan hubungan yang digunakan untuk mensimulasikan serta memprediksi perilaku sistem. Setiap representasi menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain, sehingga fungsi serta keterbatasannya harus dijelaskan secara eksplisit.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Johnson-Laird; Vosniadou dan Brewer; Nersessian membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Kasus model kesetimbangan sebagai reaksi yang berhenti memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, model ikatan kimia tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menilai model hanya dari istilah yang digunakan. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Implikasi pembelajarannya adalah menggunakan pemodelan dinamis. Guru dapat memulai dengan mengungkapkan pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak

hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dalam praktik kelas, model ikatan kimia perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus model kesetimbangan sebagai reaksi yang berhenti dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan menggunakan pemodelan dinamis menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

Batas penting dari pembahasan ini ialah model mental merupakan konstruksi inferensial; peneliti dan guru tidak mengamati model secara langsung, melainkan menafsirkannya dari berbagai ekspresi. Perubahan konseptual tidak selalu dapat diamati melalui peningkatan skor langsung. Peserta didik dapat menekan gagasan lama ketika mengerjakan soal sekolah, tetapi mengaktifkannya kembali pada konteks sehari-hari. Karena itu, bukti perubahan perlu dikumpulkan lintas waktu, representasi, dan situasi.

3.6.10 Model Pelarutan dan Disosiasi

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa peserta didik membangun representasi internal tentang struktur, mekanisme, dan hubungan yang digunakan untuk mensimulasikan serta memprediksi perilaku sistem. Setiap representasi menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain, sehingga fungsi serta keterbatasannya harus dijelaskan secara eksplisit.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Johnson-Laird; Vosniadou dan Brewer; Nersessian menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada model gas dengan partikel terkumpul di dasar wadah. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, model pelarutan dan disosiasi perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah mengabaikan aspek dinamis dan temporal. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep.

Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan menilai konsistensi model lintas situasi. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembaran, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dalam praktik kelas, model pelarutan dan disosiasi perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus model gas dengan partikel terkumpul di dasar wadah dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan menilai konsistensi model lintas situasi menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.6.11 Model Gas dan Tekanan

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa peserta didik membangun representasi internal tentang struktur, mekanisme, dan hubungan yang digunakan untuk mensimulasikan serta memprediksi perilaku sistem. Setiap representasi menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain, sehingga fungsi serta keterbatasannya harus dijelaskan secara eksplisit.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Johnson-Laird; Vosniadou dan Brewer; Nersessian membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Kasus model atom sebagai tata surya mini memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, model gas dan tekanan tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah menyamakan model mental dengan gambar yang dihasilkan. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan mengungkap model melalui gambar, prediksi, dan penjelasan. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjemabatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dalam praktik kelas, model gas dan tekanan perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus model atom sebagai tata surya mini dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan mengungkap model melalui gambar, prediksi, dan penjelasan menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.6.12 Model Keseimbangan Kimia

Analisis konseptual menunjukkan bahwa peserta didik membangun representasi internal tentang struktur, mekanisme, dan hubungan yang digunakan untuk mensimulasikan serta memprediksi perilaku sistem. Setiap representasi menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain, sehingga fungsi serta keterbatasannya harus dijelaskan secara eksplisit. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Johnson-Laird; Vosniadou dan Brewer; Nersessian membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Dalam pembelajaran kimia, model pelarutan garam menjadi partikel yang hilang menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan model keseimbangan kimia

sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada menganggap satu peserta didik memiliki satu model stabil. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada membandingkan model internal dengan representasi eksternal. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa model kesetimbangan kimia tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus model pelarutan garam menjadi partikel yang hilang, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan membandingkan model internal dengan representasi eksternal dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan model pelarutan garam menjadi partikel yang hilang?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi membandingkan model internal dengan representasi eksternal dapat diterapkan secara bertahap?

3.6.13 Model Asam-Basa dan Transfer Proton

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa peserta didik membangun representasi internal tentang struktur, mekanisme, dan hubungan yang digunakan untuk mensimulasikan serta

memprediksi perilaku sistem. Setiap representasi menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain, sehingga fungsi serta keterbatasannya harus dijelaskan secara eksplisit.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Johnson-Laird; Vosniadou dan Brewer; Nersessian menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada model ikatan sebagai tongkat fisik. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, model asam-basa dan transfer proton perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada memperlakukan model ilmiah sebagai salinan realitas. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Implikasi pembelajarannya adalah memfasilitasi revisi berbasis bukti. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dalam praktik kelas, model asam-basa dan transfer proton perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus model ikatan sebagai tongkat fisik dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan memfasilitasi revisi berbasis bukti menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.6.14 Cara Mengungkap Model Mental

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa peserta didik membangun representasi internal tentang struktur, mekanisme, dan hubungan yang digunakan untuk mensimulasikan serta memprediksi perilaku sistem. Bukti diagnosis harus dikumpulkan dari alasan, representasi, konsistensi lintas konteks, dan tingkat keyakinan, bukan dari skor tunggal.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Johnson-Laird; Vosniadou dan Brewer; Nersessian menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Kasus model kesetimbangan sebagai reaksi yang berhenti memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, cara mengungkap model mental tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menilai model hanya dari istilah yang digunakan. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada menggunakan pemodelan dinamis. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan cara mengungkap model mental dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai model kesetimbangan sebagai reaksi yang berhenti sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi menggunakan pemodelan dinamis, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru.

Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.6.15 Konsistensi dan Variasi Model

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa peserta didik membangun representasi internal tentang struktur, mekanisme, dan hubungan yang digunakan untuk mensimulasikan serta memprediksi perilaku sistem. Setiap representasi menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain, sehingga fungsi serta keterbatasannya harus dijelaskan secara eksplisit.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Johnson-Laird; Vosniadou dan Brewer; Nersessian menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Kasus model gas dengan partikel terkumpul di dasar wadah memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, konsistensi dan variasi model tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah mengabaikan aspek dinamis dan temporal. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada menilai konsistensi model lintas situasi. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan konsistensi dan variasi model dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai model gas dengan partikel terkumpul di dasar wadah sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi menilai konsistensi model lintas situasi, sambil

memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.6.16 Revisi Model melalui Pemodelan

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa peserta didik membangun representasi internal tentang struktur, mekanisme, dan hubungan yang digunakan untuk mensimulasikan serta memprediksi perilaku sistem. Setiap representasi menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain, sehingga fungsi serta keterbatasannya harus dijelaskan secara eksplisit.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Johnson-Laird; Vosniadou dan Brewer; Nersessian menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Kasus model atom sebagai tata surya mini memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, revisi model melalui pemodelan tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah menyamakan model mental dengan gambar yang dihasilkan. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengkoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Implikasi pembelajarannya adalah mengungkap model melalui gambar, prediksi, dan penjelasan. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dari sisi penelitian pembelajaran, revisi model melalui pemodelan menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan

sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada model atom sebagai tata surya mini, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi mengungkap model melalui gambar, prediksi, dan penjelasan perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.6.17 Keterbatasan Inferensi terhadap Model Mental

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa peserta didik membangun representasi internal tentang struktur, mekanisme, dan hubungan yang digunakan untuk mensimulasikan serta memprediksi perilaku sistem. Analisis kritis diperlukan agar teori tidak berubah menjadi slogan pedagogis yang diterapkan tanpa mempertimbangkan domain konsep dan kondisi kelas. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Johnson-Laird; Vosniadou dan Brewer; Nersessian menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada model pelarutan garam menjadi partikel yang hilang. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, keterbatasan inferensi terhadap model mental perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada menganggap satu peserta didik memiliki satu model stabil. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Implikasi pembelajarannya adalah membandingkan model internal dengan representasi eksternal. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa keterbatasan inferensi terhadap model mental tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus model pelarutan garam menjadi partikel yang hilang, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan membandingkan model internal dengan representasi eksternal dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.6.18 Implikasi bagi Asesmen Representasional

Analisis konseptual menunjukkan bahwa peserta didik membangun representasi internal tentang struktur, mekanisme, dan hubungan yang digunakan untuk mensimulasikan serta memprediksi perilaku sistem. Bukti diagnosis harus dikumpulkan dari alasan, representasi, konsistensi lintas konteks, dan tingkat keyakinan, bukan dari skor tunggal.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Johnson-Laird; Vosniadou dan Brewer; Nersessian membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada model ikatan sebagai tongkat fisik. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, implikasi bagi asesmen representasional perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah memperlakukan model ilmiah sebagai salinan realitas. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Strategi yang relevan mencakup memfasilitasi revisi berbasis bukti. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal

dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa implikasi bagi asesmen representasional tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus model ikatan sebagai tongkat fisik, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan memfasilitasi revisi berbasis bukti dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan model ikatan sebagai tongkat fisik?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi memfasilitasi revisi berbasis bukti dapat diterapkan secara bertahap?

Catatan kritisnya, model mental merupakan konstruksi inferensial; peneliti dan guru tidak mengamati model secara langsung, melainkan menafsirkannya dari berbagai ekspresi. Teori tidak boleh diperlakukan sebagai resep tunggal. Efektivitas strategi dipengaruhi oleh karakter konsep, kesiapan prasyarat, norma interaksi kelas, bahasa yang digunakan, dan tujuan asesmen. Guru perlu menjaga keseimbangan antara penyederhanaan yang membantu dan distorsi yang justru menanamkan hambatan baru.

3.6.19 Sintesis Mental Model Peserta Didik

Pembahasan mental model peserta didik menunjukkan bahwa peserta didik membangun representasi internal tentang struktur, mekanisme, dan hubungan yang digunakan untuk mensimulasikan serta memprediksi perilaku sistem. Kerangka ini membantu menjelaskan mengapa peserta didik dapat mempertahankan gagasan yang tidak selaras dengan ilmu sekalipun telah menerima penjelasan dan latihan. Kesulitan tersebut muncul karena belajar melibatkan interaksi antara struktur kognitif, representasi, bukti, bahasa, dan konteks penggunaan konsep.

Bagi pembelajaran kimia, implikasi utamanya ialah perlunya mengungkap model melalui gambar, prediksi, dan penjelasan, membandingkan model internal dengan representasi eksternal, dan memfasilitasi revisi berbasis bukti. Guru perlu menilai perubahan pada kualitas

alasan dan kemampuan transfer, bukan hanya pada jawaban akhir. Kerangka ini akan menjadi lebih kuat apabila dipadukan dengan perspektif lain dalam bab ini, sebab tidak satu teori pun menjelaskan seluruh dimensi perubahan konseptual.

Keterbatasan yang harus diingat adalah bahwa model mental merupakan konstruksi inferensial; peneliti dan guru tidak mengamati model secara langsung, melainkan menafsirkannya dari berbagai ekspresi. Oleh karena itu, penggunaan teori perlu bersifat diagnostik dan reflektif. Guru memilih strategi berdasarkan karakter konsep, pengetahuan awal, tingkat perkembangan representasional, kondisi afektif, dan bukti respons peserta didik selama pembelajaran.

3.7 Conceptual Ecology

Conceptual Ecology merupakan salah satu kerangka penting untuk memahami mengapa penjelasan yang telah diberikan guru tidak selalu menghasilkan struktur pemahaman yang dimaksudkan. Bagian ini memusatkan perhatian pada penerimaan suatu konsep dipengaruhi oleh jaringan keyakinan, analogi, metafora, komitmen epistemologis, pengalaman, dan tujuan yang hidup bersama dalam struktur pengetahuan. Dalam pendidikan kimia, proses tersebut menjadi sangat penting karena peserta didik harus menghubungkan fenomena yang dapat diamati dengan model partikel, simbol, grafik, persamaan, dan hubungan matematis.

Kerangka conceptual ecology membantu membedakan belajar sebagai penambahan informasi dari belajar sebagai reorganisasi makna. Peserta didik dapat menghafal istilah, mengikuti algoritma, atau memperoleh jawaban numerik yang benar tanpa mengubah model yang digunakan untuk menjelaskan fenomena. Oleh karena itu, analisis harus diarahkan pada relasi antarkonsep, mekanisme kausal, kondisi penerapan, dan kemampuan berpindah antarrepresentasi.

Dalam literatur, pembahasan ini berkaitan dengan karya Toulmin; Posner et al.; Strike dan Posner. Masing-masing menawarkan penekanan berbeda, tetapi seluruhnya mengakui peran aktif struktur pengetahuan yang telah dimiliki peserta didik. Konsepsi awal tidak selalu berupa teori yang lengkap; konsepsi dapat berbentuk model, aturan intuitif, metafora, fragmen pengetahuan, atau keyakinan epistemologis yang aktif pada situasi tertentu.

Contoh kimia seperti persaingan konsep asam kuat dan asam pekat, status aturan oktet dalam menjelaskan ikatan, penggunaan asas Le Chatelier sebagai aturan hafalan memperlihatkan bahwa satu fenomena dapat ditafsirkan melalui beberapa kerangka. Guru perlu mengetahui alasan di balik respons peserta didik agar dapat menentukan apakah masalah berasal dari konsep prasyarat, bahasa, representasi, kategori ontologis, beban kognitif, atau faktor motivasional.

Tujuan subbab ini bukan hanya menjelaskan teori, tetapi menurunkan implikasi praktis bagi diagnosis, desain pembelajaran, penggunaan model, pengelolaan diskusi, dan asesmen

perubahan konsep. Fokus akhirnya adalah membantu peserta didik membangun pengetahuan kimia yang koheren, dapat digunakan, serta tahan terhadap perubahan konteks.

Dimensi Kajian	Uraian Utama	Fungsi Pedagogis
Landasan teoretis	penerimaan suatu konsep dipengaruhi oleh jaringan keyakinan, analogi, metafora, komitmen epistemologis, pengalaman, dan tujuan yang hidup bersama dalam struktur pengetahuan	Menjelaskan ruang lingkup conceptual ecology
Objek diagnosis	Alasan, model, representasi, konsistensi, dan keyakinan peserta didik	Menghindari kesimpulan dari jawaban benar-salah saja
Contoh kimia	penggunaan asas Le Chatelier sebagai aturan hafalan	Menghubungkan teori dengan konten disipliner
Risiko konseptual	gagal melihat konflik antarkomitmen epistemologis	Menentukan titik rawan miskonsepsi
Arah intervensi	mengembangkan norma epistemik kelas	Mengarahkan pembelajaran dan asesmen

3.7.1 Pengertian Ekologi Konseptual

Dalam konteks pendidikan kimia, titik tolak yang perlu ditegaskan ialah bahwa penerimaan suatu konsep dipengaruhi oleh jaringan keyakinan, analogi, metafora, komitmen epistemologis, pengalaman, dan tujuan yang hidup bersama dalam struktur pengetahuan. Definisi operasional perlu memuat ciri, fungsi, kondisi penggunaan, serta perbedaannya dari istilah yang berdekatan.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Toulmin; Posner et al.; Strike dan Posner membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Kasus persaingan konsep asam kuat dan asam pekat memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, pengertian ekologi konseptual tidak cukup dibahas melalui satu

contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah memisahkan konsep dari keyakinan pendukungnya. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Implikasi pembelajarannya adalah memetakan gagasan pendukung dan penghambat. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dalam praktik kelas, pengertian ekologi konseptual perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus persaingan konsep asam kuat dan asam pekat dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan memetakan gagasan pendukung dan penghambat menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahannya.

3.7.2 Asal-usul Metafora Ekologi Konsep

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa penerimaan suatu konsep dipengaruhi oleh jaringan keyakinan, analogi, metafora, komitmen epistemologis, pengalaman, dan tujuan yang hidup bersama dalam struktur pengetahuan. Pembahasan historis memperlihatkan bahwa teori berkembang sebagai respons terhadap keterbatasan pandangan transmisi dan temuan tentang kuatnya gagasan awal peserta didik. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Toulmin; Posner et al.; Strike dan Posner membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Kasus status aturan oktet dalam menjelaskan ikatan memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik

perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, asal-usul metafora ekologi konsep tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada menganggap bukti tunggal otomatis mengubah konsep. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Strategi yang relevan mencakup meningkatkan status konsep ilmiah melalui daya jelas dan prediksi. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Dalam praktik kelas, asal-usul metafora ekologi konsep perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus status aturan oktet dalam menjelaskan ikatan dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan meningkatkan status konsep ilmiah melalui daya jelas dan prediksi menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.7.3 Komponen dalam Conceptual Ecology

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa penerimaan suatu konsep dipengaruhi oleh jaringan keyakinan, analogi, metafora, komitmen epistemologis, pengalaman, dan tujuan yang hidup bersama dalam struktur pengetahuan. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Toulmin; Posner et al.; Strike dan Posner menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Dalam pembelajaran kimia, penggunaan asas Le Chatelier sebagai aturan hafalan menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan komponen dalam conceptual ecology sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah mengabaikan metafora dan aturan heuristik. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Implikasi pembelajarannya adalah menurunkan status konsepsi lama secara argumentatif. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan komponen dalam conceptual ecology dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai penggunaan asas Le Chatelier sebagai aturan hafalan sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi menurunkan status konsepsi lama secara argumentatif, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.7.4 Keyakinan Epistemologis

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa penerimaan suatu konsep dipengaruhi oleh jaringan keyakinan, analogi, metafora, komitmen epistemologis, pengalaman, dan tujuan yang hidup bersama dalam struktur pengetahuan. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Toulmin; Posner et al.; Strike dan Posner menunjukkan perlunya menilai

bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Contoh hubungan konsep energi, kestabilan, dan spontanitas menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks keyakinan epistemologis, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah gagal melihat konflik antarkomitmen epistemologis. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Implikasi pembelajarannya adalah menghubungkan konsep baru dengan jangkar yang produktif. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan keyakinan epistemologis dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai hubungan konsep energi, kestabilan, dan spontanitas sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi menghubungkan konsep baru dengan jangkar yang produktif, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.7.5 Analogi dan Metafora

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa penerimaan suatu konsep dipengaruhi oleh jaringan keyakinan, analogi, metafora, komitmen epistemologis, pengalaman, dan tujuan yang hidup bersama dalam struktur pengetahuan. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah,

prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Toulmin; Posner et al.; Strike dan Posner menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada ekologi konsep mol, massa, partikel, dan konsentrasi. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, analogi dan metafora perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah menggunakan strategi sama untuk semua peserta didik. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada mengembangkan norma epistemik kelas. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dalam praktik kelas, analogi dan metafora perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus ekologi konsep mol, massa, partikel, dan konsentrasi dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan mengembangkan norma epistemik kelas menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.7.6 Pengetahuan Latar dan Pengalaman

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa penerimaan suatu konsep dipengaruhi oleh jaringan keyakinan, analogi, metafora, komitmen epistemologis, pengalaman, dan tujuan yang hidup bersama dalam struktur pengetahuan. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang

kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Toulmin; Posner et al.; Strike dan Posner menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Contoh persaingan konsep asam kuat dan asam pekat menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks pengetahuan latar dan pengalaman, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah memisahkan konsep dari keyakinan pendukungnya. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Strategi yang relevan mencakup memetakan gagasan pendukung dan penghambat. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Dalam praktik kelas, pengetahuan latar dan pengalaman perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus persaingan konsep asam kuat dan asam pekat dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan memetakan gagasan pendukung dan penghambat menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan persaingan konsep asam kuat dan asam pekat?

- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi memetakan gagasan pendukung dan penghambat dapat diterapkan secara bertahap?

3.7.7 Komitmen Ontologis

Kerangka ini memandang bahwa penerimaan suatu konsep dipengaruhi oleh jaringan keyakinan, analogi, metafora, komitmen epistemologis, pengalaman, dan tujuan yang hidup bersama dalam struktur pengetahuan. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Toulmin; Posner et al.; Strike dan Posner menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada status aturan oktet dalam menjelaskan ikatan. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, komitmen ontologis perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menganggap bukti tunggal otomatis mengubah konsep. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada meningkatkan status konsep ilmiah melalui daya jelas dan prediksi. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat,

wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan komitmen ontologis dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai status aturan oktet dalam menjelaskan ikatan sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi meningkatkan status konsep ilmiah melalui daya jelas dan prediksi, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.7.8 Nilai, Tujuan, dan Kepentingan

Dalam konteks pendidikan kimia, titik tolak yang perlu ditegaskan ialah bahwa penerimaan suatu konsep dipengaruhi oleh jaringan keyakinan, analogi, metafora, komitmen epistemologis, pengalaman, dan tujuan yang hidup bersama dalam struktur pengetahuan. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Toulmin; Posner et al.; Strike dan Posner menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada penggunaan asas Le Chatelier sebagai aturan hafalan. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, nilai, tujuan, dan kepentingan perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada mengabaikan metafora dan aturan heuristik. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan menurunkan status konsepsi lama secara argumentatif. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi

gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembaran, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan nilai, tujuan, dan kepentingan dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai penggunaan asas Le Chatelier sebagai aturan hafalan sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi menurunkan status konsepsi lama secara argumentatif, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.7.9 Status Konsepsi

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa penerimaan suatu konsep dipengaruhi oleh jaringan keyakinan, analogi, metafora, komitmen epistemologis, pengalaman, dan tujuan yang hidup bersama dalam struktur pengetahuan. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Toulmin; Posner et al.; Strike dan Posner menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Kasus hubungan konsep energi, kestabilan, dan spontanitas memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, status konsepsi tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada gagal melihat konflik antarkomitmen epistemologis. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Implikasi pembelajarannya adalah menghubungkan konsep baru dengan jangkar yang produktif. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dari sisi penelitian pembelajaran, status konsepsi menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada hubungan konsep energi, kestabilan, dan spontanitas, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi menghubungkan konsep baru dengan jangkar yang produktif perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

Perlu ditekankan bahwa conceptual ecology merupakan metafora analitis yang berguna, tetapi unsur dan hubungan di dalamnya sulit diukur secara lengkap. Dalam pendidikan kimia, model dan aturan selalu memiliki domain penerapan. Pembelajaran yang menyajikan penjelasan ilmiah sebagai kalimat final tanpa asumsi dapat menghasilkan kepastian semu. Peserta didik perlu memahami kekuatan sekaligus keterbatasan model yang digunakan.

3.7.10 Kompetisi dan Koeksistensi Konsep

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa penerimaan suatu konsep dipengaruhi oleh jaringan keyakinan, analogi, metafora, komitmen epistemologis, pengalaman, dan tujuan yang hidup bersama dalam struktur pengetahuan. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Toulmin; Posner et al.; Strike dan Posner menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada ekologi konsep mol, massa, partikel, dan konsentrasi. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, kompetisi dan koeksistensi konsep perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap

tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menggunakan strategi sama untuk semua peserta didik. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Implikasi pembelajarannya adalah mengembangkan norma epistemik kelas. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dalam praktik kelas, kompetisi dan koeksistensi konsep perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus ekologi konsep mol, massa, partikel, dan konsentrasi dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan mengembangkan norma epistemik kelas menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.7.11 Jangkar Konseptual Produktif

Kerangka ini memandang bahwa penerimaan suatu konsep dipengaruhi oleh jaringan keyakinan, analogi, metafora, komitmen epistemologis, pengalaman, dan tujuan yang hidup bersama dalam struktur pengetahuan. Keberhasilan sejati terlihat ketika konsep digunakan untuk menghasilkan prediksi dan penjelasan pada situasi yang belum pernah dilatihkan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Toulmin; Posner et al.; Strike dan Posner menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Kasus persaingan konsep asam kuat dan asam pekat memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang

digunakan. Dengan demikian, jangkar konseptual produktif tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah memisahkan konsep dari keyakinan pendukungnya. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Implikasi pembelajarannya adalah memetakan gagasan pendukung dan penghambat. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa jangkar konseptual produktif tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus persaingan konsep asam kuat dan asam pekat, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan memetakan gagasan pendukung dan penghambat dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.7.12 Hambatan dalam Ekologi Pengetahuan

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa penerimaan suatu konsep dipengaruhi oleh jaringan keyakinan, analogi, metafora, komitmen epistemologis, pengalaman, dan tujuan yang hidup bersama dalam struktur pengetahuan. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Toulmin; Posner et al.; Strike dan Posner menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Contoh status aturan oktet dalam menjelaskan ikatan menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus

ditafsirkan melalui model. Dalam konteks hambatan dalam ekologi pengetahuan, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah menganggap bukti tunggal otomatis mengubah konsep. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada meningkatkan status konsep ilmiah melalui daya jelas dan prediksi. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan hambatan dalam ekologi pengetahuan dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai status aturan oktet dalam menjelaskan ikatan sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi meningkatkan status konsep ilmiah melalui daya jelas dan prediksi, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan status aturan oktet dalam menjelaskan ikatan?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi meningkatkan status konsep ilmiah melalui daya jelas dan prediksi dapat diterapkan secara bertahap?

3.7.13 Pemetaan Ekologi Konseptual

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa penerimaan suatu konsep dipengaruhi oleh jaringan keyakinan, analogi, metafora, komitmen epistemologis, pengalaman, dan tujuan yang hidup bersama dalam struktur pengetahuan. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Toulmin; Posner et al.; Strike dan Posner menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Contoh penggunaan asas Le Chatelier sebagai aturan hafalan menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks pemetaan ekologi konseptual, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah mengabaikan metafora dan aturan heuristik. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada menurunkan status konsepsi lama secara argumentatif. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa pemetaan ekologi konseptual tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus penggunaan asas Le Chatelier sebagai aturan hafalan, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan menurunkan status konsepsi lama secara argumentatif dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi

perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.7.14 Perubahan Status Konsepsi

Kerangka ini memandang bahwa penerimaan suatu konsep dipengaruhi oleh jaringan keyakinan, analogi, metafora, komitmen epistemologis, pengalaman, dan tujuan yang hidup bersama dalam struktur pengetahuan. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Toulmin; Posner et al.; Strike dan Posner menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Dalam pembelajaran kimia, hubungan konsep energi, kestabilan, dan spontanitas menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan perubahan status konsepsi sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah gagal melihat konflik antarkomitmen epistemologis. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan menghubungkan konsep baru dengan jangkar yang produktif. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa perubahan status konsepsi tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus hubungan konsep energi, kestabilan, dan spontanitas, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau

menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan menghubungkan konsep baru dengan jangkar yang produktif dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.7.15 Peran Diskursus Kelas

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa penerimaan suatu konsep dipengaruhi oleh jaringan keyakinan, analogi, metafora, komitmen epistemologis, pengalaman, dan tujuan yang hidup bersama dalam struktur pengetahuan. Bahasa mengatur cara peserta didik membingkai entitas, proses, sebab, dan bukti; karena itu pilihan istilah dapat membuka atau justru membatasi penalaran.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Toulmin; Posner et al.; Strike dan Posner menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Contoh ekologi konsep mol, massa, partikel, dan konsentrasi menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks peran diskursus kelas, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah menggunakan strategi sama untuk semua peserta didik. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada mengembangkan norma epistemik kelas. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa peran diskursus kelas tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma

epistemik kelas. Pada kasus ekologi konsep mol, massa, partikel, dan konsentrasi, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan mengembangkan norma epistemik kelas dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.7.16 Ekologi Konsep pada Asam-Basa

Kerangka ini memandang bahwa penerimaan suatu konsep dipengaruhi oleh jaringan keyakinan, analogi, metafora, komitmen epistemologis, pengalaman, dan tujuan yang hidup bersama dalam struktur pengetahuan. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Toulmin; Posner et al.; Strike dan Posner membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Kasus persaingan konsep asam kuat dan asam pekat memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, ekologi konsep pada asam-basa tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada memisahkan konsep dari keyakinan pendukungnya. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan memetakan gagasan pendukung dan penghambat. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembaran, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan

memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, ekologi konsep pada asam-basa menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada persaingan konsep asam kuat dan asam pekat, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi memetakan gagasan pendukung dan penghambat perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.7.17 Ekologi Konsep pada Energi Kimia

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa penerimaan suatu konsep dipengaruhi oleh jaringan keyakinan, analogi, metafora, komitmen epistemologis, pengalaman, dan tujuan yang hidup bersama dalam struktur pengetahuan. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Toulmin; Posner et al.; Strike dan Posner menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Kasus status aturan oktet dalam menjelaskan ikatan memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, ekologi konsep pada energi kimia tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah menganggap bukti tunggal otomatis mengubah konsep. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan meningkatkan status konsep ilmiah melalui daya jelas dan prediksi. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi

gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembaran, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa ekologi konsep pada energi kimia tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus status aturan oktet dalam menjelaskan ikatan, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan meningkatkan status konsep ilmiah melalui daya jelas dan prediksi dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.7.18 Implikasi bagi Intervensi Diferensial

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa penerimaan suatu konsep dipengaruhi oleh jaringan keyakinan, analogi, metafora, komitmen epistemologis, pengalaman, dan tujuan yang hidup bersama dalam struktur pengetahuan. Peran guru adalah mengatur urutan pengalaman, pertanyaan, bukti, dan refleksi yang membuat peserta didik dapat menilai serta merevisi gagasannya.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Toulmin; Posner et al.; Strike dan Posner menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Contoh penggunaan asas Le Chatelier sebagai aturan hafalan menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks implikasi bagi intervensi diferensial, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada mengabaikan metafora dan aturan heuristik. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah

secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada menurunkan status konsepsi lama secara argumentatif. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa implikasi bagi intervensi diferensial tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus penggunaan asas Le Chatelier sebagai aturan hafalan, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan menurunkan status konsepsi lama secara argumentatif dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan penggunaan asas Le Chatelier sebagai aturan hafalan?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi menurunkan status konsepsi lama secara argumentatif dapat diterapkan secara bertahap?

Batas penting dari pembahasan ini ialah conceptual ecology merupakan metafora analitis yang berguna, tetapi unsur dan hubungan di dalamnya sulit diukur secara lengkap. Perubahan konseptual tidak selalu dapat diamati melalui peningkatan skor langsung. Peserta didik dapat menekan gagasan lama ketika mengerjakan soal sekolah, tetapi mengaktifkannya kembali pada konteks sehari-hari. Karena itu, bukti perubahan perlu dikumpulkan lintas waktu, representasi, dan situasi.

3.7.19 Sintesis Conceptual Ecology

Pembahasan conceptual ecology menunjukkan bahwa penerimaan suatu konsep dipengaruhi oleh jaringan keyakinan, analogi, metafora, komitmen epistemologis, pengalaman, dan tujuan yang hidup bersama dalam struktur pengetahuan. Kerangka ini membantu menjelaskan mengapa peserta didik dapat mempertahankan gagasan yang tidak selaras dengan ilmu

sekalipun telah menerima penjelasan dan latihan. Kesulitan tersebut muncul karena belajar melibatkan interaksi antara struktur kognitif, representasi, bukti, bahasa, dan konteks penggunaan konsep.

Bagi pembelajaran kimia, implikasi utamanya ialah perlunya memetakan gagasan pendukung dan penghambat, meningkatkan status konsep ilmiah melalui daya jelas dan prediksi, dan menurunkan status konsepsi lama secara argumentatif. Guru perlu menilai perubahan pada kualitas alasan dan kemampuan transfer, bukan hanya pada jawaban akhir. Kerangka ini akan menjadi lebih kuat apabila dipadukan dengan perspektif lain dalam bab ini, sebab tidak satu teori pun menjelaskan seluruh dimensi perubahan konseptual.

Keterbatasan yang harus diingat adalah bahwa *conceptual ecology* merupakan metafora analitis yang berguna, tetapi unsur dan hubungan di dalamnya sulit diukur secara lengkap. Oleh karena itu, penggunaan teori perlu bersifat diagnostik dan reflektif. Guru memilih strategi berdasarkan karakter konsep, pengetahuan awal, tingkat perkembangan representasional, kondisi afektif, dan bukti respons peserta didik selama pembelajaran.

3.8 Konflik Kognitif

Konflik Kognitif merupakan salah satu kerangka penting untuk memahami mengapa penjelasan yang telah diberikan guru tidak selalu menghasilkan struktur pemahaman yang dimaksudkan. Bagian ini memusatkan perhatian pada ketidaksesuaian antara prediksi, konsepsi, dan bukti dapat mendorong evaluasi gagasan apabila peserta didik menyadari serta memproses ketidaksesuaian tersebut secara produktif. Dalam pendidikan kimia, proses tersebut menjadi sangat penting karena peserta didik harus menghubungkan fenomena yang dapat diamati dengan model partikel, simbol, grafik, persamaan, dan hubungan matematis.

Kerangka konflik kognitif membantu membedakan belajar sebagai penambahan informasi dari belajar sebagai reorganisasi makna. Peserta didik dapat menghafal istilah, mengikuti algoritma, atau memperoleh jawaban numerik yang benar tanpa mengubah model yang digunakan untuk menjelaskan fenomena. Oleh karena itu, analisis harus diarahkan pada relasi antarkonsep, mekanisme kausal, kondisi penerapan, dan kemampuan berpindah antarrepresentasi.

Dalam literatur, pembahasan ini berkaitan dengan karya Piaget; Chinn dan Brewer; Limon. Masing-masing menawarkan penekanan berbeda, tetapi seluruhnya mengakui peran aktif struktur pengetahuan yang telah dimiliki peserta didik. Konsepsi awal tidak selalu berupa teori yang lengkap; konsepsi dapat berbentuk model, aturan intuitif, metafora, fragmen pengetahuan, atau keyakinan epistemologis yang aktif pada situasi tertentu.

Contoh kimia seperti massa sistem tertutup sebelum dan sesudah reaksi, suhu campuran pada pelarutan endotermik, konduktivitas padatan dan lelehan senyawa ionik memperlihatkan bahwa satu fenomena dapat ditafsirkan melalui beberapa kerangka. Guru perlu mengetahui alasan di balik respons peserta didik agar dapat menentukan apakah masalah berasal dari

konsep prasyarat, bahasa, representasi, kategori ontologis, beban kognitif, atau faktor motivasional.

Tujuan subbab ini bukan hanya menjelaskan teori, tetapi menurunkan implikasi praktis bagi diagnosis, desain pembelajaran, penggunaan model, pengelolaan diskusi, dan asesmen perubahan konsep. Fokus akhirnya adalah membantu peserta didik membangun pengetahuan kimia yang koheren, dapat digunakan, serta tahan terhadap perubahan konteks.

Dimensi Kajian	Uraian Utama	Fungsi Pedagogis
Landasan teoretis	ketidaksesuaian antara prediksi, konsepsi, dan bukti dapat mendorong evaluasi gagasan apabila peserta didik menyadari serta memproses ketidaksesuaian tersebut secara produktif	Menjelaskan ruang lingkup konflik kognitif
Objek diagnosis	Alasan, model, representasi, konsistensi, dan keyakinan peserta didik	Menghindari kesimpulan dari jawaban benar-salah saja
Contoh kimia	konduktivitas padatan dan lelehan senyawa ionik	Menghubungkan teori dengan konten disipliner
Risiko konseptual	mempermalukan peserta didik ketika prediksinya salah	Menentukan titik rawan miskonsepsi
Arah intervensi	mengelola emosi dan rasa aman intelektual	Mengarahkan pembelajaran dan asesmen

3.8.1 Pengertian Konflik Kognitif

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa ketidaksesuaian antara prediksi, konsepsi, dan bukti dapat mendorong evaluasi gagasan apabila peserta didik menyadari serta memproses ketidaksesuaian tersebut secara produktif. Definisi operasional perlu memuat ciri, fungsi, kondisi penggunaan, serta perbedaannya dari istilah yang berdekatan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Piaget; Chinn dan Brewer; Limon menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Dalam pembelajaran kimia, massa sistem tertutup sebelum dan sesudah reaksi menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan pengertian konflik kognitif

sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada menganggap demonstrasi mengejutkan otomatis mengubah konsep. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan menggunakan predict-observe-explain. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa pengertian konflik kognitif tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus massa sistem tertutup sebelum dan sesudah reaksi, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan menggunakan predict-observe-explain dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.8.2 Ketidakseimbangan dan Anomali

Kerangka ini memandang bahwa ketidaksesuaian antara prediksi, konsepsi, dan bukti dapat mendorong evaluasi gagasan apabila peserta didik menyadari serta memproses ketidaksesuaian tersebut secara produktif. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Piaget; Chinn dan Brewer; Limon menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Kasus suhu campuran pada pelarutan endotermik memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik

perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, ketidakseimbangan dan anomali tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada memberikan anomali yang terlalu jauh dari pengetahuan awal. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan memastikan peserta didik menyatakan prediksi dan alasan. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan ketidakseimbangan dan anomali dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai suhu campuran pada pelarutan endotermik sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi memastikan peserta didik menyatakan prediksi dan alasan, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.8.3 Konflik antara Prediksi dan Pengamatan

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa ketidaksesuaian antara prediksi, konsepsi, dan bukti dapat mendorong evaluasi gagasan apabila peserta didik menyadari serta memproses ketidaksesuaian tersebut secara produktif. Keberhasilan sejati terlihat ketika konsep digunakan untuk menghasilkan prediksi dan penjelasan pada situasi yang belum pernah dilatihkan.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Piaget; Chinn dan Brewer; Limon membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Contoh konduktivitas padatan dan lelehan senyawa ionik menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks konflik antara prediksi dan pengamatan, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada menciptakan kebingungan tanpa alternatif penjelasan. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Implikasi pembelajarannya adalah memilih anomali yang dapat ditafsirkan. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa konflik antara prediksi dan pengamatan tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus konduktivitas padatan dan lelehan senyawa ionik, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan memilih anomali yang dapat ditafsirkan dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.8.4 Konflik antara Dua Penjelasan

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa ketidaksesuaian antara prediksi, konsepsi, dan bukti dapat mendorong evaluasi gagasan apabila peserta didik menyadari serta memproses ketidaksesuaian tersebut secara produktif. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Piaget; Chinn dan Brewer; Limon menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan

berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Contoh pengaruh katalis terhadap posisi kesetimbangan menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks konflik antara dua penjelasan, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah mempermalukan peserta didik ketika prediksinya salah. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Strategi yang relevan mencakup menyediakan scaffolding model alternatif. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Dalam praktik kelas, konflik antara dua penjelasan perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus pengaruh katalis terhadap posisi kesetimbangan dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan menyediakan scaffolding model alternatif menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.8.5 Kesadaran terhadap Konflik

Kerangka ini memandang bahwa ketidaksesuaian antara prediksi, konsepsi, dan bukti dapat mendorong evaluasi gagasan apabila peserta didik menyadari serta memproses ketidaksesuaian tersebut secara produktif. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Piaget; Chinn dan Brewer; Limon menekankan bahwa perubahan

tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Kasus pH larutan asam lemah dan asam kuat pada konsentrasi berbeda memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, kesadaran terhadap konflik tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada menilai konflik hanya dari ekspresi terkejut. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Implikasi pembelajarannya adalah mengelola emosi dan rasa aman intelektual. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan kesadaran terhadap konflik dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai pH larutan asam lemah dan asam kuat pada konsentrasi berbeda sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi mengelola emosi dan rasa aman intelektual, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.8.6 Tingkat Intensitas Konflik

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa ketidaksesuaian antara prediksi, konsepsi, dan bukti dapat mendorong evaluasi gagasan apabila peserta didik menyadari serta memproses ketidaksesuaian tersebut secara produktif. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau

mengubah cara peserta didik menilai bukti. Piaget; Chinn dan Brewer; Limon menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Kasus massa sistem tertutup sebelum dan sesudah reaksi memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, tingkat intensitas konflik tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah menganggap demonstrasi mengejutkan otomatis mengubah konsep. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Implikasi pembelajarannya adalah menggunakan predict-observe-explain. Guru dapat memulai dengan mengungkapkan pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dalam praktik kelas, tingkat intensitas konflik perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus massa sistem tertutup sebelum dan sesudah reaksi dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan menggunakan predict-observe-explain menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan massa sistem tertutup sebelum dan sesudah reaksi?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?

- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi menggunakan predict-observe-explain dapat diterapkan secara bertahap?

3.8.7 Prasyarat Konflik Produktif

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa ketidaksesuaian antara prediksi, konsepsi, dan bukti dapat mendorong evaluasi gagasan apabila peserta didik menyadari serta memproses ketidaksesuaian tersebut secara produktif. Keberhasilan sejati terlihat ketika konsep digunakan untuk menghasilkan prediksi dan penjelasan pada situasi yang belum pernah dilatihkan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Piaget; Chinn dan Brewer; Limon menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada suhu campuran pada pelarutan endotermik. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, prasyarat konflik produktif perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah memberikan anomali yang terlalu jauh dari pengetahuan awal. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengkoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan memastikan peserta didik menyatakan prediksi dan alasan. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembaran, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan prasyarat konflik produktif dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai suhu campuran pada pelarutan endotermik sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi memastikan peserta didik menyatakan prediksi dan alasan, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.8.8 Respons terhadap Data Anomali

Analisis konseptual menunjukkan bahwa ketidaksesuaian antara prediksi, konsepsi, dan bukti dapat mendorong evaluasi gagasan apabila peserta didik menyadari serta memproses ketidaksesuaian tersebut secara produktif. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Piaget; Chinn dan Brewer; Limon membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada konduktivitas padatan dan lelehan senyawa ionik. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, respons terhadap data anomali perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menciptakan kebingungan tanpa alternatif penjelasan. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan memilih anomali yang dapat ditafsirkan. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh

pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa respons terhadap data anomali tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus konduktivitas padatan dan lelehan senyawa ionik, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan memilih anomali yang dapat ditafsirkan dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.8.9 Penolakan dan Penafsiran Ulang Bukti

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa ketidaksesuaian antara prediksi, konsepsi, dan bukti dapat mendorong evaluasi gagasan apabila peserta didik menyadari serta memproses ketidaksesuaian tersebut secara produktif. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Piaget; Chinn dan Brewer; Limon menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Dalam pembelajaran kimia, pengaruh katalis terhadap posisi kesetimbangan menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan penolakan dan penafsiran ulang bukti sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah mempermalukan peserta didik ketika prediksinya salah. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada menyediakan scaffolding model alternatif. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dalam praktik kelas, penolakan dan penafsiran ulang bukti perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus pengaruh katalis terhadap posisi kesetimbangan dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan menyediakan scaffolding model alternatif menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

Batas penting dari pembahasan ini ialah konflik kognitif merupakan pemicu potensial, bukan mekanisme yang menjamin perubahan; peserta didik dapat mengabaikan, menolak, atau menafsirkan ulang data anomali. Perubahan konseptual tidak selalu dapat diamati melalui peningkatan skor langsung. Peserta didik dapat menekan gagasan lama ketika mengerjakan soal sekolah, tetapi mengaktifkannya kembali pada konteks sehari-hari. Karena itu, bukti perubahan perlu dikumpulkan lintas waktu, representasi, dan situasi.

3.8.10 Discrepant Events dalam Kimia

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa ketidaksesuaian antara prediksi, konsepsi, dan bukti dapat mendorong evaluasi gagasan apabila peserta didik menyadari serta memproses ketidaksesuaian tersebut secara produktif. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Piaget; Chinn dan Brewer; Limon menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Contoh pH larutan asam lemah dan asam kuat pada konsentrasi berbeda menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks discrepant events dalam kimia, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil

kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menilai konflik hanya dari ekspresi terkejut. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan mengelola emosi dan rasa aman intelektual. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dalam praktik kelas, discrepant events dalam kimia perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus pH larutan asam lemah dan asam kuat pada konsentrasi berbeda dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan mengelola emosi dan rasa aman intelektual menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.8.11 Strategi Predict-Observe-Explain

Kerangka ini memandang bahwa ketidaksesuaian antara prediksi, konsepsi, dan bukti dapat mendorong evaluasi gagasan apabila peserta didik menyadari serta memproses ketidaksesuaian tersebut secara produktif. Peran guru adalah mengatur urutan pengalaman, pertanyaan, bukti, dan refleksi yang membuat peserta didik dapat menilai serta merevisi gagasannya.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Piaget; Chinn dan Brewer; Limon menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada massa sistem tertutup sebelum dan sesudah reaksi. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, strategi predict-observe-

explain perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah menganggap demonstrasi mengejutkan otomatis mengubah konsep. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Implikasi pembelajarannya adalah menggunakan predict-observe-explain. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa strategi predict-observe-explain tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus massa sistem tertutup sebelum dan sesudah reaksi, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan menggunakan predict-observe-explain dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.8.12 Teks Refutasional

Kerangka ini memandang bahwa ketidaksesuaian antara prediksi, konsepsi, dan bukti dapat mendorong evaluasi gagasan apabila peserta didik menyadari serta memproses ketidaksesuaian tersebut secara produktif. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Piaget; Chinn dan Brewer; Limon menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Dalam pembelajaran kimia, suhu campuran pada pelarutan endotermik menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan teks refutasional sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah memberikan anomali yang terlalu jauh dari pengetahuan awal. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Implikasi pembelajarannya adalah memastikan peserta didik menyatakan prediksi dan alasan. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan teks refutasional dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai suhu campuran pada pelarutan endotermik sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi memastikan peserta didik menyatakan prediksi dan alasan, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan suhu campuran pada pelarutan endotermik?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi memastikan peserta didik menyatakan prediksi dan alasan dapat diterapkan secara bertahap?

3.8.13 Argumentasi dan Debat Ilmiah

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa ketidaksesuaian antara prediksi, konsepsi, dan bukti dapat mendorong evaluasi gagasan apabila peserta didik menyadari serta memproses ketidaksesuaian tersebut secara produktif. Bahasa mengatur cara peserta didik membingkai entitas, proses, sebab, dan bukti; karena itu pilihan istilah dapat membuka atau justru membatasi penalaran.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Piaget; Chinn dan Brewer; Limon menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Dalam pembelajaran kimia, konduktivitas padatan dan lelehan senyawa ionik menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan argumentasi dan debat ilmiah sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada menciptakan kebingungan tanpa alternatif penjelasan. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Implikasi pembelajarannya adalah memilih anomali yang dapat ditafsirkan. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa argumentasi dan debat ilmiah tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus konduktivitas padatan dan lelehan senyawa ionik, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan memilih anomali yang dapat ditafsirkan dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari

waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.8.14 Konflik Kognitif dan Emosi

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa ketidaksesuaian antara prediksi, konsepsi, dan bukti dapat mendorong evaluasi gagasan apabila peserta didik menyadari serta memproses ketidaksesuaian tersebut secara produktif. Faktor afektif menentukan apakah peserta didik bersedia bertahan dalam ketidakpastian, menguji gagasannya, dan menerima risiko intelektual ketika merevisi pemahaman.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Piaget; Chinn dan Brewer; Limon menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Dalam pembelajaran kimia, pengaruh katalis terhadap posisi kesetimbangan menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan konflik kognitif dan emosi sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah mempermalukan peserta didik ketika prediksinya salah. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Implikasi pembelajarannya adalah menyediakan scaffolding model alternatif. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan konflik kognitif dan emosi dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai pengaruh katalis terhadap posisi kesetimbangan sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru

kemudian memfasilitasi menyediakan scaffolding model alternatif, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.8.15 Konflik Produktif dan Kebingungan Destruktif

Kerangka ini memandang bahwa ketidaksesuaian antara prediksi, konsepsi, dan bukti dapat mendorong evaluasi gagasan apabila peserta didik menyadari serta memproses ketidaksesuaian tersebut secara produktif. Keberhasilan sejati terlihat ketika konsep digunakan untuk menghasilkan prediksi dan penjelasan pada situasi yang belum pernah dilatihkan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Piaget; Chinn dan Brewer; Limon menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Dalam pembelajaran kimia, pH larutan asam lemah dan asam kuat pada konsentrasi berbeda menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan konflik produktif dan kebingungan destruktif sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menilai konflik hanya dari ekspresi terkejut. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada mengelola emosi dan rasa aman intelektual. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa konflik produktif dan kebingungan destruktif tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus pH larutan asam lemah dan asam kuat pada

konsentrasi berbeda, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan mengelola emosi dan rasa aman intelektual dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.8.16 Contoh pada Kekekalan Massa

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa ketidaksesuaian antara prediksi, konsepsi, dan bukti dapat mendorong evaluasi gagasan apabila peserta didik menyadari serta memproses ketidaksesuaian tersebut secara produktif. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Piaget; Chinn dan Brewer; Limon membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada massa sistem tertutup sebelum dan sesudah reaksi. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, contoh pada kekekalan massa perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah menganggap demonstrasi mengejutkan otomatis mengubah konsep. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Implikasi pembelajarannya adalah menggunakan predict-observe-explain. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu

direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa contoh pada kekekalan massa tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus massa sistem tertutup sebelum dan sesudah reaksi, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan menggunakan predict-observe-explain dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.8.17 Contoh pada Keseimbangan dan Katalis

Dalam konteks pendidikan kimia, titik tolak yang perlu ditegaskan ialah bahwa ketidaksesuaian antara prediksi, konsepsi, dan bukti dapat mendorong evaluasi gagasan apabila peserta didik menyadari serta memproses ketidaksesuaian tersebut secara produktif. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Piaget; Chinn dan Brewer; Limon menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Contoh suhu campuran pada pelarutan endotermik menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks contoh pada keseimbangan dan katalis, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah memberikan anomali yang terlalu jauh dari pengetahuan awal. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan memastikan peserta didik menyatakan prediksi dan alasan. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi

gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembaran, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dalam praktik kelas, contoh pada kesetimbangan dan katalis perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus suhu campuran pada pelarutan endotermik dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan memastikan peserta didik menyatakan prediksi dan alasan menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.8.18 Implikasi bagi Perancangan Demonstrasi

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa ketidaksesuaian antara prediksi, konsepsi, dan bukti dapat mendorong evaluasi gagasan apabila peserta didik menyadari serta memproses ketidaksesuaian tersebut secara produktif. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Piaget; Chinn dan Brewer; Limon menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada konduktivitas padatan dan lelehan senyawa ionik. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, implikasi bagi perancangan demonstrasi perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada menciptakan kebingungan tanpa alternatif penjelasan. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan

peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada memilih anomali yang dapat ditafsirkan. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dalam praktik kelas, implikasi bagi perancangan demonstrasi perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus konduktivitas padatan dan lelehan senyawa ionik dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan memilih anomali yang dapat ditafsirkan menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan konduktivitas padatan dan lelehan senyawa ionik?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi memilih anomali yang dapat ditafsirkan dapat diterapkan secara bertahap?

Perlu ditekankan bahwa konflik kognitif merupakan pemicu potensial, bukan mekanisme yang menjamin perubahan; peserta didik dapat mengabaikan, menolak, atau menafsirkan ulang data anomali. Dalam pendidikan kimia, model dan aturan selalu memiliki domain penerapan. Pembelajaran yang menyajikan penjelasan ilmiah sebagai kalimat final tanpa asumsi dapat menghasilkan kepastian semu. Peserta didik perlu memahami kekuatan sekaligus keterbatasan model yang digunakan.

3.8.19 Sintesis Konflik Kognitif

Pembahasan konflik kognitif menunjukkan bahwa ketidaksesuaian antara prediksi, konsepsi, dan bukti dapat mendorong evaluasi gagasan apabila peserta didik menyadari serta memproses ketidaksesuaian tersebut secara produktif. Kerangka ini membantu menjelaskan mengapa peserta didik dapat mempertahankan gagasan yang tidak selaras dengan ilmu sekalipun telah menerima penjelasan dan latihan. Kesulitan tersebut muncul karena belajar

melibatkan interaksi antara struktur kognitif, representasi, bukti, bahasa, dan konteks penggunaan konsep.

Bagi pembelajaran kimia, implikasi utamanya ialah perlunya menggunakan predict-observe-explain, memastikan peserta didik menyatakan prediksi dan alasan, dan memilih anomali yang dapat ditafsirkan. Guru perlu menilai perubahan pada kualitas alasan dan kemampuan transfer, bukan hanya pada jawaban akhir. Kerangka ini akan menjadi lebih kuat apabila dipadukan dengan perspektif lain dalam bab ini, sebab tidak satu teori pun menjelaskan seluruh dimensi perubahan konseptual.

Keterbatasan yang harus diingat adalah bahwa konflik kognitif merupakan pemicu potensial, bukan mekanisme yang menjamin perubahan; peserta didik dapat mengabaikan, menolak, atau menafsirkan ulang data anomali. Oleh karena itu, penggunaan teori perlu bersifat diagnostik dan reflektif. Guru memilih strategi berdasarkan karakter konsep, pengetahuan awal, tingkat perkembangan representasional, kondisi afektif, dan bukti respons peserta didik selama pembelajaran.

3.9 Ketidakpuasan terhadap Konsepsi Awal

Ketidakpuasan terhadap Konsepsi Awal merupakan salah satu kerangka penting untuk memahami mengapa penjelasan yang telah diberikan guru tidak selalu menghasilkan struktur pemahaman yang dimaksudkan. Bagian ini memusatkan perhatian pada peserta didik perlu mengenali bahwa konsepsi awal memiliki keterbatasan, inkonsistensi, atau kegagalan prediksi sebelum bersedia merevisinya. Dalam pendidikan kimia, proses tersebut menjadi sangat penting karena peserta didik harus menghubungkan fenomena yang dapat diamati dengan model partikel, simbol, grafik, persamaan, dan hubungan matematis.

Kerangka ketidakpuasan terhadap konsepsi awal membantu membedakan belajar sebagai penambahan informasi dari belajar sebagai reorganisasi makna. Peserta didik dapat menghafal istilah, mengikuti algoritma, atau memperoleh jawaban numerik yang benar tanpa mengubah model yang digunakan untuk menjelaskan fenomena. Oleh karena itu, analisis harus diarahkan pada relasi antarkonsep, mekanisme kausal, kondisi penerapan, dan kemampuan berpindah antarrepresentasi.

Dalam literatur, pembahasan ini berkaitan dengan karya Posner et al.; Hewson; Chinn dan Brewer. Masing-masing menawarkan penekanan berbeda, tetapi seluruhnya mengakui peran aktif struktur pengetahuan yang telah dimiliki peserta didik. Konsepsi awal tidak selalu berupa teori yang lengkap; konsepsi dapat berbentuk model, aturan intuitif, metafora, fragmen pengetahuan, atau keyakinan epistemologis yang aktif pada situasi tertentu.

Contoh kimia seperti kegagalan konsep partikel membesar saat pemanasan, ketidakmampuan aturan oktet menjelaskan semua molekul, keterbatasan definisi oksidasi sebagai pengikatan oksigen memperlihatkan bahwa satu fenomena dapat ditafsirkan melalui beberapa kerangka. Guru perlu mengetahui alasan di balik respons peserta didik agar dapat menentukan apakah

masalah berasal dari konsep prasyarat, bahasa, representasi, kategori ontologis, beban kognitif, atau faktor motivasional.

Tujuan subbab ini bukan hanya menjelaskan teori, tetapi menurunkan implikasi praktis bagi diagnosis, desain pembelajaran, penggunaan model, pengelolaan diskusi, dan asesmen perubahan konsep. Fokus akhirnya adalah membantu peserta didik membangun pengetahuan kimia yang koheren, dapat digunakan, serta tahan terhadap perubahan konteks.

Dimensi Kajian	Uraian Utama	Fungsi Pedagogis
Landasan teoretis	peserta didik perlu mengenali bahwa konsepsi awal memiliki keterbatasan, inkonsistensi, atau kegagalan prediksi sebelum bersedia merevisinya	Menjelaskan ruang lingkup ketidakpuasan terhadap konsepsi awal
Objek diagnosis	Alasan, model, representasi, konsistensi, dan keyakinan peserta didik	Menghindari kesimpulan dari jawaban benar-salah saja
Contoh kimia	keterbatasan definisi oksidasi sebagai pengikatan oksigen	Menghubungkan teori dengan konten disipliner
Risiko konseptual	bukti dianggap pengecualian yang tidak relevan	Menentukan titik rawan miskonsepsi
Arah intervensi	menjaga kepemilikan dan martabat intelektual peserta didik	Mengarahkan pembelajaran dan asesmen

3.9.1 Makna Ketidakpuasan Konseptual

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa peserta didik perlu mengenali bahwa konsepsi awal memiliki keterbatasan, inkonsistensi, atau kegagalan prediksi sebelum bersedia merevisinya. Definisi operasional perlu memuat ciri, fungsi, kondisi penggunaan, serta perbedaannya dari istilah yang berdekatan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Posner et al.; Hewson; Chinn dan Brewer menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada kegagalan konsep partikel membesar saat pemanasan. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, makna ketidakpuasan

konseptual perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah guru menyatakan konsepsi salah tanpa membuat peserta didik melihat keterbatasannya. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Implikasi pembelajarannya adalah membandingkan prediksi dengan data. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dalam praktik kelas, makna ketidakpuasan konseptual perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus kegagalan konsep partikel membesar saat pemanasan dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan membandingkan prediksi dengan data menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.9.2 Kesadaran akan Keterbatasan Konsepsi

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa peserta didik perlu mengenali bahwa konsepsi awal memiliki keterbatasan, inkonsistensi, atau kegagalan prediksi sebelum bersedia merevisinya. Analisis kritis diperlukan agar teori tidak berubah menjadi slogan pedagogis yang diterapkan tanpa mempertimbangkan domain konsep dan kondisi kelas.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Posner et al.; Hewson; Chinn dan Brewer menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Dalam pembelajaran kimia, ketidakmampuan aturan oktet menjelaskan semua molekul menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus

mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan kesadaran akan keterbatasan konsepsi sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah ketidakpuasan berubah menjadi ketidakpercayaan diri. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada menggunakan kasus batas dan noncontoh. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa kesadaran akan keterbatasan konsepsi tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus ketidakmampuan aturan oktet menjelaskan semua molekul, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan menggunakan kasus batas dan noncontoh dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.9.3 Kegagalan Prediksi sebagai Sumber Ketidakpuasan

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa peserta didik perlu mengenali bahwa konsepsi awal memiliki keterbatasan, inkonsistensi, atau kegagalan prediksi sebelum bersedia merevisinya. Keberhasilan sejati terlihat ketika konsep digunakan untuk menghasilkan prediksi dan penjelasan pada situasi yang belum pernah dilatihkan.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Posner et al.; Hewson; Chinn dan Brewer membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Dalam pembelajaran kimia, keterbatasan definisi oksidasi sebagai pengikatan oksigen menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan kegagalan prediksi sebagai sumber ketidakpuasan sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada peserta didik menyesuaikan jawaban demi guru tanpa revisi internal. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada meminta evaluasi daya jelas model. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, kegagalan prediksi sebagai sumber ketidakpuasan menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada keterbatasan definisi oksidasi sebagai pengikatan oksigen, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi meminta evaluasi daya jelas model perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.9.4 Inkonsistensi Internal dalam Penjelasan

Analisis konseptual menunjukkan bahwa peserta didik perlu mengenali bahwa konsepsi awal memiliki keterbatasan, inkonsistensi, atau kegagalan prediksi sebelum bersedia merevisinya. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Posner et al.; Hewson; Chinn dan Brewer menunjukkan perlunya menilai

bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Dalam pembelajaran kimia, ketidakcukupan gagasan kesetimbangan sebagai konsentrasi sama menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan inkonsistensi internal dalam penjelasan sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah bukti dianggap pengecualian yang tidak relevan. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada memfasilitasi refleksi terhadap inkonsistensi. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa inkonsistensi internal dalam penjelasan tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus ketidakcukupan gagasan kesetimbangan sebagai konsentrasi sama, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan memfasilitasi refleksi terhadap inkonsistensi dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.9.5 Perbandingan Daya Jelas Model

Analisis konseptual menunjukkan bahwa peserta didik perlu mengenali bahwa konsepsi awal memiliki keterbatasan, inkonsistensi, atau kegagalan prediksi sebelum bersedia merevisinya. Setiap representasi menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain, sehingga fungsi serta keterbatasannya harus dijelaskan secara eksplisit.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta

didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Posner et al.; Hewson; Chinn dan Brewer membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada kegagalan menyamakan kekuatan asam dengan konsentrasi. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, perbandingan daya jelas model perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah standar evaluasi konsep tidak dijelaskan. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Implikasi pembelajarannya adalah menjaga kepemilikan dan martabat intelektual peserta didik. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dari sisi penelitian pembelajaran, perbandingan daya jelas model menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada kegagalan menyamakan kekuatan asam dengan konsentrasi, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi menjaga kepemilikan dan martabat intelektual peserta didik perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.9.6 Peran Bukti Kontradiktif

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa peserta didik perlu mengenali bahwa konsepsi awal memiliki keterbatasan, inkonsistensi, atau kegagalan prediksi sebelum bersedia merevisinya. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif,

karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Posner et al.; Hewson; Chinn dan Brewer menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Kasus kegagalan konsep partikel membesar saat pemanasan memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, peran bukti kontradiktif tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada guru menyatakan konsepsi salah tanpa membuat peserta didik melihat keterbatasannya. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada membandingkan prediksi dengan data. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan peran bukti kontradiktif dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai kegagalan konsep partikel membesar saat pemanasan sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi membandingkan prediksi dengan data, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan kegagalan konsep partikel membesar saat pemanasan?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi membandingkan prediksi dengan data dapat diterapkan secara bertahap?

3.9.7 Peran Pertanyaan Diagnostik

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa peserta didik perlu mengenali bahwa konsepsi awal memiliki keterbatasan, inkonsistensi, atau kegagalan prediksi sebelum bersedia merevisinya. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Posner et al.; Hewson; Chinn dan Brewer menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Contoh ketidakmampuan aturan oktet menjelaskan semua molekul menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks peran pertanyaan diagnostik, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah ketidakpuasan berubah menjadi ketidakpercayaan diri. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan menggunakan kasus batas dan noncontoh. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa

menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembaran, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dalam praktik kelas, peran pertanyaan diagnostik perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus ketidakmampuan aturan oktet menjelaskan semua molekul dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan menggunakan kasus batas dan noncontoh menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.9.8 Metakognisi dan Penilaian Diri

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa peserta didik perlu mengenali bahwa konsepsi awal memiliki keterbatasan, inkonsistensi, atau kegagalan prediksi sebelum bersedia merevisinya. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Posner et al.; Hewson; Chinn dan Brewer membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Kasus keterbatasan definisi oksidasi sebagai pengikatan oksigen memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, metakognisi dan penilaian diri tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada peserta didik menyesuaikan jawaban demi guru tanpa revisi internal. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Implikasi pembelajarannya adalah meminta evaluasi daya jelas model. Guru dapat memulai dengan mengungkapkan pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa metakognisi dan penilaian diri tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus keterbatasan definisi oksidasi sebagai pengikatan oksigen, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan meminta evaluasi daya jelas model dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.9.9 Keyakinan Tinggi dan Resistensi

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa peserta didik perlu mengenali bahwa konsepsi awal memiliki keterbatasan, inkonsistensi, atau kegagalan prediksi sebelum bersedia merevisinya. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Posner et al.; Hewson; Chinn dan Brewer menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada ketidakcukupan gagasan kesetimbangan sebagai konsentrasi sama. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, keyakinan tinggi dan resistensi perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah bukti dianggap pengecualian yang tidak relevan. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi

lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Strategi yang relevan mencakup memfasilitasi refleksi terhadap inkonsistensi. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan keyakinan tinggi dan resistensi dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai ketidakcukupan gagasan kesetimbangan sebagai konsentrasi sama sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi refleksi terhadap inkonsistensi, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

Batas penting dari pembahasan ini ialah ketidakpuasan perlu diarahkan pada daya jelas suatu konsepsi, bukan pada harga diri atau identitas peserta didik. Perubahan konseptual tidak selalu dapat diamati melalui peningkatan skor langsung. Peserta didik dapat menekan gagasan lama ketika mengerjakan soal sekolah, tetapi mengaktifkannya kembali pada konteks sehari-hari. Karena itu, bukti perubahan perlu dikumpulkan lintas waktu, representasi, dan situasi.

3.9.10 Ketidakpuasan Semu

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa peserta didik perlu mengenali bahwa konsepsi awal memiliki keterbatasan, inkonsistensi, atau kegagalan prediksi sebelum bersedia merevisinya. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Posner et al.; Hewson; Chinn dan Brewer menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada kegagalan menyamakan kekuatan asam dengan konsentrasi. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau

menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, ketidakpuasan semu perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah standar evaluasi konsep tidak dijelaskan. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Implikasi pembelajarannya adalah menjaga kepemilikan dan martabat intelektual peserta didik. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa ketidakpuasan semu tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus kegagalan menyamakan kekuatan asam dengan konsentrasi, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan menjaga kepemilikan dan martabat intelektual peserta didik dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.9.11 Ketidakpuasan dan Rasa Aman Intelektual

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa peserta didik perlu mengenali bahwa konsepsi awal memiliki keterbatasan, inkonsistensi, atau kegagalan prediksi sebelum bersedia merevisinya. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Posner et al.; Hewson; Chinn dan Brewer menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Contoh kegagalan konsep partikel membesar saat pemanasan menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks ketidakpuasan dan rasa aman intelektual, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah guru menyatakan konsepsi salah tanpa membuat peserta didik melihat keterbatasannya. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada membandingkan prediksi dengan data. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, ketidakpuasan dan rasa aman intelektual menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada kegagalan konsep partikel membesar saat pemanasan, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi membandingkan prediksi dengan data perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.9.12 Penggunaan Kasus Batas

Kerangka ini memandang bahwa peserta didik perlu mengenali bahwa konsepsi awal memiliki keterbatasan, inkonsistensi, atau kegagalan prediksi sebelum bersedia merevisinya. Analisis kritis diperlukan agar teori tidak berubah menjadi slogan pedagogis yang diterapkan tanpa mempertimbangkan domain konsep dan kondisi kelas. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Posner et al.; Hewson; Chinn dan Brewer menolong guru mengidentifikasi

apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Kasus ketidakmampuan aturan oktet menjelaskan semua molekul memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, penggunaan kasus batas tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah ketidakpuasan berubah menjadi ketidakpercayaan diri. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada menggunakan kasus batas dan noncontoh. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dalam praktik kelas, penggunaan kasus batas perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus ketidakmampuan aturan oktet menjelaskan semua molekul dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan menggunakan kasus batas dan noncontoh menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan ketidakmampuan aturan oktet menjelaskan semua molekul?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?

- Bagaimana strategi menggunakan kasus batas dan noncontoh dapat diterapkan secara bertahap?

3.9.13 Penggunaan Noncontoh

Analisis konseptual menunjukkan bahwa peserta didik perlu mengenali bahwa konsepsi awal memiliki keterbatasan, inkonsistensi, atau kegagalan prediksi sebelum bersedia merevisinya. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Posner et al.; Hewson; Chinn dan Brewer membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Dalam pembelajaran kimia, keterbatasan definisi oksidasi sebagai pengikatan oksigen menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan penggunaan noncontoh sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah peserta didik menyesuaikan jawaban demi guru tanpa revisi internal. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan meminta evaluasi daya jelas model. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, penggunaan noncontoh menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada keterbatasan definisi oksidasi sebagai pengikatan oksigen, perbandingan beberapa jenis tugas

dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi meminta evaluasi daya jelas model perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.9.14 Refleksi terhadap Kesalahan Prosedural

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa peserta didik perlu mengenali bahwa konsepsi awal memiliki keterbatasan, inkonsistensi, atau kegagalan prediksi sebelum bersedia merevisinya. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Posner et al.; Hewson; Chinn dan Brewer menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada ketidakcukupan gagasan kesetimbangan sebagai konsentrasi sama. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, refleksi terhadap kesalahan prosedural perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah bukti dianggap pengecualian yang tidak relevan. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengkoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Strategi yang relevan mencakup memfasilitasi refleksi terhadap inkonsistensi. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Dalam praktik kelas, refleksi terhadap kesalahan prosedural perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus ketidakcukupan gagasan kesetimbangan sebagai konsentrasi sama dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan memfasilitasi refleksi terhadap inkonsistensi menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.9.15 Contoh pada Aturan Oktet

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa peserta didik perlu mengenali bahwa konsepsi awal memiliki keterbatasan, inkonsistensi, atau kegagalan prediksi sebelum bersedia merevisinya. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Posner et al.; Hewson; Chinn dan Brewer membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Kasus kegagalan menyamakan kekuatan asam dengan konsentrasi memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, contoh pada aturan oktet tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah standar evaluasi konsep tidak dijelaskan. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Strategi yang relevan mencakup menjaga kepemilikan dan martabat intelektual peserta didik. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban

ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan contoh pada aturan oktet dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai kegagalan menyamakan kekuatan asam dengan konsentrasi sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi menjaga kepemilikan dan martabat intelektual peserta didik, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.9.16 Contoh pada Kekuatan dan Konsentrasi Asam

Analisis konseptual menunjukkan bahwa peserta didik perlu mengenali bahwa konsepsi awal memiliki keterbatasan, inkonsistensi, atau kegagalan prediksi sebelum bersedia merevisinya. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Posner et al.; Hewson; Chinn dan Brewer menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Dalam pembelajaran kimia, kegagalan konsep partikel membesar saat pemanasan menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan contoh pada kekuatan dan konsentrasi asam sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah guru menyatakan konsepsi salah tanpa membuat peserta didik melihat keterbatasannya. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Strategi yang relevan mencakup membandingkan prediksi dengan data. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi

metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan contoh pada kekuatan dan konsentrasi asam dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai kegagalan konsep partikel membesar saat pemanasan sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi membandingkan prediksi dengan data, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.9.17 Indikator Ketidakpuasan yang Produktif

Kerangka ini memandang bahwa peserta didik perlu mengenali bahwa konsepsi awal memiliki keterbatasan, inkonsistensi, atau kegagalan prediksi sebelum bersedia merevisinya. Bukti diagnosis harus dikumpulkan dari alasan, representasi, konsistensi lintas konteks, dan tingkat keyakinan, bukan dari skor tunggal.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Posner et al.; Hewson; Chinn dan Brewer menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada ketidakmampuan aturan oktet menjelaskan semua molekul. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, indikator ketidakpuasan yang produktif perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada ketidakpuasan berubah menjadi ketidakpercayaan diri. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Implikasi pembelajarannya adalah menggunakan kasus batas dan noncontoh. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat

ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan indikator ketidakpuasan yang produktif dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai ketidakmampuan aturan oktet menjelaskan semua molekul sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi menggunakan kasus batas dan noncontoh, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.9.18 Implikasi bagi Umpan Balik Guru

Analisis konseptual menunjukkan bahwa peserta didik perlu mengenali bahwa konsepsi awal memiliki keterbatasan, inkonsistensi, atau kegagalan prediksi sebelum bersedia merevisinya. Peran guru adalah mengatur urutan pengalaman, pertanyaan, bukti, dan refleksi yang membuat peserta didik dapat menilai serta merevisi gagasannya.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Posner et al.; Hewson; Chinn dan Brewer menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Kasus keterbatasan definisi oksidasi sebagai pengikatan oksigen memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, implikasi bagi umpan balik guru tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah peserta didik menyesuaikan jawaban demi guru tanpa revisi internal. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan meminta evaluasi daya jelas model. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dalam praktik kelas, implikasi bagi umpan balik guru perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus keterbatasan definisi oksidasi sebagai pengikatan oksigen dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan meminta evaluasi daya jelas model menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan keterbatasan definisi oksidasi sebagai pengikatan oksigen?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi meminta evaluasi daya jelas model dapat diterapkan secara bertahap?

Catatan kritisnya, ketidakpuasan perlu diarahkan pada daya jelas suatu konsepsi, bukan pada harga diri atau identitas peserta didik. Teori tidak boleh diperlakukan sebagai resep tunggal. Efektivitas strategi dipengaruhi oleh karakter konsep, kesiapan prasyarat, norma interaksi kelas, bahasa yang digunakan, dan tujuan asesmen. Guru perlu menjaga keseimbangan antara penyederhanaan yang membantu dan distorsi yang justru menanamkan hambatan baru.

3.9.19 Sintesis Ketidakpuasan terhadap Konsepsi Awal

Pembahasan ketidakpuasan terhadap konsepsi awal menunjukkan bahwa peserta didik perlu mengenali bahwa konsepsi awal memiliki keterbatasan, inkonsistensi, atau kegagalan prediksi sebelum bersedia merevisinya. Kerangka ini membantu menjelaskan mengapa peserta didik dapat mempertahankan gagasan yang tidak selaras dengan ilmu sekalipun telah menerima penjelasan dan latihan. Kesulitan tersebut muncul karena belajar melibatkan interaksi antara struktur kognitif, representasi, bukti, bahasa, dan konteks penggunaan konsep.

Bagi pembelajaran kimia, implikasi utamanya ialah perlunya membandingkan prediksi dengan data, menggunakan kasus batas dan noncontoh, dan meminta evaluasi daya jelas model. Guru

perlu menilai perubahan pada kualitas alasan dan kemampuan transfer, bukan hanya pada jawaban akhir. Kerangka ini akan menjadi lebih kuat apabila dipadukan dengan perspektif lain dalam bab ini, sebab tidak satu teori pun menjelaskan seluruh dimensi perubahan konseptual.

Keterbatasan yang harus diingat adalah bahwa ketidakpuasan perlu diarahkan pada daya jelas suatu konsepsi, bukan pada harga diri atau identitas peserta didik. Oleh karena itu, penggunaan teori perlu bersifat diagnostik dan reflektif. Guru memilih strategi berdasarkan karakter konsep, pengetahuan awal, tingkat perkembangan representasional, kondisi afektif, dan bukti respons peserta didik selama pembelajaran.

3.10 Konsep Baru yang Dapat Dipahami

Konsep Baru yang Dapat Dipahami merupakan salah satu kerangka penting untuk memahami mengapa penjelasan yang telah diberikan guru tidak selalu menghasilkan struktur pemahaman yang dimaksudkan. Bagian ini memusatkan perhatian pada konsep alternatif ilmiah harus dapat direpresentasikan dan dihubungkan dengan pengetahuan prasyarat sehingga peserta didik mampu membentuk makna yang koheren. Dalam pendidikan kimia, proses tersebut menjadi sangat penting karena peserta didik harus menghubungkan fenomena yang dapat diamati dengan model partikel, simbol, grafik, persamaan, dan hubungan matematis.

Kerangka konsep baru yang dapat dipahami membantu membedakan belajar sebagai penambahan informasi dari belajar sebagai reorganisasi makna. Peserta didik dapat menghafal istilah, mengikuti algoritma, atau memperoleh jawaban numerik yang benar tanpa mengubah model yang digunakan untuk menjelaskan fenomena. Oleh karena itu, analisis harus diarahkan pada relasi antarkonsep, mekanisme kausal, kondisi penerapan, dan kemampuan berpindah antarrepresentasi.

Dalam literatur, pembahasan ini berkaitan dengan karya Posner et al.; Johnstone; Sweller. Masing-masing menawarkan penekanan berbeda, tetapi seluruhnya mengakui peran aktif struktur pengetahuan yang telah dimiliki peserta didik. Konsepsi awal tidak selalu berupa teori yang lengkap; konsepsi dapat berbentuk model, aturan intuitif, metafora, fragmen pengetahuan, atau keyakinan epistemologis yang aktif pada situasi tertentu.

Contoh kimia seperti pemahaman mol sebagai jembatan skala makro dan partikel, representasi orbital sebagai distribusi probabilitas, kesetimbangan dinamis melalui grafik laju memperlihatkan bahwa satu fenomena dapat ditafsirkan melalui beberapa kerangka. Guru perlu mengetahui alasan di balik respons peserta didik agar dapat menentukan apakah masalah berasal dari konsep prasyarat, bahasa, representasi, kategori ontologis, beban kognitif, atau faktor motivasional.

Tujuan subbab ini bukan hanya menjelaskan teori, tetapi menurunkan implikasi praktis bagi diagnosis, desain pembelajaran, penggunaan model, pengelolaan diskusi, dan asesmen

perubahan konsep. Fokus akhirnya adalah membantu peserta didik membangun pengetahuan kimia yang koheren, dapat digunakan, serta tahan terhadap perubahan konteks.

Dimensi Kajian	Uraian Utama	Fungsi Pedagogis
Landasan teoretis	konsep alternatif ilmiah harus dapat direpresentasikan dan dihubungkan dengan pengetahuan prasyarat sehingga peserta didik mampu membentuk makna yang koheren	Menjelaskan ruang lingkup konsep baru yang dapat dipahami
Objek diagnosis	Alasan, model, representasi, konsistensi, dan keyakinan peserta didik	Menghindari kesimpulan dari jawaban benar-salah saja
Contoh kimia	kesetimbangan dinamis melalui grafik laju	Menghubungkan teori dengan konten disipliner
Risiko konseptual	analogi digunakan tanpa pemetaan dan batas	Menentukan titik rawan miskonsepsi
Arah intervensi	memeriksa keterpahaman melalui penjelasan peserta didik	Mengarahkan pembelajaran dan asesmen

3.10.1 Pengertian Intelligibility

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa konsep alternatif ilmiah harus dapat direpresentasikan dan dihubungkan dengan pengetahuan prasyarat sehingga peserta didik mampu membentuk makna yang koheren. Definisi operasional perlu memuat ciri, fungsi, kondisi penggunaan, serta perbedaannya dari istilah yang berdekatan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Posner et al.; Johnstone; Sweller menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Contoh pemahaman mol sebagai jembatan skala makro dan partikel menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks pengertian intelligibility, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada konsep baru disajikan dengan bahasa lebih rumit daripada masalah awal. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Strategi yang relevan mencakup mengaktifkan konsep prasyarat. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Dalam praktik kelas, pengertian intelligibility perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus pemahaman mol sebagai jembatan skala makro dan partikel dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan mengaktifkan konsep prasyarat menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.10.2 Peran Pengetahuan Prasyarat

Analisis konseptual menunjukkan bahwa konsep alternatif ilmiah harus dapat direpresentasikan dan dihubungkan dengan pengetahuan prasyarat sehingga peserta didik mampu membentuk makna yang koheren. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Posner et al.; Johnstone; Sweller menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Kasus representasi orbital sebagai distribusi probabilitas memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, peran pengetahuan prasyarat tidak cukup dibahas melalui satu

contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah terlalu banyak representasi diperkenalkan serentak. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Strategi yang relevan mencakup melakukan segmentasi dan scaffolding. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Dalam praktik kelas, peran pengetahuan prasyarat perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus representasi orbital sebagai distribusi probabilitas dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan melakukan segmentasi dan scaffolding menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.10.3 Kejelasan Bahasa Ilmiah

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa konsep alternatif ilmiah harus dapat direpresentasikan dan dihubungkan dengan pengetahuan prasyarat sehingga peserta didik mampu membentuk makna yang koheren. Bahasa mengatur cara peserta didik membingkai entitas, proses, sebab, dan bukti; karena itu pilihan istilah dapat membuka atau justru membatasi penalaran.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Posner et al.; Johnstone; Sweller membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada kesetimbangan dinamis melalui grafik laju. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat

makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, kejelasan bahasa ilmiah perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah prasyarat tidak diperiksa. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Implikasi pembelajarannya adalah menghubungkan representasi secara eksplisit. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dalam praktik kelas, kejelasan bahasa ilmiah perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus kesetimbangan dinamis melalui grafik laju dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan menghubungkan representasi secara eksplisit menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.10.4 Definisi Operasional dan Batas Konsep

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa konsep alternatif ilmiah harus dapat direpresentasikan dan dihubungkan dengan pengetahuan prasyarat sehingga peserta didik mampu membentuk makna yang koheren. Analisis kritis diperlukan agar teori tidak berubah menjadi slogan pedagogis yang diterapkan tanpa mempertimbangkan domain konsep dan kondisi kelas.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Posner et al.; Johnstone; Sweller membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Kasus energi aktivasi melalui profil energi memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, definisi operasional dan batas konsep tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah analogi digunakan tanpa pemetaan dan batas. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan menggunakan contoh bertahap dan worked examples. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjemabatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, definisi operasional dan batas konsep menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada energi aktivasi melalui profil energi, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi menggunakan contoh bertahap dan worked examples perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.10.5 Segmentasi Informasi Kompleks

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa konsep alternatif ilmiah harus dapat direpresentasikan dan dihubungkan dengan pengetahuan prasyarat sehingga peserta didik mampu membentuk makna yang koheren. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Posner et al.; Johnstone; Sweller menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran

membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Dalam pembelajaran kimia, polaritas molekul melalui geometri dan vektor dipol menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan segmentasi informasi kompleks sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah rumus dipahami tanpa makna variabel. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Strategi yang relevan mencakup memeriksa keterpahaman melalui penjelasan peserta didik. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan segmentasi informasi kompleks dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai polaritas molekul melalui geometri dan vektor dipol sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi memeriksa keterpahaman melalui penjelasan peserta didik, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.10.6 Scaffolding Konseptual

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa konsep alternatif ilmiah harus dapat direpresentasikan dan dihubungkan dengan pengetahuan prasyarat sehingga peserta didik mampu membentuk makna yang koheren. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah,

prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Posner et al.; Johnstone; Sweller menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Dalam pembelajaran kimia, pemahaman mol sebagai jembatan skala makro dan partikel menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan scaffolding konseptual sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada konsep baru disajikan dengan bahasa lebih rumit daripada masalah awal. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Strategi yang relevan mencakup mengaktifkan konsep prasyarat. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa scaffolding konseptual tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus pemahaman mol sebagai jembatan skala makro dan partikel, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan mengaktifkan konsep prasyarat dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan pemahaman mol sebagai jembatan skala makro dan partikel?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?

- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi mengaktifkan konsep prasyarat dapat diterapkan secara bertahap?

3.10.7 Analogi dan Pemetaan Relasi

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa konsep alternatif ilmiah harus dapat direpresentasikan dan dihubungkan dengan pengetahuan prasyarat sehingga peserta didik mampu membentuk makna yang koheren. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Posner et al.; Johnstone; Sweller membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Contoh representasi orbital sebagai distribusi probabilitas menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks analogi dan pemetaan relasi, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada terlalu banyak representasi diperkenalkan serentak. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada melakukan segmentasi dan scaffolding. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dalam praktik kelas, analogi dan pemetaan relasi perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus representasi orbital sebagai

distribusi probabilitas dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan melakukan segmentasi dan scaffolding menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.10.8 Representasi Visual dan Model Partikel

Kerangka ini memandang bahwa konsep alternatif ilmiah harus dapat direpresentasikan dan dihubungkan dengan pengetahuan prasyarat sehingga peserta didik mampu membentuk makna yang koheren. Setiap representasi menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain, sehingga fungsi serta keterbatasannya harus dijelaskan secara eksplisit.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Posner et al.; Johnstone; Sweller menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Dalam pembelajaran kimia, kesetimbangan dinamis melalui grafik laju menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan representasi visual dan model partikel sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah prasyarat tidak diperiksa. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Implikasi pembelajarannya adalah menghubungkan representasi secara eksplisit. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa representasi visual dan model partikel tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi,

motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus kesetimbangan dinamis melalui grafik laju, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan menghubungkan representasi secara eksplisit dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.10.9 Representasi Simbolik dan Matematis

Dalam konteks pendidikan kimia, titik tolak yang perlu ditegaskan ialah bahwa konsep alternatif ilmiah harus dapat direpresentasikan dan dihubungkan dengan pengetahuan prasyarat sehingga peserta didik mampu membentuk makna yang koheren. Setiap representasi menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain, sehingga fungsi serta keterbatasannya harus dijelaskan secara eksplisit.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Posner et al.; Johnstone; Sweller menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Dalam pembelajaran kimia, energi aktivasi melalui profil energi menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan representasi simbolik dan matematis sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada analogi digunakan tanpa pemetaan dan batas. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada menggunakan contoh bertahap dan worked examples. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, representasi simbolik dan matematis menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada energi aktivasi melalui profil energi, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi menggunakan contoh bertahap dan worked examples perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

Batas penting dari pembahasan ini ialah keterpahaman tidak identik dengan kesederhanaan; konsep dapat kompleks tetapi tetap dapat dipahami apabila struktur, bahasa, dan representasinya terorganisasi. Perubahan konseptual tidak selalu dapat diamati melalui peningkatan skor langsung. Peserta didik dapat menekan gagasan lama ketika mengerjakan soal sekolah, tetapi mengaktifkannya kembali pada konteks sehari-hari. Karena itu, bukti perubahan perlu dikumpulkan lintas waktu, representasi, dan situasi.

3.10.10 Integrasi Multiple Representations

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa konsep alternatif ilmiah harus dapat direpresentasikan dan dihubungkan dengan pengetahuan prasyarat sehingga peserta didik mampu membentuk makna yang koheren. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Posner et al.; Johnstone; Sweller membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Kasus polaritas molekul melalui geometri dan vektor dipol memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, integrasi multiple representations tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah rumus dipahami tanpa makna variabel. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber

keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan memeriksa keterpahaman melalui penjelasan peserta didik. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjemabatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan integrasi multiple representations dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai polaritas molekul melalui geometri dan vektor dipol sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi memeriksa keterpahaman melalui penjelasan peserta didik, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.10.11 Pengelolaan Beban Kognitif

Analisis konseptual menunjukkan bahwa konsep alternatif ilmiah harus dapat direpresentasikan dan dihubungkan dengan pengetahuan prasyarat sehingga peserta didik mampu membentuk makna yang koheren. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Posner et al.; Johnstone; Sweller menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada pemahaman mol sebagai jembatan skala makro dan partikel. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, pengelolaan beban kognitif perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah konsep baru disajikan dengan bahasa lebih rumit daripada masalah awal. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Strategi yang relevan mencakup mengaktifkan konsep prasyarat. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa pengelolaan beban kognitif tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus pemahaman mol sebagai jembatan skala makro dan partikel, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan mengaktifkan konsep prasyarat dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.10.12 Worked Examples dan Fading

Kerangka ini memandang bahwa konsep alternatif ilmiah harus dapat direpresentasikan dan dihubungkan dengan pengetahuan prasyarat sehingga peserta didik mampu membentuk makna yang koheren. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Posner et al.; Johnstone; Sweller menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada representasi orbital sebagai distribusi probabilitas. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, worked examples dan fading

perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah terlalu banyak representasi diperkenalkan serentak. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Implikasi pembelajarannya adalah melakukan segmentasi dan scaffolding. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan worked examples dan fading dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai representasi orbital sebagai distribusi probabilitas sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi melakukan segmentasi dan scaffolding, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan representasi orbital sebagai distribusi probabilitas?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi melakukan segmentasi dan scaffolding dapat diterapkan secara bertahap?

3.10.13 Pertanyaan Penuntun

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa konsep alternatif ilmiah harus dapat direpresentasikan dan dihubungkan dengan pengetahuan prasyarat sehingga peserta didik mampu membentuk makna yang koheren. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan

antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Posner et al.; Johnstone; Sweller menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Kasus kesetimbangan dinamis melalui grafik laju memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, pertanyaan penuntun tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah prasyarat tidak diperiksa. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Implikasi pembelajarannya adalah menghubungkan representasi secara eksplisit. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dari sisi penelitian pembelajaran, pertanyaan penuntun menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada kesetimbangan dinamis melalui grafik laju, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi menghubungkan representasi secara eksplisit perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.10.14 Pemeriksaan Keterpahaman

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa konsep alternatif ilmiah harus dapat direpresentasikan dan dihubungkan dengan pengetahuan prasyarat sehingga peserta

didik mampu membentuk makna yang koheren. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Posner et al.; Johnstone; Sweller membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Contoh energi aktivasi melalui profil energi menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks pemeriksaan keterpahaman, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah analogi digunakan tanpa pemetaan dan batas. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Implikasi pembelajarannya adalah menggunakan contoh bertahap dan worked examples. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan pemeriksaan keterpahaman dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai energi aktivasi melalui profil energi sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi menggunakan contoh bertahap dan worked examples, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.10.15 Contoh pada Konsep Mol

Dalam konteks pendidikan kimia, titik tolak yang perlu ditegaskan ialah bahwa konsep alternatif ilmiah harus dapat direpresentasikan dan dihubungkan dengan pengetahuan prasyarat sehingga peserta didik mampu membentuk makna yang koheren. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Posner et al.; Johnstone; Sweller menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Kasus polaritas molekul melalui geometri dan vektor dipol memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, contoh pada konsep mol tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada rumus dipahami tanpa makna variabel. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Implikasi pembelajarannya adalah memeriksa keterpahaman melalui penjelasan peserta didik. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dalam praktik kelas, contoh pada konsep mol perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus polaritas molekul melalui geometri dan vektor dipol dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan memeriksa

keterpahaman melalui penjelasan peserta didik menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.10.16 Contoh pada Orbital dan Probabilitas

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa konsep alternatif ilmiah harus dapat direpresentasikan dan dihubungkan dengan pengetahuan prasyarat sehingga peserta didik mampu membentuk makna yang koheren. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Posner et al.; Johnstone; Sweller menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Kasus pemahaman mol sebagai jembatan skala makro dan partikel memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, contoh pada orbital dan probabilitas tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah konsep baru disajikan dengan bahasa lebih rumit daripada masalah awal. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada mengaktifkan konsep prasyarat. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, contoh pada orbital dan probabilitas menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada pemahaman mol sebagai jembatan skala makro dan partikel, perbandingan beberapa jenis

tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi mengaktifkan konsep prasyarat perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.10.17 Contoh pada Keseimbangan Dinamis

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa konsep alternatif ilmiah harus dapat direpresentasikan dan dihubungkan dengan pengetahuan prasyarat sehingga peserta didik mampu membentuk makna yang koheren. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Posner et al.; Johnstone; Sweller menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Dalam pembelajaran kimia, representasi orbital sebagai distribusi probabilitas menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan contoh pada keseimbangan dinamis sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada terlalu banyak representasi diperkenalkan serentak. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Implikasi pembelajarannya adalah melakukan segmentasi dan scaffolding. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dari sisi penelitian pembelajaran, contoh pada keseimbangan dinamis menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada representasi orbital sebagai distribusi probabilitas, perbandingan beberapa jenis tugas dapat

menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi melakukan segmentasi dan scaffolding perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.10.18 Implikasi bagi Desain Bahan Ajar

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa konsep alternatif ilmiah harus dapat direpresentasikan dan dihubungkan dengan pengetahuan prasyarat sehingga peserta didik mampu membentuk makna yang koheren. Peran guru adalah mengatur urutan pengalaman, pertanyaan, bukti, dan refleksi yang membuat peserta didik dapat menilai serta merevisi gagasannya.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Posner et al.; Johnstone; Sweller menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Kasus kesetimbangan dinamis melalui grafik laju memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, implikasi bagi desain bahan ajar tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah prasyarat tidak diperiksa. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Strategi yang relevan mencakup menghubungkan representasi secara eksplisit. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa implikasi bagi desain bahan ajar tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan

norma epistemik kelas. Pada kasus kesetimbangan dinamis melalui grafik laju, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan menghubungkan representasi secara eksplisit dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan kesetimbangan dinamis melalui grafik laju?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi menghubungkan representasi secara eksplisit dapat diterapkan secara bertahap?

Batas penting dari pembahasan ini ialah keterpahaman tidak identik dengan kesederhanaan; konsep dapat kompleks tetapi tetap dapat dipahami apabila struktur, bahasa, dan representasinya terorganisasi. Perubahan konseptual tidak selalu dapat diamati melalui peningkatan skor langsung. Peserta didik dapat menekan gagasan lama ketika mengerjakan soal sekolah, tetapi mengaktifkannya kembali pada konteks sehari-hari. Karena itu, bukti perubahan perlu dikumpulkan lintas waktu, representasi, dan situasi.

3.10.19 Sintesis Konsep Baru yang Dapat Dipahami

Pembahasan konsep baru yang dapat dipahami menunjukkan bahwa konsep alternatif ilmiah harus dapat direpresentasikan dan dihubungkan dengan pengetahuan prasyarat sehingga peserta didik mampu membentuk makna yang koheren. Kerangka ini membantu menjelaskan mengapa peserta didik dapat mempertahankan gagasan yang tidak selaras dengan ilmu sekalipun telah menerima penjelasan dan latihan. Kesulitan tersebut muncul karena belajar melibatkan interaksi antara struktur kognitif, representasi, bukti, bahasa, dan konteks penggunaan konsep.

Bagi pembelajaran kimia, implikasi utamanya ialah perlunya mengaktifkan konsep prasyarat, melakukan segmentasi dan scaffolding, dan menghubungkan representasi secara eksplisit. Guru perlu menilai perubahan pada kualitas alasan dan kemampuan transfer, bukan hanya pada jawaban akhir. Kerangka ini akan menjadi lebih kuat apabila dipadukan dengan perspektif lain dalam bab ini, sebab tidak satu teori pun menjelaskan seluruh dimensi perubahan konseptual.

Keterbatasan yang harus diingat adalah bahwa keterpahaman tidak identik dengan kesederhanaan; konsep dapat kompleks tetapi tetap dapat dipahami apabila struktur, bahasa,

dan representasinya terorganisasi. Oleh karena itu, penggunaan teori perlu bersifat diagnostik dan reflektif. Guru memilih strategi berdasarkan karakter konsep, pengetahuan awal, tingkat perkembangan representasional, kondisi afektif, dan bukti respons peserta didik selama pembelajaran.

3.11 Konsep Baru yang Masuk Akal

Konsep Baru yang Masuk Akal merupakan salah satu kerangka penting untuk memahami mengapa penjelasan yang telah diberikan guru tidak selalu menghasilkan struktur pemahaman yang dimaksudkan. Bagian ini memusatkan perhatian pada konsep ilmiah perlu dipandang konsisten dengan bukti, pengetahuan yang dipercaya, dan standar penalaran sehingga layak diterima sebagai penjelasan. Dalam pendidikan kimia, proses tersebut menjadi sangat penting karena peserta didik harus menghubungkan fenomena yang dapat diamati dengan model partikel, simbol, grafik, persamaan, dan hubungan matematis.

Kerangka konsep baru yang masuk akal membantu membedakan belajar sebagai penambahan informasi dari belajar sebagai reorganisasi makna. Peserta didik dapat menghafal istilah, mengikuti algoritma, atau memperoleh jawaban numerik yang benar tanpa mengubah model yang digunakan untuk menjelaskan fenomena. Oleh karena itu, analisis harus diarahkan pada relasi antarkonsep, mekanisme kausal, kondisi penerapan, dan kemampuan berpindah antarrepresentasi.

Dalam literatur, pembahasan ini berkaitan dengan karya Posner et al.; Chinn dan Brewer; Driver et al.. Masing-masing menawarkan penekanan berbeda, tetapi seluruhnya mengakui peran aktif struktur pengetahuan yang telah dimiliki peserta didik. Konsepsi awal tidak selalu berupa teori yang lengkap; konsepsi dapat berbentuk model, aturan intuitif, metafora, fragmen pengetahuan, atau keyakinan epistemologis yang aktif pada situasi tertentu.

Contoh kimia seperti model partikel untuk menjelaskan tekanan gas, interaksi ion-dipol pada pelarutan, perubahan energi sistem pada pembentukan ikatan memperlihatkan bahwa satu fenomena dapat ditafsirkan melalui beberapa kerangka. Guru perlu mengetahui alasan di balik respons peserta didik agar dapat menentukan apakah masalah berasal dari konsep prasyarat, bahasa, representasi, kategori ontologis, beban kognitif, atau faktor motivasional.

Tujuan subbab ini bukan hanya menjelaskan teori, tetapi menurunkan implikasi praktis bagi diagnosis, desain pembelajaran, penggunaan model, pengelolaan diskusi, dan asesmen perubahan konsep. Fokus akhirnya adalah membantu peserta didik membangun pengetahuan kimia yang koheren, dapat digunakan, serta tahan terhadap perubahan konteks.

Dimensi Kajian	Uraian Utama	Fungsi Pedagogis
Landasan teoretis	konsep ilmiah perlu dipandang konsisten dengan bukti, pengetahuan yang dipercaya, dan standar	Menjelaskan ruang lingkup konsep baru yang masuk akal

Dimensi Kajian	Uraian Utama	Fungsi Pedagogis
	penalaran sehingga layak diterima sebagai penjelasan	
Objek diagnosis	Alasan, model, representasi, konsistensi, dan keyakinan peserta didik	Menghindari kesimpulan dari jawaban benar-salah saja
Contoh kimia	perubahan energi sistem pada pembentukan ikatan	Menghubungkan teori dengan konten disipliner
Risiko konseptual	konsep ilmiah bertentangan dengan komitmen lain yang tidak dibahas	Menentukan titik rawan miskonsepsi
Arah intervensi	memberi kesempatan menguji prediksi	Mengarahkan pembelajaran dan asesmen

3.11.1 Pengertian Plausibility

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa konsep ilmiah perlu dipandang konsisten dengan bukti, pengetahuan yang dipercaya, dan standar penalaran sehingga layak diterima sebagai penjelasan. Definisi operasional perlu memuat ciri, fungsi, kondisi penggunaan, serta perbedaannya dari istilah yang berdekatan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Posner et al.; Chinn dan Brewer; Driver et al. menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Kasus model partikel untuk menjelaskan tekanan gas memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, pengertian plausibility tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah peserta didik memahami kata-kata tetapi tidak mempercayai model. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan membangun argumentasi klaim-bukti-penalaran. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi

gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembaran, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, pengertian plausibility menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada model partikel untuk menjelaskan tekanan gas, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi membangun argumentasi klaim-bukti-penalaran perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.11.2 Koherensi dengan Pengetahuan yang Dipercaya

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa konsep ilmiah perlu dipandang konsisten dengan bukti, pengetahuan yang dipercaya, dan standar penalaran sehingga layak diterima sebagai penjelasan. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Posner et al.; Chinn dan Brewer; Driver et al. menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada interaksi ion-dipol pada pelarutan. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, koherensi dengan pengetahuan yang dipercaya perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada otoritas guru menggantikan evaluasi bukti. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah

secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Implikasi pembelajarannya adalah membandingkan model berdasarkan koherensi dan daya jelas. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa koherensi dengan pengetahuan yang dipercaya tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus interaksi ion-dipol pada pelarutan, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan membandingkan model berdasarkan koherensi dan daya jelas dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.11.3 Konsistensi dengan Bukti Empiris

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa konsep ilmiah perlu dipandang konsisten dengan bukti, pengetahuan yang dipercaya, dan standar penalaran sehingga layak diterima sebagai penjelasan. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Posner et al.; Chinn dan Brewer; Driver et al. membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Dalam pembelajaran kimia, perubahan energi sistem pada pembentukan ikatan menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan konsistensi dengan bukti empiris sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah data tidak dihubungkan dengan klaim. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada menjelaskan kualitas dan keterbatasan bukti. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, konsistensi dengan bukti empiris menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada perubahan energi sistem pada pembentukan ikatan, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi menjelaskan kualitas dan keterbatasan bukti perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.11.4 Daya Jelas dan Kesederhanaan Relatif

Kerangka ini memandang bahwa konsep ilmiah perlu dipandang konsisten dengan bukti, pengetahuan yang dipercaya, dan standar penalaran sehingga layak diterima sebagai penjelasan. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Posner et al.; Chinn dan Brewer; Driver et al. menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada mekanisme asam-basa sebagai transfer proton. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, daya jelas dan kesederhanaan

relatif perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah konsep ilmiah bertentangan dengan komitmen lain yang tidak dibahas. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada menghubungkan konsep baru dengan jangkar yang diterima. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dalam praktik kelas, daya jelas dan kesederhanaan relatif perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus mekanisme asam-basa sebagai transfer proton dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan menghubungkan konsep baru dengan jangkar yang diterima menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.11.5 Kredibilitas Sumber Pengetahuan

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa konsep ilmiah perlu dipandang konsisten dengan bukti, pengetahuan yang dipercaya, dan standar penalaran sehingga layak diterima sebagai penjelasan. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Posner et al.; Chinn dan Brewer; Driver et al. membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Dalam pembelajaran kimia, hubungan potensial sel dan spontanitas redoks menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan kredibilitas sumber pengetahuan sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah satu contoh positif dianggap bukti universal. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada memberi kesempatan menguji prediksi. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa kredibilitas sumber pengetahuan tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus hubungan potensial sel dan spontanitas redoks, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan memberi kesempatan menguji prediksi dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.11.6 Otoritas dan Evaluasi Mandiri

Analisis konseptual menunjukkan bahwa konsep ilmiah perlu dipandang konsisten dengan bukti, pengetahuan yang dipercaya, dan standar penalaran sehingga layak diterima sebagai penjelasan. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Posner et al.; Chinn dan

Brewer; Driver et al. membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Dalam pembelajaran kimia, model partikel untuk menjelaskan tekanan gas menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan otoritas dan evaluasi mandiri sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada peserta didik memahami kata-kata tetapi tidak mempercayai model. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan membangun argumentasi klaim-bukti-penalaran. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa otoritas dan evaluasi mandiri tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus model partikel untuk menjelaskan tekanan gas, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan membangun argumentasi klaim-bukti-penalaran dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan model partikel untuk menjelaskan tekanan gas?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?

- Bagaimana strategi membangun argumentasi klaim-bukti-penalaran dapat diterapkan secara bertahap?

3.11.7 Argumentasi Klaim-Bukti-Penalaran

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa konsep ilmiah perlu dipandang konsisten dengan bukti, pengetahuan yang dipercaya, dan standar penalaran sehingga layak diterima sebagai penjelasan. Bahasa mengatur cara peserta didik membingkai entitas, proses, sebab, dan bukti; karena itu pilihan istilah dapat membuka atau justru membatasi penalaran.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Posner et al.; Chinn dan Brewer; Driver et al. membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Kasus interaksi ion-dipol pada pelarutan memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, argumentasi klaim-bukti-penalaran tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah otoritas guru menggantikan evaluasi bukti. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Implikasi pembelajarannya adalah membandingkan model berdasarkan koherensi dan daya jelas. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dari sisi penelitian pembelajaran, argumentasi klaim-bukti-penalaran menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada interaksi ion-dipol pada pelarutan, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan

apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi membandingkan model berdasarkan koherensi dan daya jelas perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.11.8 Perbandingan Model Alternatif

Analisis konseptual menunjukkan bahwa konsep ilmiah perlu dipandang konsisten dengan bukti, pengetahuan yang dipercaya, dan standar penalaran sehingga layak diterima sebagai penjelasan. Setiap representasi menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain, sehingga fungsi serta keterbatasannya harus dijelaskan secara eksplisit.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Posner et al.; Chinn dan Brewer; Driver et al. menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada perubahan energi sistem pada pembentukan ikatan. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, perbandingan model alternatif perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah data tidak dihubungkan dengan klaim. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada menjelaskan kualitas dan keterbatasan bukti. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan perbandingan model alternatif dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai perubahan energi sistem pada pembentukan ikatan sebaiknya tidak

disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi menjelaskan kualitas dan keterbatasan bukti, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.11.9 Pemetaan Hubungan Sebab-Akibat

Dalam konteks pendidikan kimia, titik tolak yang perlu ditegaskan ialah bahwa konsep ilmiah perlu dipandang konsisten dengan bukti, pengetahuan yang dipercaya, dan standar penalaran sehingga layak diterima sebagai penjelasan. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Posner et al.; Chinn dan Brewer; Driver et al. membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Contoh mekanisme asam-basa sebagai transfer proton menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks pemetaan hubungan sebab-akibat, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah konsep ilmiah bertentangan dengan komitmen lain yang tidak dibahas. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada menghubungkan konsep baru dengan jangkar yang diterima. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat,

wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, pemetaan hubungan sebab-akibat menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada mekanisme asam-basa sebagai transfer proton, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi menghubungkan konsep baru dengan jangkar yang diterima perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

Batas penting dari pembahasan ini ialah kemasukakalan bersifat epistemik dan personal sekaligus; konsep yang masuk akal bagi ahli belum tentu langsung masuk akal bagi pemula. Perubahan konseptual tidak selalu dapat diamati melalui peningkatan skor langsung. Peserta didik dapat menekan gagasan lama ketika mengerjakan soal sekolah, tetapi mengaktifkannya kembali pada konteks sehari-hari. Karena itu, bukti perubahan perlu dikumpulkan lintas waktu, representasi, dan situasi.

3.11.10 Penjelasan Mekanistik

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa konsep ilmiah perlu dipandang konsisten dengan bukti, pengetahuan yang dipercaya, dan standar penalaran sehingga layak diterima sebagai penjelasan. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Posner et al.; Chinn dan Brewer; Driver et al. membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Contoh hubungan potensial sel dan spontanitas redoks menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks penjelasan mekanistik, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah satu contoh positif dianggap bukti universal. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan

berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Strategi yang relevan mencakup memberi kesempatan menguji prediksi. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan penjelasan mekanistik dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai hubungan potensial sel dan spontanitas redoks sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi memberi kesempatan menguji prediksi, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.11.11 Prediksi sebagai Uji Kemasukakalan

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa konsep ilmiah perlu dipandang konsisten dengan bukti, pengetahuan yang dipercaya, dan standar penalaran sehingga layak diterima sebagai penjelasan. Keberhasilan sejati terlihat ketika konsep digunakan untuk menghasilkan prediksi dan penjelasan pada situasi yang belum pernah dilatihkan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Posner et al.; Chinn dan Brewer; Driver et al. menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Contoh model partikel untuk menjelaskan tekanan gas menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks prediksi sebagai uji kemasukakalan, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah peserta didik memahami kata-kata tetapi tidak mempercayai model. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada membangun argumentasi klaim-bukti-penalaran. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, prediksi sebagai uji kemasukakalan menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada model partikel untuk menjelaskan tekanan gas, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi membangun argumentasi klaim-bukti-penalaran perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.11.12 Peran Jangkar Konseptual

Kerangka ini memandang bahwa konsep ilmiah perlu dipandang konsisten dengan bukti, pengetahuan yang dipercaya, dan standar penalaran sehingga layak diterima sebagai penjelasan. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Posner et al.; Chinn dan Brewer; Driver et al. menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada interaksi ion-dipol pada pelarutan. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, peran jangkar konseptual perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan

mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada otoritas guru menggantikan evaluasi bukti. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Implikasi pembelajarannya adalah membandingkan model berdasarkan koherensi dan daya jelas. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan peran jangkar konseptual dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai interaksi ion-dipol pada pelarutan sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi membandingkan model berdasarkan koherensi dan daya jelas, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan interaksi ion-dipol pada pelarutan?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi membandingkan model berdasarkan koherensi dan daya jelas dapat diterapkan secara bertahap?

3.11.13 Kemasukakalan dan Pengalaman Sehari-hari

Analisis konseptual menunjukkan bahwa konsep ilmiah perlu dipandang konsisten dengan bukti, pengetahuan yang dipercaya, dan standar penalaran sehingga layak diterima sebagai penjelasan. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif,

karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Posner et al.; Chinn dan Brewer; Driver et al. menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Dalam pembelajaran kimia, perubahan energi sistem pada pembentukan ikatan menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan kemasukakalan dan pengalaman sehari-hari sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah data tidak dihubungkan dengan klaim. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Implikasi pembelajarannya adalah menjelaskan kualitas dan keterbatasan bukti. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dari sisi penelitian pembelajaran, kemasukakalan dan pengalaman sehari-hari menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada perubahan energi sistem pada pembentukan ikatan, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi menjelaskan kualitas dan keterbatasan bukti perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.11.14 Kemasukakalan dan Bahasa Ilmiah

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa konsep ilmiah perlu dipandang konsisten dengan bukti, pengetahuan yang dipercaya, dan standar penalaran sehingga layak

diterima sebagai penjelasan. Bahasa mengatur cara peserta didik membingkai entitas, proses, sebab, dan bukti; karena itu pilihan istilah dapat membuka atau justru membatasi penalaran.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Posner et al.; Chinn dan Brewer; Driver et al. menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Dalam pembelajaran kimia, mekanisme asam-basa sebagai transfer proton menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan kemasukakalan dan bahasa ilmiah sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah konsep ilmiah bertentangan dengan komitmen lain yang tidak dibahas. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada menghubungkan konsep baru dengan jangkar yang diterima. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan kemasukakalan dan bahasa ilmiah dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai mekanisme asam-basa sebagai transfer proton sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi menghubungkan konsep baru dengan jangkar yang diterima, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.11.15 Contoh pada Pelarutan Ionik

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa konsep ilmiah perlu dipandang konsisten dengan bukti, pengetahuan yang dipercaya, dan standar penalaran sehingga layak diterima sebagai penjelasan. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Posner et al.; Chinn dan Brewer; Driver et al. menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Kasus hubungan potensial sel dan spontanitas redoks memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, contoh pada pelarutan ionik tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah satu contoh positif dianggap bukti universal. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Strategi yang relevan mencakup memberi kesempatan menguji prediksi. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Dalam praktik kelas, contoh pada pelarutan ionik perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus hubungan potensial sel dan spontanitas redoks dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan memberi kesempatan menguji

prediksi menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.11.16 Contoh pada Pembentukan Ikatan

Dalam konteks pendidikan kimia, titik tolak yang perlu ditegaskan ialah bahwa konsep ilmiah perlu dipandang konsisten dengan bukti, pengetahuan yang dipercaya, dan standar penalaran sehingga layak diterima sebagai penjelasan. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Posner et al.; Chinn dan Brewer; Driver et al. menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Contoh model partikel untuk menjelaskan tekanan gas menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks contoh pada pembentukan ikatan, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah peserta didik memahami kata-kata tetapi tidak mempercayai model. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada membangun argumentasi klaim-bukti-penalaran. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dalam praktik kelas, contoh pada pembentukan ikatan perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus model partikel untuk menjelaskan tekanan gas dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang

berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan membangun argumentasi klaim-bukti-penalaran menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.11.17 Contoh pada Reaksi Redoks

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa konsep ilmiah perlu dipandang konsisten dengan bukti, pengetahuan yang dipercaya, dan standar penalaran sehingga layak diterima sebagai penjelasan. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Posner et al.; Chinn dan Brewer; Driver et al. menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada interaksi ion-dipol pada pelarutan. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, contoh pada reaksi redoks perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah otoritas guru menggantikan evaluasi bukti. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Implikasi pembelajarannya adalah membandingkan model berdasarkan koherensi dan daya jelas. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dalam praktik kelas, contoh pada reaksi redoks perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi,

urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus interaksi ion-dipol pada pelarutan dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan membandingkan model berdasarkan koherensi dan daya jelas menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.11.18 Implikasi bagi Diskusi Kelas

Kerangka ini memandang bahwa konsep ilmiah perlu dipandang konsisten dengan bukti, pengetahuan yang dipercaya, dan standar penalaran sehingga layak diterima sebagai penjelasan. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Posner et al.; Chinn dan Brewer; Driver et al. menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Dalam pembelajaran kimia, perubahan energi sistem pada pembentukan ikatan menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan implikasi bagi diskusi kelas sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah data tidak dihubungkan dengan klaim. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan menjelaskan kualitas dan keterbatasan bukti. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dalam praktik kelas, implikasi bagi diskusi kelas perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus perubahan energi sistem pada pembentukan ikatan dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan menjelaskan kualitas dan keterbatasan bukti menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan perubahan energi sistem pada pembentukan ikatan?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi menjelaskan kualitas dan keterbatasan bukti dapat diterapkan secara bertahap?

Catatan kritisnya, kemasukakalan bersifat epistemik dan personal sekaligus; konsep yang masuk akal bagi ahli belum tentu langsung masuk akal bagi pemula. Teori tidak boleh diperlakukan sebagai resep tunggal. Efektivitas strategi dipengaruhi oleh karakter konsep, kesiapan prasyarat, norma interaksi kelas, bahasa yang digunakan, dan tujuan asesmen. Guru perlu menjaga keseimbangan antara penyederhanaan yang membantu dan distorsi yang justru menanamkan hambatan baru.

3.11.19 Sintesis Konsep Baru yang Masuk Akal

Pembahasan konsep baru yang masuk akal menunjukkan bahwa konsep ilmiah perlu dipandang konsisten dengan bukti, pengetahuan yang dipercaya, dan standar penalaran sehingga layak diterima sebagai penjelasan. Kerangka ini membantu menjelaskan mengapa peserta didik dapat mempertahankan gagasan yang tidak selaras dengan ilmu sekalipun telah menerima penjelasan dan latihan. Kesulitan tersebut muncul karena belajar melibatkan interaksi antara struktur kognitif, representasi, bukti, bahasa, dan konteks penggunaan konsep.

Bagi pembelajaran kimia, implikasi utamanya ialah perlunya membangun argumentasi klaim-bukti-penalaran, membandingkan model berdasarkan koherensi dan daya jelas, dan menjelaskan kualitas dan keterbatasan bukti. Guru perlu menilai perubahan pada kualitas alasan dan kemampuan transfer, bukan hanya pada jawaban akhir. Kerangka ini akan menjadi lebih kuat apabila dipadukan dengan perspektif lain dalam bab ini, sebab tidak satu teori pun menjelaskan seluruh dimensi perubahan konseptual.

Keterbatasan yang harus diingat adalah bahwa kemasukakalan bersifat epistemik dan personal sekaligus; konsep yang masuk akal bagi ahli belum tentu langsung masuk akal bagi pemula. Oleh karena itu, penggunaan teori perlu bersifat diagnostik dan reflektif. Guru memilih strategi berdasarkan karakter konsep, pengetahuan awal, tingkat perkembangan representasional, kondisi afektif, dan bukti respons peserta didik selama pembelajaran.

3.12 Konsep Baru yang Produktif

Konsep Baru yang Produktif merupakan salah satu kerangka penting untuk memahami mengapa penjelasan yang telah diberikan guru tidak selalu menghasilkan struktur pemahaman yang dimaksudkan. Bagian ini memusatkan perhatian pada konsep ilmiah memperoleh status kuat apabila dapat digunakan untuk menjelaskan, memprediksi, memecahkan masalah, dan membuka pertanyaan baru pada berbagai konteks. Dalam pendidikan kimia, proses tersebut menjadi sangat penting karena peserta didik harus menghubungkan fenomena yang dapat diamati dengan model partikel, simbol, grafik, persamaan, dan hubungan matematis.

Kerangka konsep baru yang produktif membantu membedakan belajar sebagai penambahan informasi dari belajar sebagai reorganisasi makna. Peserta didik dapat menghafal istilah, mengikuti algoritma, atau memperoleh jawaban numerik yang benar tanpa mengubah model yang digunakan untuk menjelaskan fenomena. Oleh karena itu, analisis harus diarahkan pada relasi antarkonsep, mekanisme kausal, kondisi penerapan, dan kemampuan berpindah antarrepresentasi.

Dalam literatur, pembahasan ini berkaitan dengan karya Posner et al.; Duit dan Treagust; Talanquer. Masing-masing menawarkan penekanan berbeda, tetapi seluruhnya mengakui peran aktif struktur pengetahuan yang telah dimiliki peserta didik. Konsepsi awal tidak selalu berupa teori yang lengkap; konsepsi dapat berbentuk model, aturan intuitif, metafora, fragmen pengetahuan, atau keyakinan epistemologis yang aktif pada situasi tertentu.

Contoh kimia seperti penggunaan teori tumbukan untuk memprediksi laju reaksi, pemanfaatan konsep kesetimbangan untuk menjelaskan buffer, penggunaan struktur-sifat untuk memprediksi titik didih memperlihatkan bahwa satu fenomena dapat ditafsirkan melalui beberapa kerangka. Guru perlu mengetahui alasan di balik respons peserta didik agar dapat menentukan apakah masalah berasal dari konsep prasyarat, bahasa, representasi, kategori ontologis, beban kognitif, atau faktor motivasional.

Tujuan subbab ini bukan hanya menjelaskan teori, tetapi menurunkan implikasi praktis bagi diagnosis, desain pembelajaran, penggunaan model, pengelolaan diskusi, dan asesmen perubahan konsep. Fokus akhirnya adalah membantu peserta didik membangun pengetahuan kimia yang koheren, dapat digunakan, serta tahan terhadap perubahan konteks.

Dimensi Kajian	Uraian Utama	Fungsi Pedagogis
Landasan teoretis	konsep ilmiah memperoleh status kuat apabila dapat	Menjelaskan ruang lingkup konsep baru yang produktif

Dimensi Kajian	Uraian Utama	Fungsi Pedagogis
	digunakan untuk menjelaskan, memprediksi, memecahkan masalah, dan membuka pertanyaan baru pada berbagai konteks	
Objek diagnosis	Alasan, model, representasi, konsistensi, dan keyakinan peserta didik	Menghindari kesimpulan dari jawaban benar-salah saja
Contoh kimia	penggunaan struktur-sifat untuk memprediksi titik didih	Menghubungkan teori dengan konten disipliner
Risiko konseptual	keberhasilan pada contoh dekat disamakan dengan generalisasi	Menentukan titik rawan miskonsepsi
Arah intervensi	melakukan asesmen tertunda	Mengarahkan pembelajaran dan asesmen

3.12.1 Pengertian Fruitfulness

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa konsep ilmiah memperoleh status kuat apabila dapat digunakan untuk menjelaskan, memprediksi, memecahkan masalah, dan membuka pertanyaan baru pada berbagai konteks. Definisi operasional perlu memuat ciri, fungsi, kondisi penggunaan, serta perbedaannya dari istilah yang berdekatan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Posner et al.; Duit dan Treagust; Talanquer menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Kasus penggunaan teori tumbukan untuk memprediksi laju reaksi memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, pengertian fruitfulness tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah produktivitas dinilai hanya dari banyaknya soal yang selesai. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak

cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada memberikan tugas transfer bertahap. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan pengertian *fruitfulness* dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai penggunaan teori tumbukan untuk memprediksi laju reaksi sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi memberikan tugas transfer bertahap, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.12.2 Daya Prediksi Konsep

Kerangka ini memandang bahwa konsep ilmiah memperoleh status kuat apabila dapat digunakan untuk menjelaskan, memprediksi, memecahkan masalah, dan membuka pertanyaan baru pada berbagai konteks. Keberhasilan sejati terlihat ketika konsep digunakan untuk menghasilkan prediksi dan penjelasan pada situasi yang belum pernah dilatihkan.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Posner et al.; Duit dan Treagust; Talanquer membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Contoh pemanfaatan konsep kesetimbangan untuk menjelaskan buffer menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks daya prediksi konsep, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah transfer diasumsikan terjadi otomatis. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali

pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada meminta prediksi sebelum perhitungan. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dalam praktik kelas, daya prediksi konsep perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus pemanfaatan konsep kesetimbangan untuk menjelaskan buffer dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan meminta prediksi sebelum perhitungan menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.12.3 Daya Jelas pada Fenomena Baru

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa konsep ilmiah memperoleh status kuat apabila dapat digunakan untuk menjelaskan, memprediksi, memecahkan masalah, dan membuka pertanyaan baru pada berbagai konteks. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Posner et al.; Duit dan Treagust; Talanquer menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada penggunaan struktur-sifat untuk memprediksi titik didih. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, daya jelas pada fenomena baru perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah konsep digunakan secara algoritmik tanpa penjelasan. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan menggunakan masalah lintas representasi. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembaran, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, daya jelas pada fenomena baru menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada penggunaan struktur-sifat untuk memprediksi titik didih, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi menggunakan masalah lintas representasi perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.12.4 Pemecahan Masalah Konseptual

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa konsep ilmiah memperoleh status kuat apabila dapat digunakan untuk menjelaskan, memprediksi, memecahkan masalah, dan membuka pertanyaan baru pada berbagai konteks. Keberhasilan sejati terlihat ketika konsep digunakan untuk menghasilkan prediksi dan penjelasan pada situasi yang belum pernah dilatihkan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Posner et al.; Duit dan Treagust; Talanquer menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Contoh penerapan bilangan oksidasi pada sel elektrokimia menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks pemecahan masalah konseptual, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering

mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah keberhasilan pada contoh dekat disamakan dengan generalisasi. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Strategi yang relevan mencakup menilai kemampuan menghasilkan pertanyaan dan penjelasan. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa pemecahan masalah konseptual tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus penerapan bilangan oksidasi pada sel elektrokimia, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan menilai kemampuan menghasilkan pertanyaan dan penjelasan dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.12.5 Pemecahan Masalah Kuantitatif Bermakna

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa konsep ilmiah memperoleh status kuat apabila dapat digunakan untuk menjelaskan, memprediksi, memecahkan masalah, dan membuka pertanyaan baru pada berbagai konteks. Definisi operasional perlu memuat ciri, fungsi, kondisi penggunaan, serta perbedaannya dari istilah yang berdekatan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Posner et al.; Duit dan Treagust; Talanquer menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Contoh penggunaan energi bebas untuk menganalisis spontanitas menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara

langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks pemecahan masalah kuantitatif bermakna, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada retensi jangka panjang tidak diperiksa. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan melakukan asesmen tertunda. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembaran, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, pemecahan masalah kuantitatif bermakna menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada penggunaan energi bebas untuk menganalisis spontanitas, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi melakukan asesmen tertunda perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.12.6 Transfer Dekat dan Transfer Jauh

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa konsep ilmiah memperoleh status kuat apabila dapat digunakan untuk menjelaskan, memprediksi, memecahkan masalah, dan membuka pertanyaan baru pada berbagai konteks. Keberhasilan sejati terlihat ketika konsep digunakan untuk menghasilkan prediksi dan penjelasan pada situasi yang belum pernah dilatihkan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Posner et al.; Duit dan Treagust; Talanquer menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Contoh penggunaan teori tumbukan untuk memprediksi laju reaksi menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks transfer dekat dan transfer jauh, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah produktivitas dinilai hanya dari banyaknya soal yang selesai. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Strategi yang relevan mencakup memberikan tugas transfer bertahap. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Dari sisi penelitian pembelajaran, transfer dekat dan transfer jauh menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada penggunaan teori tumbukan untuk memprediksi laju reaksi, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi memberikan tugas transfer bertahap perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan penggunaan teori tumbukan untuk memprediksi laju reaksi?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi memberikan tugas transfer bertahap dapat diterapkan secara bertahap?

3.12.7 Generalisasi dan Kondisi Batas

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa konsep ilmiah memperoleh status kuat apabila dapat digunakan untuk menjelaskan, memprediksi, memecahkan masalah, dan membuka pertanyaan baru pada berbagai konteks. Analisis kritis diperlukan agar teori tidak berubah menjadi slogan pedagogis yang diterapkan tanpa mempertimbangkan domain konsep dan kondisi kelas.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Posner et al.; Duit dan Treagust; Talanquer menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Kasus pemanfaatan konsep kesetimbangan untuk menjelaskan buffer memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, generalisasi dan kondisi batas tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah transfer diasumsikan terjadi otomatis. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Strategi yang relevan mencakup meminta prediksi sebelum perhitungan. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Dari sisi penelitian pembelajaran, generalisasi dan kondisi batas menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada pemanfaatan konsep kesetimbangan untuk menjelaskan buffer, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi meminta prediksi sebelum perhitungan perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.12.8 Konsep sebagai Alat Menghasilkan Pertanyaan

Analisis konseptual menunjukkan bahwa konsep ilmiah memperoleh status kuat apabila dapat digunakan untuk menjelaskan, memprediksi, memecahkan masalah, dan membuka pertanyaan baru pada berbagai konteks. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Posner et al.; Duit dan Treagust; Talanquer menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada penggunaan struktur-sifat untuk memprediksi titik didih. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, konsep sebagai alat menghasilkan pertanyaan perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah konsep digunakan secara algoritmik tanpa penjelasan. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada menggunakan masalah lintas representasi. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, konsep sebagai alat menghasilkan pertanyaan menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada penggunaan struktur-sifat untuk memprediksi titik didih, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau

juga pada model submikroskopik. Strategi menggunakan masalah lintas representasi perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.12.9 Produktivitas dalam Pemodelan

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa konsep ilmiah memperoleh status kuat apabila dapat digunakan untuk menjelaskan, memprediksi, memecahkan masalah, dan membuka pertanyaan baru pada berbagai konteks. Setiap representasi menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain, sehingga fungsi serta keterbatasannya harus dijelaskan secara eksplisit.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Posner et al.; Duit dan Treagust; Talanquer menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada penerapan bilangan oksidasi pada sel elektrokimia. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, produktivitas dalam pemodelan perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah keberhasilan pada contoh dekat disamakan dengan generalisasi. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada menilai kemampuan menghasilkan pertanyaan dan penjelasan. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa produktivitas dalam pemodelan tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus penerapan bilangan oksidasi pada sel

elektrokimia, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan menilai kemampuan menghasilkan pertanyaan dan penjelasan dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

Catatan kritisnya, konsep yang produktif tetap memiliki batas; generalisasi tanpa memperhatikan asumsi dapat berubah menjadi aturan hafalan baru. Teori tidak boleh diperlakukan sebagai resep tunggal. Efektivitas strategi dipengaruhi oleh karakter konsep, kesiapan prasyarat, norma interaksi kelas, bahasa yang digunakan, dan tujuan asesmen. Guru perlu menjaga keseimbangan antara penyederhanaan yang membantu dan distorsi yang justru menanamkan hambatan baru.

3.12.10 Produktivitas dalam Praktikum

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa konsep ilmiah memperoleh status kuat apabila dapat digunakan untuk menjelaskan, memprediksi, memecahkan masalah, dan membuka pertanyaan baru pada berbagai konteks. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Posner et al.; Duit dan Treagust; Talanquer menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Contoh penggunaan energi bebas untuk menganalisis spontanitas menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks produktivitas dalam praktikum, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah retensi jangka panjang tidak diperiksa. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan melakukan asesmen tertunda. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa produktivitas dalam praktikum tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus penggunaan energi bebas untuk menganalisis spontanitas, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan melakukan asesmen tertunda dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.12.11 Produktivitas dan Argumentasi

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa konsep ilmiah memperoleh status kuat apabila dapat digunakan untuk menjelaskan, memprediksi, memecahkan masalah, dan membuka pertanyaan baru pada berbagai konteks. Bahasa mengatur cara peserta didik membingkai entitas, proses, sebab, dan bukti; karena itu pilihan istilah dapat membuka atau justru membatasi penalaran.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Posner et al.; Duit dan Treagust; Talanquer menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Contoh penggunaan teori tumbukan untuk memprediksi laju reaksi menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks produktivitas dan argumentasi, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah produktivitas dinilai hanya dari banyaknya soal yang selesai. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber

keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Implikasi pembelajarannya adalah memberikan tugas transfer bertahap. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa produktivitas dan argumentasi tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus penggunaan teori tumbukan untuk memprediksi laju reaksi, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan memberikan tugas transfer bertahap dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.12.12 Retensi dan Penggunaan Berulang

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa konsep ilmiah memperoleh status kuat apabila dapat digunakan untuk menjelaskan, memprediksi, memecahkan masalah, dan membuka pertanyaan baru pada berbagai konteks. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Posner et al.; Duit dan Treagust; Talanquer menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Kasus pemanfaatan konsep kesetimbangan untuk menjelaskan buffer memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, retensi dan penggunaan berulang tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah transfer diasumsikan terjadi otomatis. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Strategi yang relevan mencakup meminta prediksi sebelum perhitungan. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa retensi dan penggunaan berulang tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus pemanfaatan konsep kesetimbangan untuk menjelaskan buffer, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan meminta prediksi sebelum perhitungan dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan pemanfaatan konsep kesetimbangan untuk menjelaskan buffer?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi meminta prediksi sebelum perhitungan dapat diterapkan secara bertahap?

3.12.13 Asesmen Tugas Transfer

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa konsep ilmiah memperoleh status kuat apabila dapat digunakan untuk menjelaskan, memprediksi, memecahkan masalah, dan membuka pertanyaan baru pada berbagai konteks. Bukti diagnosis harus dikumpulkan dari alasan, representasi, konsistensi lintas konteks, dan tingkat keyakinan, bukan dari skor tunggal. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Posner et al.; Duit dan

Treagust; Talanquer menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Contoh penggunaan struktur-sifat untuk memprediksi titik didih menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks asesmen tugas transfer, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah konsep digunakan secara algoritmik tanpa penjelasan. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Strategi yang relevan mencakup menggunakan masalah lintas representasi. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa asesmen tugas transfer tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus penggunaan struktur-sifat untuk memprediksi titik didih, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan menggunakan masalah lintas representasi dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.12.14 Contoh pada Laju Reaksi

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa konsep ilmiah memperoleh status kuat apabila dapat digunakan untuk menjelaskan, memprediksi, memecahkan masalah, dan membuka pertanyaan baru pada berbagai konteks. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran

perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Posner et al.; Duit dan Treagust; Talanquer menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Contoh penerapan bilangan oksidasi pada sel elektrokimia menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks contoh pada laju reaksi, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada keberhasilan pada contoh dekat disamakan dengan generalisasi. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan menilai kemampuan menghasilkan pertanyaan dan penjelasan. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan contoh pada laju reaksi dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai penerapan bilangan oksidasi pada sel elektrokimia sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi menilai kemampuan menghasilkan pertanyaan dan penjelasan, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.12.15 Contoh pada Larutan Penyangga

Kerangka ini memandang bahwa konsep ilmiah memperoleh status kuat apabila dapat digunakan untuk menjelaskan, memprediksi, memecahkan masalah, dan membuka pertanyaan baru pada berbagai konteks. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Kejelasan

teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Posner et al.; Duit dan Treagust; Talanquer menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada penggunaan energi bebas untuk menganalisis spontanitas. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, contoh pada larutan penyangga perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah retensi jangka panjang tidak diperiksa. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Strategi yang relevan mencakup melakukan asesmen tertunda. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan contoh pada larutan penyangga dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai penggunaan energi bebas untuk menganalisis spontanitas sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi melakukan asesmen tertunda, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.12.16 Contoh pada Struktur-Sifat

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa konsep ilmiah memperoleh status kuat apabila dapat digunakan untuk menjelaskan, memprediksi, memecahkan masalah, dan membuka pertanyaan baru pada berbagai konteks. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena,

partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Posner et al.; Duit dan Treagust; Talanquer menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Kasus penggunaan teori tumbukan untuk memprediksi laju reaksi memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, contoh pada struktur-sifat tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada produktivitas dinilai hanya dari banyaknya soal yang selesai. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Implikasi pembelajarannya adalah memberikan tugas transfer bertahap. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dalam praktik kelas, contoh pada struktur-sifat perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus penggunaan teori tumbukan untuk memprediksi laju reaksi dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan memberikan tugas transfer bertahap menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.12.17 Contoh pada Elektrokimia

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa konsep ilmiah memperoleh status kuat apabila dapat digunakan untuk menjelaskan, memprediksi, memecahkan masalah,

dan membuka pertanyaan baru pada berbagai konteks. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Posner et al.; Duit dan Treagust; Talanquer membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Contoh pemanfaatan konsep kesetimbangan untuk menjelaskan buffer menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks contoh pada elektrokimia, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada transfer diasumsikan terjadi otomatis. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada meminta prediksi sebelum perhitungan. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, contoh pada elektrokimia menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada pemanfaatan konsep kesetimbangan untuk menjelaskan buffer, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi meminta prediksi sebelum perhitungan perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.12.18 Implikasi bagi Penilaian Autentik

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa konsep ilmiah memperoleh status kuat apabila dapat digunakan untuk menjelaskan, memprediksi, memecahkan masalah, dan membuka pertanyaan baru pada berbagai konteks. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Posner et al.; Duit dan Treagust; Talanquer membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Dalam pembelajaran kimia, penggunaan struktur-sifat untuk memprediksi titik didih menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan implikasi bagi penilaian autentik sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah konsep digunakan secara algoritmik tanpa penjelasan. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Strategi yang relevan mencakup menggunakan masalah lintas representasi. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan implikasi bagi penilaian autentik dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai penggunaan struktur-sifat untuk memprediksi titik didih sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi menggunakan masalah lintas representasi, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru.

Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan penggunaan struktur-sifat untuk memprediksi titik didih?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi menggunakan masalah lintas representasi dapat diterapkan secara bertahap?

Batas penting dari pembahasan ini ialah konsep yang produktif tetap memiliki batas; generalisasi tanpa memperhatikan asumsi dapat berubah menjadi aturan hafalan baru. Perubahan konseptual tidak selalu dapat diamati melalui peningkatan skor langsung. Peserta didik dapat menekan gagasan lama ketika mengerjakan soal sekolah, tetapi mengaktifkannya kembali pada konteks sehari-hari. Karena itu, bukti perubahan perlu dikumpulkan lintas waktu, representasi, dan situasi.

3.12.19 Sintesis Konsep Baru yang Produktif

Pembahasan konsep baru yang produktif menunjukkan bahwa konsep ilmiah memperoleh status kuat apabila dapat digunakan untuk menjelaskan, memprediksi, memecahkan masalah, dan membuka pertanyaan baru pada berbagai konteks. Kerangka ini membantu menjelaskan mengapa peserta didik dapat mempertahankan gagasan yang tidak selaras dengan ilmu sekalipun telah menerima penjelasan dan latihan. Kesulitan tersebut muncul karena belajar melibatkan interaksi antara struktur kognitif, representasi, bukti, bahasa, dan konteks penggunaan konsep.

Bagi pembelajaran kimia, implikasi utamanya ialah perlunya memberikan tugas transfer bertahap, meminta prediksi sebelum perhitungan, dan menggunakan masalah lintas representasi. Guru perlu menilai perubahan pada kualitas alasan dan kemampuan transfer, bukan hanya pada jawaban akhir. Kerangka ini akan menjadi lebih kuat apabila dipadukan dengan perspektif lain dalam bab ini, sebab tidak satu teori pun menjelaskan seluruh dimensi perubahan konseptual.

Keterbatasan yang harus diingat adalah bahwa konsep yang produktif tetap memiliki batas; generalisasi tanpa memperhatikan asumsi dapat berubah menjadi aturan hafalan baru. Oleh karena itu, penggunaan teori perlu bersifat diagnostik dan reflektif. Guru memilih strategi berdasarkan karakter konsep, pengetahuan awal, tingkat perkembangan representasional, kondisi afektif, dan bukti respons peserta didik selama pembelajaran.

3.13 Perubahan Konseptual Dingin dan Perubahan Konseptual Hangat

Perubahan Konseptual Dingin dan Perubahan Konseptual Hangat merupakan salah satu kerangka penting untuk memahami mengapa penjelasan yang telah diberikan guru tidak selalu menghasilkan struktur pemahaman yang dimaksudkan. Bagian ini memusatkan perhatian pada perubahan konsep melibatkan proses kognitif sekaligus motivasi, tujuan, minat, emosi, dan penilaian pribadi terhadap relevansi suatu gagasan. Dalam pendidikan kimia, proses tersebut menjadi sangat penting karena peserta didik harus menghubungkan fenomena yang dapat diamati dengan model partikel, simbol, grafik, persamaan, dan hubungan matematis.

Kerangka perubahan konseptual dingin dan perubahan konseptual hangat membantu membedakan belajar sebagai penambahan informasi dari belajar sebagai reorganisasi makna. Peserta didik dapat menghafal istilah, mengikuti algoritma, atau memperoleh jawaban numerik yang benar tanpa mengubah model yang digunakan untuk menjelaskan fenomena. Oleh karena itu, analisis harus diarahkan pada relasi antarkonsep, mekanisme kausal, kondisi penerapan, dan kemampuan berpindah antarrepresentasi.

Dalam literatur, pembahasan ini berkaitan dengan karya Pintrich, Marx, dan Boyle; Sinatra; Dole dan Sinatra. Masing-masing menawarkan penekanan berbeda, tetapi seluruhnya mengakui peran aktif struktur pengetahuan yang telah dimiliki peserta didik. Konsepsi awal tidak selalu berupa teori yang lengkap; konsepsi dapat berbentuk model, aturan intuitif, metafora, fragmen pengetahuan, atau keyakinan epistemologis yang aktif pada situasi tertentu.

Contoh kimia seperti ketekunan memahami stoikiometri multilangkah, minat pada konteks kimia lingkungan, kecemasan menghadapi simbol dan matematika memperlihatkan bahwa satu fenomena dapat ditafsirkan melalui beberapa kerangka. Guru perlu mengetahui alasan di balik respons peserta didik agar dapat menentukan apakah masalah berasal dari konsep prasyarat, bahasa, representasi, kategori ontologis, beban kognitif, atau faktor motivasional.

Tujuan subbab ini bukan hanya menjelaskan teori, tetapi menurunkan implikasi praktis bagi diagnosis, desain pembelajaran, penggunaan model, pengelolaan diskusi, dan asesmen perubahan konsep. Fokus akhirnya adalah membantu peserta didik membangun pengetahuan kimia yang koheren, dapat digunakan, serta tahan terhadap perubahan konteks.

Dimensi Kajian	Uraian Utama	Fungsi Pedagogis
Landasan teoretis	perubahan konsep melibatkan proses kognitif sekaligus motivasi, tujuan, minat, emosi, dan penilaian pribadi terhadap relevansi suatu gagasan	Menjelaskan ruang lingkup perubahan konseptual dingin dan perubahan konseptual hangat

Dimensi Kajian	Uraian Utama	Fungsi Pedagogis
Objek diagnosis	Alasan, model, representasi, konsistensi, dan keyakinan peserta didik	Menghindari kesimpulan dari jawaban benar-salah saja
Contoh kimia	kecemasan menghadapi simbol dan matematika	Menghubungkan teori dengan konten disipliner
Risiko konseptual	menggunakan konflik kognitif tanpa dukungan emosional	Menentukan titik rawan miskonsepsi
Arah intervensi	memberi pilihan dan dukungan otonomi	Mengarahkan pembelajaran dan asesmen

3.13.1 Asal-usul Istilah Perubahan Konseptual Dingin

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa perubahan konsep melibatkan proses kognitif sekaligus motivasi, tujuan, minat, emosi, dan penilaian pribadi terhadap relevansi suatu gagasan. Pembahasan historis memperlihatkan bahwa teori berkembang sebagai respons terhadap keterbatasan pandangan transmisi dan temuan tentang kuatnya gagasan awal peserta didik.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Pintrich, Marx, dan Boyle; Sinatra; Dole dan Sinatra membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Contoh ketekunan memahami stoikiometri multistep menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks asal-usul istilah perubahan konseptual dingin, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah memperlakukan peserta didik sebagai pemroses informasi tanpa tujuan. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Strategi yang relevan mencakup menghubungkan konsep dengan nilai dan tujuan belajar. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan asal-usul istilah perubahan konseptual dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai ketekunan memahami stoikiometri multistep sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi menghubungkan konsep dengan nilai dan tujuan belajar, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.13.2 Keterbatasan Model Kognitif Murni

Dalam konteks pendidikan kimia, titik tolak yang perlu ditegaskan ialah bahwa perubahan konsep melibatkan proses kognitif sekaligus motivasi, tujuan, minat, emosi, dan penilaian pribadi terhadap relevansi suatu gagasan. Analisis kritis diperlukan agar teori tidak berubah menjadi slogan pedagogis yang diterapkan tanpa mempertimbangkan domain konsep dan kondisi kelas.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Pintrich, Marx, dan Boyle; Sinatra; Dole dan Sinatra menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Kasus minat pada konteks kimia lingkungan memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, keterbatasan model kognitif murni tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menganggap motivasi sekadar hadiah eksternal. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan

menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada membangun efikasi diri melalui keberhasilan bertahap. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa keterbatasan model kognitif murni tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus minat pada konteks kimia lingkungan, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan membangun efikasi diri melalui keberhasilan bertahap dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.13.3 Munculnya Perspektif Perubahan Hangat

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa perubahan konsep melibatkan proses kognitif sekaligus motivasi, tujuan, minat, emosi, dan penilaian pribadi terhadap relevansi suatu gagasan. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Pintrich, Marx, dan Boyle; Sinatra; Dole dan Sinatra menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada kecemasan menghadapi simbol dan matematika. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, munculnya perspektif perubahan hangat perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah mengabaikan kecemasan dan ancaman identitas. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan

berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada mengelola kebingungan produktif. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa munculnya perspektif perubahan hangat tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus kecemasan menghadapi simbol dan matematika, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan mengelola kebingungan produktif dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.13.4 Tujuan Belajar dan Orientasi Penguasaan

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa perubahan konsep melibatkan proses kognitif sekaligus motivasi, tujuan, minat, emosi, dan penilaian pribadi terhadap relevansi suatu gagasan. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Pintrich, Marx, dan Boyle; Sinatra; Dole dan Sinatra membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada tujuan nilai dibanding tujuan penguasaan konsep. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, tujuan belajar dan orientasi penguasaan perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang

dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada menggunakan konflik kognitif tanpa dukungan emosional. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan mengembangkan orientasi penguasaan. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dalam praktik kelas, tujuan belajar dan orientasi penguasaan perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus tujuan nilai dibanding tujuan penguasaan konsep dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan mengembangkan orientasi penguasaan menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.13.5 Nilai Tugas dan Relevansi Personal

Kerangka ini memandang bahwa perubahan konsep melibatkan proses kognitif sekaligus motivasi, tujuan, minat, emosi, dan penilaian pribadi terhadap relevansi suatu gagasan. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Pintrich, Marx, dan Boyle; Sinatra; Dole dan Sinatra menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Dalam pembelajaran kimia, keterlibatan dalam debat tentang energi dan perubahan iklim menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural

yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan nilai tugas dan relevansi personal sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menilai keterlibatan dari keaktifan verbal semata. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan memberi pilihan dan dukungan otonomi. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembaran, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan nilai tugas dan relevansi personal dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai keterlibatan dalam debat tentang energi dan perubahan iklim sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi memberi pilihan dan dukungan otonomi, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.13.6 Minat Situasional dan Minat Individual

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa perubahan konsep melibatkan proses kognitif sekaligus motivasi, tujuan, minat, emosi, dan penilaian pribadi terhadap relevansi suatu gagasan. Faktor afektif menentukan apakah peserta didik bersedia bertahan dalam ketidakpastian, menguji gagasannya, dan menerima risiko intelektual ketika merevisi pemahaman.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Pintrich, Marx, dan Boyle; Sinatra; Dole dan Sinatra membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Contoh ketekunan memahami stoikiometri multistep menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi

harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks minat situasional dan minat individual, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah memperlakukan peserta didik sebagai pemroses informasi tanpa tujuan. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan menghubungkan konsep dengan nilai dan tujuan belajar. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan minat situasional dan minat individual dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai ketekunan memahami stoikiometri multistep sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi menghubungkan konsep dengan nilai dan tujuan belajar, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan ketekunan memahami stoikiometri multistep?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi menghubungkan konsep dengan nilai dan tujuan belajar dapat diterapkan secara bertahap?

3.13.7 Efikasi Diri dalam Belajar Kimia

Kerangka ini memandang bahwa perubahan konsep melibatkan proses kognitif sekaligus motivasi, tujuan, minat, emosi, dan penilaian pribadi terhadap relevansi suatu gagasan. Faktor afektif menentukan apakah peserta didik bersedia bertahan dalam ketidakpastian, menguji gagasannya, dan menerima risiko intelektual ketika merevisi pemahaman.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Pintrich, Marx, dan Boyle; Sinatra; Dole dan Sinatra menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Contoh minat pada konteks kimia lingkungan menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks efikasi diri dalam belajar kimia, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah menganggap motivasi sekadar hadiah eksternal. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada membangun efikasi diri melalui keberhasilan bertahap. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, efikasi diri dalam belajar kimia menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada minat pada konteks kimia lingkungan, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi membangun efikasi diri melalui keberhasilan bertahap perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.13.8 Keterlibatan Kognitif

Kerangka ini memandang bahwa perubahan konsep melibatkan proses kognitif sekaligus motivasi, tujuan, minat, emosi, dan penilaian pribadi terhadap relevansi suatu gagasan. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Pintrich, Marx, dan Boyle; Sinatra; Dole dan Sinatra membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Contoh kecemasan menghadapi simbol dan matematika menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks keterlibatan kognitif, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah mengabaikan kecemasan dan ancaman identitas. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Strategi yang relevan mencakup mengelola kebingungan produktif. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Dalam praktik kelas, keterlibatan kognitif perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus kecemasan menghadapi simbol dan matematika dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan mengelola kebingungan produktif

menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.13.9 Pengaturan Diri dan Strategi Belajar

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa perubahan konsep melibatkan proses kognitif sekaligus motivasi, tujuan, minat, emosi, dan penilaian pribadi terhadap relevansi suatu gagasan. Peran guru adalah mengatur urutan pengalaman, pertanyaan, bukti, dan refleksi yang membuat peserta didik dapat menilai serta merevisi gagasannya.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Pintrich, Marx, dan Boyle; Sinatra; Dole dan Sinatra menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Dalam pembelajaran kimia, tujuan nilai dibanding tujuan penguasaan konsep menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan pengaturan diri dan strategi belajar sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menggunakan konflik kognitif tanpa dukungan emosional. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada mengembangkan orientasi penguasaan. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, pengaturan diri dan strategi belajar menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada tujuan nilai dibanding tujuan penguasaan konsep, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model

submikroskopik. Strategi mengembangkan orientasi penguasaan perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

Catatan kritisnya, pemisahan dingin dan hangat bersifat analitis; dalam belajar nyata, kognisi, motivasi, dan emosi saling memengaruhi secara terus-menerus. Teori tidak boleh diperlakukan sebagai resep tunggal. Efektivitas strategi dipengaruhi oleh karakter konsep, kesiapan prasyarat, norma interaksi kelas, bahasa yang digunakan, dan tujuan asesmen. Guru perlu menjaga keseimbangan antara penyederhanaan yang membantu dan distorsi yang justru menanamkan hambatan baru.

3.13.10 Emosi Epistemik

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa perubahan konsep melibatkan proses kognitif sekaligus motivasi, tujuan, minat, emosi, dan penilaian pribadi terhadap relevansi suatu gagasan. Faktor afektif menentukan apakah peserta didik bersedia bertahan dalam ketidakpastian, menguji gagasannya, dan menerima risiko intelektual ketika merevisi pemahaman.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Pintrich, Marx, dan Boyle; Sinatra; Dole dan Sinatra membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Dalam pembelajaran kimia, keterlibatan dalam debat tentang energi dan perubahan iklim menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan emosi epistemik sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada menilai keterlibatan dari keaktifan verbal semata. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Strategi yang relevan mencakup memberi pilihan dan dukungan otonomi. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi

awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan emosi epistemik dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai keterlibatan dalam debat tentang energi dan perubahan iklim sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi memberi pilihan dan dukungan otonomi, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.13.11 Kebingungan Produktif

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa perubahan konsep melibatkan proses kognitif sekaligus motivasi, tujuan, minat, emosi, dan penilaian pribadi terhadap relevansi suatu gagasan. Keberhasilan sejati terlihat ketika konsep digunakan untuk menghasilkan prediksi dan penjelasan pada situasi yang belum pernah dilatihkan.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Pintrich, Marx, dan Boyle; Sinatra; Dole dan Sinatra membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Kasus ketekunan memahami stoikiometri multistep memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, kebingungan produktif tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada memperlakukan peserta didik sebagai pemroses informasi tanpa tujuan. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada menghubungkan konsep dengan nilai dan tujuan belajar. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya

efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dalam praktik kelas, kebingungan produktif perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus ketekunan memahami stoikiometri multistep dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan menghubungkan konsep dengan nilai dan tujuan belajar menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.13.12 Kecemasan terhadap Kimia dan Matematika

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa perubahan konsep melibatkan proses kognitif sekaligus motivasi, tujuan, minat, emosi, dan penilaian pribadi terhadap relevansi suatu gagasan. Faktor afektif menentukan apakah peserta didik bersedia bertahan dalam ketidakpastian, menguji gagasannya, dan menerima risiko intelektual ketika merevisi pemahaman.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Pintrich, Marx, dan Boyle; Sinatra; Dole dan Sinatra menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada minat pada konteks kimia lingkungan. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, kecemasan terhadap kimia dan matematika perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menganggap motivasi sekadar hadiah eksternal. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada membangun efikasi diri melalui keberhasilan bertahap. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, kecemasan terhadap kimia dan matematika menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada minat pada konteks kimia lingkungan, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi membangun efikasi diri melalui keberhasilan bertahap perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan minat pada konteks kimia lingkungan?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi membangun efikasi diri melalui keberhasilan bertahap dapat diterapkan secara bertahap?

3.13.13 Dukungan Otonomi

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa perubahan konsep melibatkan proses kognitif sekaligus motivasi, tujuan, minat, emosi, dan penilaian pribadi terhadap relevansi suatu gagasan. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Pintrich, Marx, dan Boyle; Sinatra; Dole dan Sinatra menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Kasus kecemasan menghadapi simbol dan matematika memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada

satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, dukungan otonomi tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada mengabaikan kecemasan dan ancaman identitas. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Strategi yang relevan mencakup mengelola kebingungan produktif. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa dukungan otonomi tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus kecemasan menghadapi simbol dan matematika, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan mengelola kebingungan produktif dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.13.14 Peran Hubungan Guru-Peserta Didik

Analisis konseptual menunjukkan bahwa perubahan konsep melibatkan proses kognitif sekaligus motivasi, tujuan, minat, emosi, dan penilaian pribadi terhadap relevansi suatu gagasan. Peran guru adalah mengatur urutan pengalaman, pertanyaan, bukti, dan refleksi yang membuat peserta didik dapat menilai serta merevisi gagasannya.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Pintrich, Marx, dan Boyle; Sinatra; Dole dan Sinatra membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Kasus tujuan nilai dibanding tujuan penguasaan konsep memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, peran hubungan guru-peserta didik tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menggunakan konflik kognitif tanpa dukungan emosional. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada mengembangkan orientasi penguasaan. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan peran hubungan guru-peserta didik dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai tujuan nilai dibanding tujuan penguasaan konsep sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi mengembangkan orientasi penguasaan, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.13.15 Konteks Sosiosaintifik

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa perubahan konsep melibatkan proses kognitif sekaligus motivasi, tujuan, minat, emosi, dan penilaian pribadi terhadap relevansi suatu gagasan. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Pintrich, Marx, dan Boyle; Sinatra; Dole dan Sinatra menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran

membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Dalam pembelajaran kimia, keterlibatan dalam debat tentang energi dan perubahan iklim menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan konteks sosiosaintifik sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah menilai keterlibatan dari keaktifan verbal semata. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Implikasi pembelajarannya adalah memberi pilihan dan dukungan otonomi. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dalam praktik kelas, konteks sosiosaintifik perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus keterlibatan dalam debat tentang energi dan perubahan iklim dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan memberi pilihan dan dukungan otonomi menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.13.16 Perubahan Konsep yang Disengaja

Kerangka ini memandang bahwa perubahan konsep melibatkan proses kognitif sekaligus motivasi, tujuan, minat, emosi, dan penilaian pribadi terhadap relevansi suatu gagasan. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Pintrich, Marx, dan Boyle; Sinatra; Dole dan Sinatra menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan

menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada ketekunan memahami stoikiometri multilangkah. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, perubahan konsep yang disengaja perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah memperlakukan peserta didik sebagai pemroses informasi tanpa tujuan. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Strategi yang relevan mencakup menghubungkan konsep dengan nilai dan tujuan belajar. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan perubahan konsep yang disengaja dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai ketekunan memahami stoikiometri multilangkah sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi menghubungkan konsep dengan nilai dan tujuan belajar, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.13.17 Integrasi Model Dingin dan Hangat

Dalam konteks pendidikan kimia, titik tolak yang perlu ditegaskan ialah bahwa perubahan konsep melibatkan proses kognitif sekaligus motivasi, tujuan, minat, emosi, dan penilaian pribadi terhadap relevansi suatu gagasan. Setiap representasi menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain, sehingga fungsi serta keterbatasannya harus dijelaskan secara eksplisit.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan

yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Pintrich, Marx, dan Boyle; Sinatra; Dole dan Sinatra membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Kasus minat pada konteks kimia lingkungan memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, integrasi model dingin dan hangat tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah menganggap motivasi sekadar hadiah eksternal. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan membangun efikasi diri melalui keberhasilan bertahap. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, integrasi model dingin dan hangat menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada minat pada konteks kimia lingkungan, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi membangun efikasi diri melalui keberhasilan bertahap perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.13.18 Implikasi bagi Desain Pembelajaran

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa perubahan konsep melibatkan proses kognitif sekaligus motivasi, tujuan, minat, emosi, dan penilaian pribadi terhadap

relevansi suatu gagasan. Peran guru adalah mengatur urutan pengalaman, pertanyaan, bukti, dan refleksi yang membuat peserta didik dapat menilai serta merevisi gagasannya.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Pintrich, Marx, dan Boyle; Sinatra; Dole dan Sinatra menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Dalam pembelajaran kimia, kecemasan menghadapi simbol dan matematika menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan implikasi bagi desain pembelajaran sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah mengabaikan kecemasan dan ancaman identitas. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Implikasi pembelajarannya adalah mengelola kebingungan produktif. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa implikasi bagi desain pembelajaran tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus kecemasan menghadapi simbol dan matematika, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan mengelola kebingungan produktif dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan kecemasan menghadapi simbol dan matematika?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi mengelola kebingungan produktif dapat diterapkan secara bertahap?

Catatan kritisnya, pemisahan dingin dan hangat bersifat analitis; dalam belajar nyata, kognisi, motivasi, dan emosi saling memengaruhi secara terus-menerus. Teori tidak boleh diperlakukan sebagai resep tunggal. Efektivitas strategi dipengaruhi oleh karakter konsep, kesiapan prasyarat, norma interaksi kelas, bahasa yang digunakan, dan tujuan asesmen. Guru perlu menjaga keseimbangan antara penyederhanaan yang membantu dan distorsi yang justru menanamkan hambatan baru.

3.13.19 Sintesis Perubahan Konseptual Dingin dan Perubahan Konseptual Hangat

Pembahasan perubahan konseptual dingin dan perubahan konseptual hangat menunjukkan bahwa perubahan konsep melibatkan proses kognitif sekaligus motivasi, tujuan, minat, emosi, dan penilaian pribadi terhadap relevansi suatu gagasan. Kerangka ini membantu menjelaskan mengapa peserta didik dapat mempertahankan gagasan yang tidak selaras dengan ilmu sekalipun telah menerima penjelasan dan latihan. Kesulitan tersebut muncul karena belajar melibatkan interaksi antara struktur kognitif, representasi, bukti, bahasa, dan konteks penggunaan konsep.

Bagi pembelajaran kimia, implikasi utamanya ialah perlunya menghubungkan konsep dengan nilai dan tujuan belajar, membangun efikasi diri melalui keberhasilan bertahap, dan mengelola kebingungan produktif. Guru perlu menilai perubahan pada kualitas alasan dan kemampuan transfer, bukan hanya pada jawaban akhir. Kerangka ini akan menjadi lebih kuat apabila dipadukan dengan perspektif lain dalam bab ini, sebab tidak satu teori pun menjelaskan seluruh dimensi perubahan konseptual.

Keterbatasan yang harus diingat adalah bahwa pemisahan dingin dan hangat bersifat analitis; dalam belajar nyata, kognisi, motivasi, dan emosi saling memengaruhi secara terus-menerus. Oleh karena itu, penggunaan teori perlu bersifat diagnostik dan reflektif. Guru memilih strategi berdasarkan karakter konsep, pengetahuan awal, tingkat perkembangan representasional, kondisi afektif, dan bukti respons peserta didik selama pembelajaran.

3.14 Pengaruh Motivasi, Emosi, dan Identitas terhadap Perubahan Konsep

Pengaruh Motivasi, Emosi, dan Identitas terhadap Perubahan Konsep merupakan salah satu kerangka penting untuk memahami mengapa penjelasan yang telah diberikan guru tidak selalu menghasilkan struktur pemahaman yang dimaksudkan. Bagian ini memusatkan perhatian pada kesediaan merevisi konsep dipengaruhi oleh tujuan, nilai, rasa mampu, emosi epistemik, rasa memiliki, dan identitas sebagai pembelajar sains. Dalam pendidikan kimia, proses tersebut menjadi sangat penting karena peserta didik harus menghubungkan fenomena yang dapat diamati dengan model partikel, simbol, grafik, persamaan, dan hubungan matematis.

Kerangka pengaruh motivasi, emosi, dan identitas terhadap perubahan konsep membantu membedakan belajar sebagai penambahan informasi dari belajar sebagai reorganisasi makna. Peserta didik dapat menghafal istilah, mengikuti algoritma, atau memperoleh jawaban numerik yang benar tanpa mengubah model yang digunakan untuk menjelaskan fenomena. Oleh karena itu, analisis harus diarahkan pada relasi antarkonsep, mekanisme kausal, kondisi penerapan, dan kemampuan berpindah antarrepresentasi.

Dalam literatur, pembahasan ini berkaitan dengan karya Sinatra dan Pintrich; Gregoire; Pintrich et al.. Masing-masing menawarkan penekanan berbeda, tetapi seluruhnya mengakui peran aktif struktur pengetahuan yang telah dimiliki peserta didik. Konsepsi awal tidak selalu berupa teori yang lengkap; konsepsi dapat berbentuk model, aturan intuitif, metafora, fragmen pengetahuan, atau keyakinan epistemologis yang aktif pada situasi tertentu.

Contoh kimia seperti identitas sebagai orang yang mampu belajar kimia, kecemasan ketika mengerjakan perhitungan mol, rasa ingin tahu saat hasil eksperimen tidak sesuai prediksi memperlihatkan bahwa satu fenomena dapat ditafsirkan melalui beberapa kerangka. Guru perlu mengetahui alasan di balik respons peserta didik agar dapat menentukan apakah masalah berasal dari konsep prasyarat, bahasa, representasi, kategori ontologis, beban kognitif, atau faktor motivasional.

Tujuan subbab ini bukan hanya menjelaskan teori, tetapi menurunkan implikasi praktis bagi diagnosis, desain pembelajaran, penggunaan model, pengelolaan diskusi, dan asesmen perubahan konsep. Fokus akhirnya adalah membantu peserta didik membangun pengetahuan kimia yang koheren, dapat digunakan, serta tahan terhadap perubahan konteks.

Dimensi Kajian	Uraian Utama	Fungsi Pedagogis
Landasan teoretis	kesediaan merevisi konsep dipengaruhi oleh tujuan, nilai, rasa mampu, emosi epistemik, rasa memiliki, dan identitas sebagai pembelajar sains	Menjelaskan ruang lingkup pengaruh motivasi, emosi, dan identitas terhadap perubahan konsep

Dimensi Kajian	Uraian Utama	Fungsi Pedagogis
Objek diagnosis	Alasan, model, representasi, konsistensi, dan keyakinan peserta didik	Menghindari kesimpulan dari jawaban benar-salah saja
Contoh kimia	rasa ingin tahu saat hasil eksperimen tidak sesuai prediksi	Menghubungkan teori dengan konten disipliner
Risiko konseptual	konteks pembelajaran tidak relevan bagi peserta didik	Menentukan titik rawan miskonsepsi
Arah intervensi	mengajarkan regulasi emosi dan metakognisi	Mengarahkan pembelajaran dan asesmen

3.14.1 Motivasi sebagai Pengarah Aktivitas Kognitif

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa kesediaan merevisi konsep dipengaruhi oleh tujuan, nilai, rasa mampu, emosi epistemik, rasa memiliki, dan identitas sebagai pembelajar sains. Faktor afektif menentukan apakah peserta didik bersedia bertahan dalam ketidakpastian, menguji gagasannya, dan menerima risiko intelektual ketika merevisi pemahaman.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Sinatra dan Pintrich; Gregoire; Pintrich et al. menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Contoh identitas sebagai orang yang mampu belajar kimia menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks motivasi sebagai pengarah aktivitas kognitif, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah umpan balik mengancam harga diri. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Strategi yang relevan mencakup membangun iklim aman untuk menyatakan gagasan awal. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta

membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Dari sisi penelitian pembelajaran, motivasi sebagai pengarah aktivitas kognitif menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada identitas sebagai orang yang mampu belajar kimia, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi membangun iklim aman untuk menyatakan gagasan awal perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.14.2 Tujuan Penguasaan dan Tujuan Performa

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa kesediaan merevisi konsep dipengaruhi oleh tujuan, nilai, rasa mampu, emosi epistemik, rasa memiliki, dan identitas sebagai pembelajar sains. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Sinatra dan Pintrich; Gregoire; Pintrich et al. menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Contoh kecemasan ketika mengerjakan perhitungan mol menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks tujuan penguasaan dan tujuan performa, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah stereotip menurunkan rasa memiliki. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan memberikan umpan balik berorientasi proses. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, tujuan penguasaan dan tujuan performa menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada kecemasan ketika mengerjakan perhitungan mol, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi memberikan umpan balik berorientasi proses perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.14.3 Nilai, Kegunaan, dan Relevansi Konsep

Analisis konseptual menunjukkan bahwa kesediaan merevisi konsep dipengaruhi oleh tujuan, nilai, rasa mampu, emosi epistemik, rasa memiliki, dan identitas sebagai pembelajar sains. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Sinatra dan Pintrich; Gregoire; Pintrich et al. menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Contoh rasa ingin tahu saat hasil eksperimen tidak sesuai prediksi menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks nilai, kegunaan, dan relevansi konsep, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah kesalahan diperlakukan sebagai kegagalan pribadi. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi

berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Implikasi pembelajarannya adalah menyediakan representasi keberhasilan yang beragam. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dari sisi penelitian pembelajaran, nilai, kegunaan, dan relevansi konsep menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada rasa ingin tahu saat hasil eksperimen tidak sesuai prediksi, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi menyediakan representasi keberhasilan yang beragam perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.14.4 Efikasi Diri dan Harapan Keberhasilan

Dalam konteks pendidikan kimia, titik tolak yang perlu ditegaskan ialah bahwa kesediaan merevisi konsep dipengaruhi oleh tujuan, nilai, rasa mampu, emosi epistemik, rasa memiliki, dan identitas sebagai pembelajar sains. Faktor afektif menentukan apakah peserta didik bersedia bertahan dalam ketidakpastian, menguji gagasannya, dan menerima risiko intelektual ketika merevisi pemahaman.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Sinatra dan Pintrich; Gregoire; Pintrich et al. menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Contoh rasa malu ketika jawaban awal dikoreksi di depan kelas menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks efikasi diri dan harapan keberhasilan, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah konteks pembelajaran tidak relevan bagi peserta didik. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi

lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Strategi yang relevan mencakup menghubungkan kimia dengan identitas dan komunitas. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Dari sisi penelitian pembelajaran, efikasi diri dan harapan keberhasilan menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada rasa malu ketika jawaban awal dikoreksi di depan kelas, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi menghubungkan kimia dengan identitas dan komunitas perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.14.5 Minat terhadap Fenomena Kimia

Analisis konseptual menunjukkan bahwa kesediaan merevisi konsep dipengaruhi oleh tujuan, nilai, rasa mampu, emosi epistemik, rasa memiliki, dan identitas sebagai pembelajar sains. Faktor afektif menentukan apakah peserta didik bersedia bertahan dalam ketidakpastian, menguji gagasannya, dan menerima risiko intelektual ketika merevisi pemahaman.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Sinatra dan Pintrich; Gregoire; Pintrich et al. menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Contoh keterhubungan kimia dengan masalah lingkungan dan kesehatan menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks minat terhadap fenomena kimia, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah kompetisi kelas mengurangi keberanian merevisi gagasan. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari,

didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Implikasi pembelajarannya adalah mengajarkan regulasi emosi dan metakognisi. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa minat terhadap fenomena kimia tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus keterhubungan kimia dengan masalah lingkungan dan kesehatan, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan mengajarkan regulasi emosi dan metakognisi dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.14.6 Rasa Ingin Tahu

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa kesediaan merevisi konsep dipengaruhi oleh tujuan, nilai, rasa mampu, emosi epistemik, rasa memiliki, dan identitas sebagai pembelajar sains. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Sinatra dan Pintrich; Gregoire; Pintrich et al. menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada identitas sebagai orang yang mampu belajar kimia. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, rasa ingin tahu perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada umpan balik mengancam harga diri. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada membangun iklim aman untuk menyatakan gagasan awal. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan rasa ingin tahu dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai identitas sebagai orang yang mampu belajar kimia sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi membangun iklim aman untuk menyatakan gagasan awal, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan identitas sebagai orang yang mampu belajar kimia?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi membangun iklim aman untuk menyatakan gagasan awal dapat diterapkan secara bertahap?

3.14.7 Kejutan dan Ketidakpastian

Kerangka ini memandang bahwa kesediaan merevisi konsep dipengaruhi oleh tujuan, nilai, rasa mampu, emosi epistemik, rasa memiliki, dan identitas sebagai pembelajar sains. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda

oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Sinatra dan Pintrich; Gregoire; Pintrich et al. menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada kecemasan ketika mengerjakan perhitungan mol. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, kejutan dan ketidakpastian perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada stereotip menurunkan rasa memiliki. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Strategi yang relevan mencakup memberikan umpan balik berorientasi proses. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan kejutan dan ketidakpastian dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai kecemasan ketika mengerjakan perhitungan mol sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi memberikan umpan balik berorientasi proses, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.14.8 Kebingungan sebagai Emosi Epistemik

Dalam konteks pendidikan kimia, titik tolak yang perlu ditegaskan ialah bahwa kesediaan merevisi konsep dipengaruhi oleh tujuan, nilai, rasa mampu, emosi epistemik, rasa memiliki, dan identitas sebagai pembelajar sains. Faktor afektif menentukan apakah peserta didik bersedia bertahan dalam ketidakpastian, menguji gagasannya, dan menerima risiko

intelektual ketika merevisi pemahaman.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Sinatra dan Pintrich; Gregoire; Pintrich et al. menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Contoh rasa ingin tahu saat hasil eksperimen tidak sesuai prediksi menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks kebingungan sebagai emosi epistemik, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah kesalahan diperlakukan sebagai kegagalan pribadi. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada menyediakan representasi keberhasilan yang beragam. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan kebingungan sebagai emosi epistemik dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai rasa ingin tahu saat hasil eksperimen tidak sesuai prediksi sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi menyediakan representasi keberhasilan yang beragam, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.14.9 Kecemasan dan Beban Kognitif

Analisis konseptual menunjukkan bahwa kesediaan merevisi konsep dipengaruhi oleh tujuan, nilai, rasa mampu, emosi epistemik, rasa memiliki, dan identitas sebagai pembelajar sains. Faktor afektif menentukan apakah peserta didik bersedia bertahan dalam ketidakpastian,

menguji gagasannya, dan menerima risiko intelektual ketika merevisi pemahaman.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Sinatra dan Pintrich; Gregoire; Pintrich et al. menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada rasa malu ketika jawaban awal dikoreksi di depan kelas. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, kecemasan dan beban kognitif perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah konteks pembelajaran tidak relevan bagi peserta didik. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Strategi yang relevan mencakup menghubungkan kimia dengan identitas dan komunitas. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Dari sisi penelitian pembelajaran, kecemasan dan beban kognitif menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada rasa malu ketika jawaban awal dikoreksi di depan kelas, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi menghubungkan kimia dengan identitas dan komunitas perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

Perlu ditekankan bahwa motivasi dan identitas tidak boleh dijadikan penjelasan tunggal; kualitas konten, representasi, dan bukti tetap menentukan kemungkinan perubahan konsep.

Dalam pendidikan kimia, model dan aturan selalu memiliki domain penerapan. Pembelajaran yang menyajikan penjelasan ilmiah sebagai kalimat final tanpa asumsi dapat menghasilkan kepastian semu. Peserta didik perlu memahami kekuatan sekaligus keterbatasan model yang digunakan.

3.14.10 Malu, Takut Salah, dan Partisipasi

Analisis konseptual menunjukkan bahwa kesediaan merevisi konsep dipengaruhi oleh tujuan, nilai, rasa mampu, emosi epistemik, rasa memiliki, dan identitas sebagai pembelajar sains. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Sinatra dan Pintrich; Gregoire; Pintrich et al. menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Kasus keterhubungan kimia dengan masalah lingkungan dan kesehatan memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, malu, takut salah, dan partisipasi tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah kompetisi kelas mengurangi keberanian merevisi gagasan. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Implikasi pembelajarannya adalah mengajarkan regulasi emosi dan metakognisi. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan malu, takut salah, dan partisipasi dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai keterhubungan kimia dengan masalah lingkungan dan kesehatan sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti

yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi mengajarkan regulasi emosi dan metakognisi, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.14.11 Kebanggaan dan Penguatan Identitas

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa kesediaan merevisi konsep dipengaruhi oleh tujuan, nilai, rasa mampu, emosi epistemik, rasa memiliki, dan identitas sebagai pembelajar sains. Faktor afektif menentukan apakah peserta didik bersedia bertahan dalam ketidakpastian, menguji gagasannya, dan menerima risiko intelektual ketika merevisi pemahaman.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Sinatra dan Pintrich; Gregoire; Pintrich et al. menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Kasus identitas sebagai orang yang mampu belajar kimia memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, kebanggaan dan penguatan identitas tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah umpan balik mengancam harga diri. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Implikasi pembelajarannya adalah membangun iklim aman untuk menyatakan gagasan awal. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa kebanggaan dan penguatan identitas tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus identitas sebagai orang yang mampu belajar

kimia, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan membangun iklim aman untuk menyatakan gagasan awal dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.14.12 Identitas sebagai Pembelajar Sains

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa kesediaan merevisi konsep dipengaruhi oleh tujuan, nilai, rasa mampu, emosi epistemik, rasa memiliki, dan identitas sebagai pembelajar sains. Faktor afektif menentukan apakah peserta didik bersedia bertahan dalam ketidakpastian, menguji gagasannya, dan menerima risiko intelektual ketika merevisi pemahaman.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Sinatra dan Pintrich; Gregoire; Pintrich et al. menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada kecemasan ketika mengerjakan perhitungan mol. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, identitas sebagai pembelajar sains perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah stereotip menurunkan rasa memiliki. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan memberikan umpan balik berorientasi proses. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, identitas sebagai pembelajar sains menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada kecemasan ketika mengerjakan perhitungan mol, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi memberikan umpan balik berorientasi proses perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan kecemasan ketika mengerjakan perhitungan mol?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi memberikan umpan balik berorientasi proses dapat diterapkan secara bertahap?

3.14.13 Rasa Memiliki dalam Kelas Kimia

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa kesediaan merevisi konsep dipengaruhi oleh tujuan, nilai, rasa mampu, emosi epistemik, rasa memiliki, dan identitas sebagai pembelajar sains. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Sinatra dan Pintrich; Gregoire; Pintrich et al. menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada rasa ingin tahu saat hasil eksperimen tidak sesuai prediksi. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, rasa memiliki dalam kelas kimia perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada kesalahan diperlakukan sebagai kegagalan pribadi. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Implikasi pembelajarannya adalah menyediakan representasi keberhasilan yang beragam. Guru dapat memulai dengan mengungkapkan pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan rasa memiliki dalam kelas kimia dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai rasa ingin tahu saat hasil eksperimen tidak sesuai prediksi sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi menyediakan representasi keberhasilan yang beragam, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.14.14 Pengaruh Stereotip dan Ekspektasi

Dalam konteks pendidikan kimia, titik tolak yang perlu ditegaskan ialah bahwa kesediaan merevisi konsep dipengaruhi oleh tujuan, nilai, rasa mampu, emosi epistemik, rasa memiliki, dan identitas sebagai pembelajar sains. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Sinatra dan Pintrich; Gregoire; Pintrich et al. menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Dalam pembelajaran kimia, rasa malu ketika jawaban awal dikoreksi di depan kelas menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan pengaruh stereotip dan ekspektasi

sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah konteks pembelajaran tidak relevan bagi peserta didik. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan menghubungkan kimia dengan identitas dan komunitas. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa pengaruh stereotip dan ekspektasi tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus rasa malu ketika jawaban awal dikoreksi di depan kelas, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan menghubungkan kimia dengan identitas dan komunitas dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.14.15 Iklim Kelas dan Keamanan Psikologis

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa kesediaan merevisi konsep dipengaruhi oleh tujuan, nilai, rasa mampu, emosi epistemik, rasa memiliki, dan identitas sebagai pembelajar sains. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Sinatra dan Pintrich; Gregoire; Pintrich et al. menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Contoh keterhubungan kimia dengan masalah lingkungan dan kesehatan menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks iklim kelas dan keamanan psikologis, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah kompetisi kelas mengurangi keberanian merevisi gagasan. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Strategi yang relevan mencakup mengajarkan regulasi emosi dan metakognisi. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Dalam praktik kelas, iklim kelas dan keamanan psikologis perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus keterhubungan kimia dengan masalah lingkungan dan kesehatan dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan mengajarkan regulasi emosi dan metakognisi menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.14.16 Umpan Balik yang Mendukung Perubahan

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa kesiediaan merevisi konsep dipengaruhi oleh tujuan, nilai, rasa mampu, emosi epistemik, rasa memiliki, dan identitas sebagai pembelajar sains. Peran guru adalah mengatur urutan pengalaman, pertanyaan, bukti, dan refleksi yang membuat peserta didik dapat menilai serta merevisi gagasannya.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Sinatra dan Pintrich; Gregoire; Pintrich et al. menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan,

dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Kasus identitas sebagai orang yang mampu belajar kimia memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, umpan balik yang mendukung perubahan tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah umpan balik mengancam harga diri. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada membangun iklim aman untuk menyatakan gagasan awal. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, umpan balik yang mendukung perubahan menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada identitas sebagai orang yang mampu belajar kimia, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi membangun iklim aman untuk menyatakan gagasan awal perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.14.17 Konteks Budaya dan Sosiosaintifik

Dari sudut pandang psikologi belajar, dapat dijelaskan bahwa kesediaan merevisi konsep dipengaruhi oleh tujuan, nilai, rasa mampu, emosi epistemik, rasa memiliki, dan identitas sebagai pembelajar sains. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan

hubungan kausal yang keliru. Sinatra dan Pintrich; Gregoire; Pintrich et al. menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Dalam pembelajaran kimia, kecemasan ketika mengerjakan perhitungan mol menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan konteks budaya dan sosiosaintifik sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada stereotip menurunkan rasa memiliki. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada memberikan umpan balik berorientasi proses. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, konteks budaya dan sosiosaintifik menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada kecemasan ketika mengerjakan perhitungan mol, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi memberikan umpan balik berorientasi proses perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.14.18 Implikasi bagi Pembelajaran Inklusif

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa kesediaan merevisi konsep dipengaruhi oleh tujuan, nilai, rasa mampu, emosi epistemik, rasa memiliki, dan identitas sebagai pembelajar sains. Peran guru adalah mengatur urutan pengalaman, pertanyaan, bukti, dan refleksi yang membuat peserta didik dapat menilai serta merevisi gagasannya.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Sinatra dan Pintrich; Gregoire; Pintrich et al.

menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Kasus rasa ingin tahu saat hasil eksperimen tidak sesuai prediksi memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, implikasi bagi pembelajaran inklusif tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah kesalahan diperlakukan sebagai kegagalan pribadi. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan menyediakan representasi keberhasilan yang beragam. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, implikasi bagi pembelajaran inklusif menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada rasa ingin tahu saat hasil eksperimen tidak sesuai prediksi, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi menyediakan representasi keberhasilan yang beragam perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan rasa ingin tahu saat hasil eksperimen tidak sesuai prediksi?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?

- Bagaimana strategi menyediakan representasi keberhasilan yang beragam dapat diterapkan secara bertahap?

Perlu ditekankan bahwa motivasi dan identitas tidak boleh dijadikan penjelasan tunggal; kualitas konten, representasi, dan bukti tetap menentukan kemungkinan perubahan konsep. Dalam pendidikan kimia, model dan aturan selalu memiliki domain penerapan. Pembelajaran yang menyajikan penjelasan ilmiah sebagai kalimat final tanpa asumsi dapat menghasilkan kepastian semu. Peserta didik perlu memahami kekuatan sekaligus keterbatasan model yang digunakan.

3.14.19 Sintesis Pengaruh Motivasi, Emosi, dan Identitas terhadap Perubahan Konsep

Pembahasan pengaruh motivasi, emosi, dan identitas terhadap perubahan konsep menunjukkan bahwa kesediaan merevisi konsep dipengaruhi oleh tujuan, nilai, rasa mampu, emosi epistemik, rasa memiliki, dan identitas sebagai pembelajar sains. Kerangka ini membantu menjelaskan mengapa peserta didik dapat mempertahankan gagasan yang tidak selaras dengan ilmu sekalipun telah menerima penjelasan dan latihan. Kesulitan tersebut muncul karena belajar melibatkan interaksi antara struktur kognitif, representasi, bukti, bahasa, dan konteks penggunaan konsep.

Bagi pembelajaran kimia, implikasi utamanya ialah perlunya membangun iklim aman untuk menyatakan gagasan awal, memberikan umpan balik berorientasi proses, dan menyediakan representasi keberhasilan yang beragam. Guru perlu menilai perubahan pada kualitas alasan dan kemampuan transfer, bukan hanya pada jawaban akhir. Kerangka ini akan menjadi lebih kuat apabila dipadukan dengan perspektif lain dalam bab ini, sebab tidak satu teori pun menjelaskan seluruh dimensi perubahan konseptual.

Keterbatasan yang harus diingat adalah bahwa motivasi dan identitas tidak boleh dijadikan penjelasan tunggal; kualitas konten, representasi, dan bukti tetap menentukan kemungkinan perubahan konsep. Oleh karena itu, penggunaan teori perlu bersifat diagnostik dan reflektif. Guru memilih strategi berdasarkan karakter konsep, pengetahuan awal, tingkat perkembangan representasional, kondisi afektif, dan bukti respons peserta didik selama pembelajaran.

3.15 Stabilitas dan Kemunculan Kembali Miskonsepsi

Stabilitas dan Kemunculan Kembali Miskonsepsi merupakan salah satu kerangka penting untuk memahami mengapa penjelasan yang telah diberikan guru tidak selalu menghasilkan struktur pemahaman yang dimaksudkan. Bagian ini memusatkan perhatian pada konsepsi lama dapat tetap tersedia, ditekan, atau muncul kembali ketika konteks, representasi, tekanan waktu, dan petunjuk tugas berubah. Dalam pendidikan kimia, proses tersebut menjadi sangat penting karena peserta didik harus menghubungkan fenomena yang dapat diamati dengan model partikel, simbol, grafik, persamaan, dan hubungan matematis.

Kerangka stabilitas dan kemunculan kembali miskonsepsi membantu membedakan belajar sebagai penambahan informasi dari belajar sebagai reorganisasi makna. Peserta didik dapat menghafal istilah, mengikuti algoritma, atau memperoleh jawaban numerik yang benar tanpa mengubah model yang digunakan untuk menjelaskan fenomena. Oleh karena itu, analisis harus diarahkan pada relasi antarkonsep, mekanisme kausal, kondisi penerapan, dan kemampuan berpindah antarrepresentasi.

Dalam literatur, pembahasan ini berkaitan dengan karya Smith, diSessa, dan Roschelle; Vosniadou; Chi. Masing-masing menawarkan penekanan berbeda, tetapi seluruhnya mengakui peran aktif struktur pengetahuan yang telah dimiliki peserta didik. Konsepsi awal tidak selalu berupa teori yang lengkap; konsepsi dapat berbentuk model, aturan intuitif, metafora, fragmen pengetahuan, atau keyakinan epistemologis yang aktif pada situasi tertentu.

Contoh kimia seperti kembalinya gagasan bahwa ikatan melepaskan energi ketika diputus, penggunaan kembali konsep kalor sebagai zat, anggapan partikel mengembang ketika zat dipanaskan memperlihatkan bahwa satu fenomena dapat ditafsirkan melalui beberapa kerangka. Guru perlu mengetahui alasan di balik respons peserta didik agar dapat menentukan apakah masalah berasal dari konsep prasyarat, bahasa, representasi, kategori ontologis, beban kognitif, atau faktor motivasional.

Tujuan subbab ini bukan hanya menjelaskan teori, tetapi menurunkan implikasi praktis bagi diagnosis, desain pembelajaran, penggunaan model, pengelolaan diskusi, dan asesmen perubahan konsep. Fokus akhirnya adalah membantu peserta didik membangun pengetahuan kimia yang koheren, dapat digunakan, serta tahan terhadap perubahan konteks.

Dimensi Kajian	Uraian Utama	Fungsi Pedagogis
Landasan teoretis	konsepsi lama dapat tetap tersedia, ditekan, atau muncul kembali ketika konteks, representasi, tekanan waktu, dan petunjuk tugas berubah	Menjelaskan ruang lingkup stabilitas dan kemunculan kembali miskonsepsi
Objek diagnosis	Alasan, model, representasi, konsistensi, dan keyakinan peserta didik	Menghindari kesimpulan dari jawaban benar-salah saja
Contoh kimia	anggapan partikel mengembang ketika zat dipanaskan	Menghubungkan teori dengan konten disipliner
Risiko konseptual	mengabaikan pengaruh bahasa dan representasi	Menentukan titik rawan miskonsepsi
Arah intervensi	memperkuat jaringan konsep dan kondisi penerapannya	Mengarahkan pembelajaran dan asesmen

3.15.1 Pengertian Stabilitas Konseptual

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa konsepsi lama dapat tetap tersedia, ditekan, atau muncul kembali ketika konteks, representasi, tekanan waktu, dan petunjuk tugas berubah. Definisi operasional perlu memuat ciri, fungsi, kondisi penggunaan, serta perbedaannya dari istilah yang berdekatan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Smith, diSessa, dan Roschelle; Vosniadou; Chi menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Kasus kembalinya gagasan bahwa ikatan melepaskan energi ketika diputus memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, pengertian stabilitas konseptual tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada menganggap postes tinggi sebagai bukti perubahan permanen. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Implikasi pembelajarannya adalah melakukan asesmen tertunda dan lintas konteks. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa pengertian stabilitas konseptual tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus kembalinya gagasan bahwa ikatan melepaskan energi ketika diputus, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan melakukan asesmen tertunda dan lintas konteks dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan

menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.15.2 Ketahanan Miskonsepsi

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa konsepsi lama dapat tetap tersedia, ditekan, atau muncul kembali ketika konteks, representasi, tekanan waktu, dan petunjuk tugas berubah. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Smith, diSessa, dan Roschelle; Vosniadou; Chi menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada penggunaan kembali konsep kalor sebagai zat. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, ketahanan miskonsepsi perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah menggunakan soal yang terlalu mirip dengan latihan. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan menggunakan retrieval practice dan pengulangan berspasi. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan ketahanan miskonsepsi dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai penggunaan kembali konsep kalor sebagai zat sebaiknya tidak disajikan

sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi menggunakan retrieval practice dan pengulangan berspasi, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.15.3 Penekanan dan Penggantian Konsepsi

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa konsepsi lama dapat tetap tersedia, ditekan, atau muncul kembali ketika konteks, representasi, tekanan waktu, dan petunjuk tugas berubah. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Smith, diSessa, dan Roschelle; Vosniadou; Chi menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Dalam pembelajaran kimia, anggapan partikel mengembang ketika zat dipanaskan menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan penekanan dan penggantian konsepsi sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah tidak menguji konteks sehari-hari. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan memvariasikan representasi dan jenis masalah. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, penekanan dan penggantian konsepsi menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada

anggapan partikel mengembang ketika zat dipanaskan, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi memvariasikan representasi dan jenis masalah perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.15.4 Koeksistensi Gagasan Lama dan Baru

Dalam konteks pendidikan kimia, titik tolak yang perlu ditegaskan ialah bahwa konsepsi lama dapat tetap tersedia, ditekan, atau muncul kembali ketika konteks, representasi, tekanan waktu, dan petunjuk tugas berubah. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Smith, diSessa, dan Roschelle; Vosniadou; Chi menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada kesetimbangan dianggap berhenti pada soal verbal. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, koeksistensi gagasan lama dan baru perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah mengabaikan pengaruh bahasa dan representasi. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Implikasi pembelajarannya adalah mengembangkan isyarat metakognitif. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan koeksistensi gagasan lama dan baru dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai kesetimbangan dianggap berhenti pada soal verbal sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi mengembangkan isyarat metakognitif, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.15.5 Ketergantungan pada Konteks

Dalam kajian perubahan konseptual, penting dipahami bahwa konsepsi lama dapat tetap tersedia, ditekan, atau muncul kembali ketika konteks, representasi, tekanan waktu, dan petunjuk tugas berubah. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Smith, diSessa, dan Roschelle; Vosniadou; Chi menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada asam kuat kembali disamakan dengan pH paling rendah. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, ketergantungan pada konteks perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah melakukan remediasi satu kali tanpa penguatan. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada memperkuat jaringan konsep dan kondisi penerapannya. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi

alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan ketergantungan pada konteks dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai asam kuat kembali disamakan dengan pH paling rendah sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi memperkuat jaringan konsep dan kondisi penerapannya, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.15.6 Ketergantungan pada Representasi

Analisis konseptual menunjukkan bahwa konsepsi lama dapat tetap tersedia, ditekan, atau muncul kembali ketika konteks, representasi, tekanan waktu, dan petunjuk tugas berubah. Setiap representasi menonjolkan aspek tertentu dan mengabaikan aspek lain, sehingga fungsi serta keterbatasannya harus dijelaskan secara eksplisit.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Smith, diSessa, dan Roschelle; Vosniadou; Chi membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Dalam pembelajaran kimia, kembalinya gagasan bahwa ikatan melepaskan energi ketika diputus menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan ketergantungan pada representasi sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah menganggap postes tinggi sebagai bukti perubahan permanen. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Implikasi pembelajarannya adalah melakukan asesmen tertunda dan lintas konteks. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang

dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan ketergantungan pada representasi dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai kembalinya gagasan bahwa ikatan melepaskan energi ketika diputus sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi melakukan asesmen tertunda dan lintas konteks, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan kembalinya gagasan bahwa ikatan melepaskan energi ketika diputus?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi melakukan asesmen tertunda dan lintas konteks dapat diterapkan secara bertahap?

3.15.7 Pengaruh Tekanan Waktu

Dalam konteks pendidikan kimia, titik tolak yang perlu ditegaskan ialah bahwa konsepsi lama dapat tetap tersedia, ditekan, atau muncul kembali ketika konteks, representasi, tekanan waktu, dan petunjuk tugas berubah. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Smith, diSessa, dan Roschelle; Vosniadou; Chi menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Contoh penggunaan kembali konsep kalor sebagai zat menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks pengaruh tekanan waktu, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan

menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menggunakan soal yang terlalu mirip dengan latihan. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Implikasi pembelajarannya adalah menggunakan retrieval practice dan pengulangan berspasi. Guru dapat memulai dengan mengungkap pengetahuan awal, kemudian menyediakan bukti yang dapat ditafsirkan, representasi yang saling terhubung, dan ruang argumentasi. Umpan balik sebaiknya tidak hanya menyatakan jawaban benar, tetapi menunjukkan hubungan yang perlu direvisi. Asesmen lanjutan perlu memeriksa transfer ke konteks baru dan retensi setelah jeda waktu agar perubahan yang terjadi tidak sekadar penyesuaian sesaat terhadap pola soal.

Dari sisi penelitian pembelajaran, pengaruh tekanan waktu menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada penggunaan kembali konsep kalor sebagai zat, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi menggunakan retrieval practice dan pengulangan berspasi perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.15.8 Pengaruh Bahasa Sehari-hari

Dalam konteks pendidikan kimia, titik tolak yang perlu ditegaskan ialah bahwa konsepsi lama dapat tetap tersedia, ditekan, atau muncul kembali ketika konteks, representasi, tekanan waktu, dan petunjuk tugas berubah. Bahasa mengatur cara peserta didik membingkai entitas, proses, sebab, dan bukti; karena itu pilihan istilah dapat membuka atau justru membatasi penalaran.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Smith, diSessa, dan Roschelle; Vosniadou; Chi menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada anggapan partikel mengembang ketika zat dipanaskan. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat

zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, pengaruh bahasa sehari-hari perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah tidak menguji konteks sehari-hari. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada memvariasikan representasi dan jenis masalah. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa pengaruh bahasa sehari-hari tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus anggapan partikel mengembang ketika zat dipanaskan, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan memvariasikan representasi dan jenis masalah dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.15.9 Transfer yang Tidak Sempurna

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa konsepsi lama dapat tetap tersedia, ditekan, atau muncul kembali ketika konteks, representasi, tekanan waktu, dan petunjuk tugas berubah. Keberhasilan sejati terlihat ketika konsep digunakan untuk menghasilkan prediksi dan penjelasan pada situasi yang belum pernah dilatihkan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Smith, diSessa, dan Roschelle; Vosniadou; Chi menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada kesetimbangan dianggap berhenti pada soal verbal. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, transfer yang tidak sempurna perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah mengabaikan pengaruh bahasa dan representasi. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Strategi yang relevan mencakup mengembangkan isyarat metakognitif. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa transfer yang tidak sempurna tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus kesetimbangan dianggap berhenti pada soal verbal, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan mengembangkan isyarat metakognitif dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

Perlu ditekankan bahwa kemunculan kembali gagasan lama tidak selalu berarti pembelajaran gagal total; hal itu dapat menunjukkan kompetisi antarrepresentasi yang membutuhkan konsolidasi dan kontrol kontekstual. Dalam pendidikan kimia, model dan aturan selalu memiliki domain penerapan. Pembelajaran yang menyajikan penjelasan ilmiah sebagai kalimat final tanpa asumsi dapat menghasilkan kepastian semu. Peserta didik perlu memahami kekuatan sekaligus keterbatasan model yang digunakan.

3.15.10 Retensi Jangka Panjang

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa konsepsi lama dapat tetap tersedia, ditekan, atau muncul kembali ketika konteks, representasi, tekanan waktu, dan petunjuk tugas

berubah. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Smith, diSessa, dan Roschelle; Vosniadou; Chi menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Kasus asam kuat kembali disamakan dengan pH paling rendah memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, retensi jangka panjang tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah melakukan remediasi satu kali tanpa penguatan. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan memperkuat jaringan konsep dan kondisi penerapannya. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembaran, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa retensi jangka panjang tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus asam kuat kembali disamakan dengan pH paling rendah, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan memperkuat jaringan konsep dan kondisi penerapannya dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.15.11 Asesmen Tertunda

Analisis konseptual menunjukkan bahwa konsepsi lama dapat tetap tersedia, ditekan, atau muncul kembali ketika konteks, representasi, tekanan waktu, dan petunjuk tugas berubah. Bukti diagnosis harus dikumpulkan dari alasan, representasi, konsistensi lintas konteks, dan tingkat keyakinan, bukan dari skor tunggal.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Smith, diSessa, dan Roschelle; Vosniadou; Chi menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Dalam pembelajaran kimia, kembalinya gagasan bahwa ikatan melepaskan energi ketika diputus menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan asesmen tertunda sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menganggap postes tinggi sebagai bukti perubahan permanen. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan melakukan asesmen tertunda dan lintas konteks. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan asesmen tertunda dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai kembalinya gagasan bahwa ikatan melepaskan energi ketika diputus sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi melakukan asesmen tertunda dan lintas konteks, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru.

Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.15.12 Kemunculan Kembali pada Topik Lanjutan

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa konsepsi lama dapat tetap tersedia, ditekan, atau muncul kembali ketika konteks, representasi, tekanan waktu, dan petunjuk tugas berubah. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Smith, diSessa, dan Roschelle; Vosniadou; Chi menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada penggunaan kembali konsep kalor sebagai zat. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, kemunculan kembali pada topik lanjutan perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah menggunakan soal yang terlalu mirip dengan latihan. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada menggunakan retrieval practice dan pengulangan berspasi. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa kemunculan kembali pada topik lanjutan tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus penggunaan kembali konsep kalor sebagai zat, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau

menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan menggunakan retrieval practice dan pengulangan berspasi dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan penggunaan kembali konsep kalor sebagai zat?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi menggunakan retrieval practice dan pengulangan berspasi dapat diterapkan secara bertahap?

3.15.13 Retrieval Practice

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa konsepsi lama dapat tetap tersedia, ditekan, atau muncul kembali ketika konteks, representasi, tekanan waktu, dan petunjuk tugas berubah. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Smith, diSessa, dan Roschelle; Vosniadou; Chi menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Ilustrasi kimia dapat dilihat pada anggapan partikel mengembang ketika zat dipanaskan. Pada tingkat permukaan, peserta didik dapat memberikan deskripsi yang tampak benar, tetapi penjelasan submikroskopiknya belum tentu konsisten. Mereka mungkin mencampurkan sifat zat makroskopik dengan sifat satu partikel, memperlakukan simbol sebagai benda, atau menggunakan aturan hafalan sebagai sebab. Melalui kasus ini, retrieval practice perlu dianalisis dengan menanyakan apa yang dianggap berubah, apa yang dianggap tetap, dan mekanisme apa yang digunakan untuk menghubungkan fenomena, model partikel, serta representasi simbolik.

Kesulitan yang perlu diantisipasi ialah tidak menguji konteks sehari-hari. Respons peserta didik mungkin tampak tidak konsisten karena beberapa sumber pengetahuan berkompetisi. Dalam satu situasi mereka menggunakan model ilmiah, sedangkan pada situasi lain kembali pada intuisi awal. Pola ini penting karena remediasi tidak cukup dilakukan dengan menandai satu

jawaban sebagai salah. Pembelajaran harus membantu peserta didik mengenali kapan dan mengapa suatu cara berpikir tidak memadai.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan memvariasikan representasi dan jenis masalah. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Dari sisi penelitian pembelajaran, retrieval practice menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada anggapan partikel mengembang ketika zat dipanaskan, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi memvariasikan representasi dan jenis masalah perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.15.14 Pengulangan Berspasi

Kerangka ini memandang bahwa konsepsi lama dapat tetap tersedia, ditekan, atau muncul kembali ketika konteks, representasi, tekanan waktu, dan petunjuk tugas berubah. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Smith, diSessa, dan Roschelle; Vosniadou; Chi menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Dalam pembelajaran kimia, kesetimbangan dianggap berhenti pada soal verbal menyediakan konteks yang kaya untuk mengamati cara gagasan dibangun. Peserta didik harus mengoordinasikan gejala yang terlihat dengan atom, molekul, ion, energi, dan persamaan. Kegagalan pada salah satu jembatan representasi dapat menghasilkan jawaban prosedural yang benar tetapi tidak bermakna. Karena itu, pembahasan pengulangan berspasi sebaiknya memeriksa konsistensi penjelasan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, simbolik, dan matematis.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah mengabaikan pengaruh bahasa dan representasi. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya

secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Strategi yang relevan mencakup mengembangkan isyarat metakognitif. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Pengembangan bahan ajar perlu memperhatikan pengulangan berspasi dengan menyediakan ruang bagi peserta didik untuk memprediksi, menguji, dan merevisi model. Informasi mengenai kesetimbangan dianggap berhenti pada soal verbal sebaiknya tidak disajikan sebagai jawaban final sejak awal, tetapi diorganisasi sebagai bukti yang harus ditafsirkan. Guru kemudian memfasilitasi mengembangkan isyarat metakognitif, sambil memastikan bahwa bahasa dan gambar tidak menanamkan makna harfiah yang keliru. Kegiatan penutup menghubungkan hasil belajar dengan konsep prasyarat dan topik lanjutan agar jaringan pengetahuan semakin terintegrasi.

3.15.15 Variasi Contoh dan Interleaving

Pembahasan ini berangkat dari asumsi bahwa konsepsi lama dapat tetap tersedia, ditekan, atau muncul kembali ketika konteks, representasi, tekanan waktu, dan petunjuk tugas berubah. Contoh kimia harus dianalisis pada tingkat fenomena, partikel, simbol, dan hubungan kuantitatif agar tidak direduksi menjadi kata kunci.. Konsep ilmiah memperoleh makna ketika terhubung dengan bukti, model, bahasa, serta aturan penalaran yang digunakan dalam komunitas sains. Karena itu, pembelajaran perlu membedakan perubahan pada istilah, prosedur, dan struktur konseptual. Peserta didik mungkin menggunakan kosakata yang benar tetapi masih mempertahankan hubungan kausal yang keliru. Smith, diSessa, dan Roschelle; Vosniadou; Chi menunjukkan perlunya menilai bagaimana suatu gagasan diaktifkan, dipertahankan, dan digunakan pada konteks yang berbeda, bukan sekadar apakah definisinya dapat diulang.

Contoh asam kuat kembali disamakan dengan pH paling rendah menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks variasi contoh dan interleaving, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada melakukan remediati satu kali tanpa penguatan. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Strategi yang relevan mencakup memperkuat jaringan konsep dan kondisi penerapannya. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa variasi contoh dan interleaving tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus asam kuat kembali disamakan dengan pH paling rendah, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan memperkuat jaringan konsep dan kondisi penerapannya dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

3.15.16 Isyarat Metakognitif

Secara teoretis, bagian ini menegaskan bahwa konsepsi lama dapat tetap tersedia, ditekan, atau muncul kembali ketika konteks, representasi, tekanan waktu, dan petunjuk tugas berubah. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Proses tersebut tidak berlangsung dalam ruang kognitif yang kosong. Pengetahuan sebelumnya, intuisi sehari-hari, pengalaman laboratorium, bahasa buku teks, dan norma kelas membentuk kerangka interpretasi. Oleh sebab itu, satu penjelasan guru dapat dimaknai secara berbeda oleh peserta didik yang berbeda. Perspektif Smith, diSessa, dan Roschelle; Vosniadou; Chi menolong guru mengidentifikasi apakah pembelajaran membutuhkan penambahan informasi, diferensiasi konsep, reorganisasi jaringan pengetahuan, atau perubahan kategori ontologis yang lebih mendasar.

Contoh kembalinya gagasan bahwa ikatan melepaskan energi ketika diputus menuntut peserta didik berpindah dari pengamatan menuju inferensi. Data tidak menampilkan konsep secara langsung, tetapi harus ditafsirkan melalui model. Dalam konteks isyarat metakognitif, guru dapat meminta peserta didik membuat prediksi, menggambar partikel, menuliskan

persamaan, dan menjelaskan hubungan antarrepresentasi. Perbandingan hasil kerja tersebut sering mengungkap bagian pengetahuan yang stabil, bagian yang terfragmentasi, dan bagian yang hanya muncul karena petunjuk tertentu pada soal.

Kerentanan utama pada bagian ini adalah menganggap postes tinggi sebagai bukti perubahan permanen. Kesulitan tersebut tidak selalu berarti peserta didik sama sekali tidak mengetahui konsep. Mereka mungkin memiliki unsur pengetahuan yang benar, tetapi mengoordinasikannya secara tidak tepat atau mengaktifkan sumber penalaran yang tidak sesuai. Diagnosis perlu membedakan ketidaktahuan, kesalahan prosedural, pengetahuan parsial, dan miskonsepsi berkeyakinan tinggi. Kombinasi pertanyaan prediksi, alasan, gambar, serta tingkat keyakinan dapat memberikan bukti yang lebih kuat daripada satu jawaban akhir.

Untuk pembelajaran, bagian ini mengarahkan guru pada melakukan asesmen tertunda dan lintas konteks. Media seperti demonstrasi, simulasi, diagram partikel, atau grafik hanya efektif apabila fungsi representasinya dijelaskan. Pertanyaan penuntun perlu meminta peserta didik menghubungkan bukti dengan klaim, memeriksa asumsi, dan mengevaluasi alternatif penjelasan. Penilaian dapat menggunakan soal bertingkat, wawancara singkat, peta konsep, atau tugas pemodelan agar perubahan pada struktur alasan dapat terlihat.

Dalam praktik kelas, isyarat metakognitif perlu diterjemahkan menjadi rangkaian keputusan pedagogis. Guru menentukan fenomena pemicu, bentuk bukti, representasi, urutan pertanyaan, serta jenis umpan balik yang sesuai. Kasus kembalinya gagasan bahwa ikatan melepaskan energi ketika diputus dapat digunakan untuk menghubungkan prediksi dengan data dan model partikel. Sesudah itu, peserta didik diminta menerapkan konsep pada kasus yang berbeda agar terlihat apakah pemahaman telah ditransfer. Pendekatan melakukan asesmen tertunda dan lintas konteks menjadi lebih efektif ketika peserta didik juga menyatakan tingkat keyakinan dan merefleksikan alasan perubahan jawabannya.

3.15.17 Remediasi Berulang dan Spiral

Kajian lintas teori memperlihatkan bahwa konsepsi lama dapat tetap tersedia, ditekan, atau muncul kembali ketika konteks, representasi, tekanan waktu, dan petunjuk tugas berubah. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Kejelasan teoretis diperlukan karena istilah perubahan konsep dapat merujuk pada proses yang berbeda: memperluas konsep, memperbaiki relasi, mengganti model, membatasi domain penerapan, atau mengubah cara peserta didik menilai bukti. Smith, diSessa, dan Roschelle; Vosniadou; Chi menekankan bahwa perubahan tidak selalu bersifat mendadak dan menyeluruh. Sebagian perubahan berlangsung bertahap, bergantung pada konteks, dan dapat berkompetisi dengan gagasan lama yang masih mudah diaktifkan.

Kasus penggunaan kembali konsep kalor sebagai zat memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik

perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, remediasi berulang dan spiral tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Pada ranah diagnosis, perhatian perlu diberikan pada menggunakan soal yang terlalu mirip dengan latihan. Konsepsi semacam ini kerap tersembunyi di balik kemampuan menghitung atau menghafal istilah. Tugas diagnostik sebaiknya mengubah bentuk representasi dan konteks sambil mempertahankan struktur konsep yang sama. Apabila alasan peserta didik berubah secara tajam, hal itu menunjukkan bahwa pengetahuan masih bergantung pada ciri permukaan dan belum terorganisasi sebagai jaringan yang stabil.

Strategi yang relevan mencakup menggunakan retrieval practice dan pengulangan berspasi. Urutan kegiatan dapat bergerak dari prediksi individual, diskusi alasan, analisis data, konstruksi model, hingga refleksi metakonseptual. Pada tahap akhir, peserta didik diminta membandingkan konsepsi awal dengan penjelasan yang telah direvisi serta menyebutkan kondisi penerapannya. Proses ini membantu mereka memahami bukan hanya apa jawaban ilmiahnya, tetapi juga mengapa model baru memiliki daya jelas dan daya prediksi yang lebih baik.

Dari sisi penelitian pembelajaran, remediasi berulang dan spiral menuntut bukti proses dan hasil. Data proses dapat berupa dialog, urutan revisi gambar, perubahan argumen, atau pilihan sumber informasi; data hasil dapat berupa penjelasan, transfer, dan retensi. Pada penggunaan kembali konsep kalor sebagai zat, perbandingan beberapa jenis tugas dapat menunjukkan apakah perubahan hanya terjadi pada simbol atau juga pada model submikroskopik. Strategi menggunakan retrieval practice dan pengulangan berspasi perlu dievaluasi melalui bukti tersebut sehingga keputusan remediasi tidak didasarkan pada kesan umum atau kenaikan skor yang belum tentu mencerminkan perubahan konseptual.

3.15.18 Implikasi bagi Evaluasi Program

Kerangka ini memandang bahwa konsepsi lama dapat tetap tersedia, ditekan, atau muncul kembali ketika konteks, representasi, tekanan waktu, dan petunjuk tugas berubah. Subbagian ini perlu ditempatkan dalam hubungan antara mekanisme kognitif, karakter konsep kimia, dan praktik pembelajaran yang memberikan bukti bagi revisi pengetahuan.. Gagasan tersebut menempatkan pengetahuan bukan sebagai kumpulan pernyataan yang diterima secara pasif, melainkan sebagai struktur makna yang dibangun, diuji, dan direorganisasi. Dalam prosesnya, peserta didik menafsirkan informasi baru melalui skema yang telah dimiliki, sehingga hasil belajar dipengaruhi oleh kualitas pengetahuan awal, cara bukti disajikan, dan kesempatan untuk merefleksikan alasan. Smith, diSessa, dan Roschelle; Vosniadou; Chi membantu menjelaskan bahwa perubahan yang tampak sederhana pada jawaban dapat melibatkan penataan ulang hubungan antarkonsep yang jauh lebih kompleks.

Kasus anggapan partikel mengembang ketika zat dipanaskan memperlihatkan bahwa konsep kimia sering bersifat relasional dan bergantung pada kondisi sistem. Penjelasan yang berlaku pada satu keadaan tidak selalu dapat dipindahkan secara langsung ke keadaan lain. Peserta didik perlu mempertimbangkan fase, suhu, tekanan, komposisi, batas sistem, dan model yang digunakan. Dengan demikian, implikasi bagi evaluasi program tidak cukup dibahas melalui satu contoh tipikal; variasi kasus dan noncontoh diperlukan agar peserta didik dapat membedakan prinsip umum dari ciri permukaan.

Masalah konseptual yang sering muncul adalah tidak menguji konteks sehari-hari. Gagasan ini dapat bertahan karena sesuai dengan pengalaman sehari-hari, didukung oleh metafora tertentu, atau berhasil pada sebagian soal rutin. Karena itu, jawaban salah tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kurang belajar. Guru perlu menelusuri sumber keterpahaman gagasan tersebut, kondisi yang memicunya, dan sejauh mana peserta didik mempertahankannya ketika berhadapan dengan bukti yang berbeda.

Rancangan intervensi sebaiknya menekankan memvariasikan representasi dan jenis masalah. Pembelajaran perlu memberi tantangan yang cukup untuk memicu evaluasi gagasan tanpa menimbulkan kebingungan yang tidak produktif. Scaffolding diberikan melalui contoh pembandingan, analogi berjembatan, pertanyaan sebab-akibat, dan representasi bertahap. Ketika peserta didik berhasil menggunakan konsep baru untuk menjelaskan dan memprediksi beberapa kasus, status konsep ilmiah dalam ekologi pengetahuannya akan semakin kuat.

Analisis lintas perspektif memperlihatkan bahwa implikasi bagi evaluasi program tidak bekerja secara terisolasi. Mekanisme kognitif berinteraksi dengan bahasa, representasi, motivasi, dan norma epistemik kelas. Pada kasus anggapan partikel mengembang ketika zat dipanaskan, peserta didik mungkin memahami sebagian model tetapi belum mempercayai bukti, atau menerima penjelasan verbal tanpa mampu menggunakannya. Karena itu, guru perlu menggabungkan memvariasikan representasi dan jenis masalah dengan kesempatan menjelaskan kembali, membandingkan alternatif, dan menilai kondisi batas. Dokumentasi perubahan alasan dari waktu ke waktu membantu membedakan perubahan struktur konsep dari penyesuaian jawaban sesaat.

Pertanyaan analitis yang dapat digunakan dalam pembelajaran dan diagnosis:

- Apa pengetahuan awal yang diaktifkan peserta didik ketika menjelaskan anggapan partikel mengembang ketika zat dipanaskan?
- Representasi apa yang digunakan, dan bagian mana yang dipahami secara harfiah?
- Bukti apa yang dianggap relevan oleh peserta didik untuk menerima atau menolak penjelasan?
- Apakah alasan yang diberikan konsisten ketika konteks, simbol, atau bentuk soal diubah?
- Bagaimana strategi memvariasikan representasi dan jenis masalah dapat diterapkan secara bertahap?

Batas penting dari pembahasan ini ialah kemunculan kembali gagasan lama tidak selalu berarti pembelajaran gagal total; hal itu dapat menunjukkan kompetisi antarrepresentasi yang membutuhkan konsolidasi dan kontrol kontekstual. Perubahan konseptual tidak selalu dapat diamati melalui peningkatan skor langsung. Peserta didik dapat menekan gagasan lama ketika mengerjakan soal sekolah, tetapi mengaktifkannya kembali pada konteks sehari-hari. Karena itu, bukti perubahan perlu dikumpulkan lintas waktu, representasi, dan situasi.

3.15.19 Sintesis Stabilitas dan Kemunculan Kembali Miskonsepsi

Pembahasan stabilitas dan kemunculan kembali miskonsepsi menunjukkan bahwa konsepsi lama dapat tetap tersedia, ditekan, atau muncul kembali ketika konteks, representasi, tekanan waktu, dan petunjuk tugas berubah. Kerangka ini membantu menjelaskan mengapa peserta didik dapat mempertahankan gagasan yang tidak selaras dengan ilmu sekalipun telah menerima penjelasan dan latihan. Kesulitan tersebut muncul karena belajar melibatkan interaksi antara struktur kognitif, representasi, bukti, bahasa, dan konteks penggunaan konsep.

Bagi pembelajaran kimia, implikasi utamanya ialah perlunya melakukan asesmen tertunda dan lintas konteks, menggunakan retrieval practice dan pengulangan berspasi, dan memvariasikan representasi dan jenis masalah. Guru perlu menilai perubahan pada kualitas alasan dan kemampuan transfer, bukan hanya pada jawaban akhir. Kerangka ini akan menjadi lebih kuat apabila dipadukan dengan perspektif lain dalam bab ini, sebab tidak satu teori pun menjelaskan seluruh dimensi perubahan konseptual.

Keterbatasan yang harus diingat adalah bahwa kemunculan kembali gagasan lama tidak selalu berarti pembelajaran gagal total; hal itu dapat menunjukkan kompetisi antarrepresentasi yang membutuhkan konsolidasi dan kontrol kontekstual. Oleh karena itu, penggunaan teori perlu bersifat diagnostik dan reflektif. Guru memilih strategi berdasarkan karakter konsep, pengetahuan awal, tingkat perkembangan representasional, kondisi afektif, dan bukti respons peserta didik selama pembelajaran.

Sintesis Teoretis Bab 3

Kelima belas perspektif dalam bab ini tidak harus diposisikan sebagai teori yang saling meniadakan. Konstruktivisme menjelaskan prinsip umum pembangunan makna; model perubahan konseptual menjelaskan kondisi penerimaan gagasan baru; asimilasi dan akomodasi menjelaskan bentuk adaptasi skema; ontological shift menyoroti perubahan kategori; knowledge in pieces menjelaskan koordinasi sumber pengetahuan; dan mental model menyoroti representasi internal yang digunakan untuk mensimulasikan sistem.

Conceptual ecology menunjukkan bahwa suatu konsepsi hidup dalam jaringan keyakinan, analogi, tujuan, dan komitmen epistemologis. Konflik kognitif serta ketidakpuasan dapat memicu evaluasi jaringan tersebut, tetapi konsep alternatif hanya memperoleh status kuat apabila dapat dipahami, masuk akal, dan produktif. Perspektif perubahan hangat menambahkan bahwa penerimaan konsep dipengaruhi oleh motivasi, emosi, dan identitas.

Secara praktis, perubahan konseptual dapat dianalisis melalui beberapa pertanyaan. Apakah peserta didik memiliki konsep prasyarat? Model apa yang digunakan? Kategori ontologis apa yang mendasari penjelasannya? Sumber pengetahuan apa yang aktif? Bukti apa yang dianggap sah? Apakah konsep baru dipahami, dipercaya, dan dapat digunakan? Faktor afektif apa yang mendukung atau menghambat revisi? Apakah perubahan bertahan ketika konteks berubah?

Pertanyaan tersebut mengarahkan guru pada siklus diagnosis, desain, implementasi, dan evaluasi. Diagnosis mengungkap gagasan awal, alasan, representasi, dan keyakinan. Desain memilih fenomena, bukti, model, dan urutan representasi yang sesuai. Implementasi menyediakan ruang prediksi, pengamatan, argumentasi, dan revisi. Evaluasi menguji transfer, retensi, serta kemunculan kembali gagasan lama.

Dalam kimia, integrasi perspektif sangat penting karena konsep melibatkan skala dan representasi yang berbeda. Perubahan pemahaman tentang ikatan, misalnya, dapat memerlukan penataan ulang bahasa energi, revisi model elektron, pembedaan interaksi intra- dan antarmolekul, serta perubahan dari penjelasan teleologis menuju penjelasan mekanistik. Tidak satu demonstrasi atau definisi cukup untuk mengubah seluruh jaringan tersebut.

Kerangka terpadu juga menuntut pembelajaran yang menghargai peserta didik sebagai penalar. Gagasan awal tidak sekadar kesalahan yang harus dihapus, tetapi sumber informasi tentang cara peserta didik memaknai dunia. Guru tetap perlu menjaga standar ilmiah, tetapi proses koreksi dilakukan melalui bukti, argumentasi, pemodelan, dan refleksi yang menjaga rasa aman intelektual.

Perubahan konsep yang kuat ditandai oleh kemampuan menjelaskan mekanisme, menghubungkan representasi, menggunakan konsep pada konteks baru, menyatakan kondisi batas, dan mengevaluasi alternatif. Perubahan tersebut juga ditandai oleh kemampuan peserta didik mengenali kapan intuisi sehari-hari tidak memadai dan memilih sumber pengetahuan yang lebih sesuai.

Dengan demikian, teori pembentukan dan perubahan konseptual memberikan fondasi bagi pembahasan berikutnya mengenai sumber miskonsepsi, metode diagnosis, dan strategi remediasi. Fondasi ini mencegah praktik pembelajaran yang hanya mengulang penjelasan atau menambah latihan tanpa mengetahui struktur pemikiran yang perlu diubah.

Kerangka Praktis Analisis Perubahan Konseptual

Tahap	Pertanyaan Kunci	Bukti yang Dikumpulkan	Keputusan Pembelajaran
Diagnosis awal	Apa konsepsi, model, dan sumber penalaran yang telah dimiliki?	Prediksi, alasan, gambar, peta konsep, tingkat keyakinan	Menentukan prasyarat dan titik rawan

Tahap	Pertanyaan Kunci	Bukti yang Dikumpulkan	Keputusan Pembelajaran
Evaluasi konsepsi	Di mana keterbatasan, inkonsistensi, atau kegagalan prediksinya?	Kasus pembandingan, data anomali, diskusi argumentatif	Menentukan bentuk konflik atau diferensiasi
Penyajian alternatif	Apakah konsep baru dapat dipahami dan direpresentasikan?	Penjelasan ulang, model, translasi representasi	Menentukan scaffolding dan urutan
Penguatan status	Apakah konsep baru masuk akal dan produktif?	Prediksi, penjelasan, pemecahan masalah, transfer	Memperluas konteks dan aplikasi
Konsolidasi	Apakah perubahan bertahan dan dapat dikendalikan lintas konteks?	Asesmen tertunda, interleaving, tugas lintas representasi	Merencanakan penguatan dan remediasi spiral

Daftar Pustaka Bab 3

Barke, H.-D., Hazari, A., & Yitbarek, S. (2009). *Misconceptions in chemistry: Addressing perceptions in chemical education*. Springer. doi: 10.1007/978-3-540-70989-3.

Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. MIT Press.

Carey, S. (2009). *The origin of concepts*. Oxford University Press.

Chi, M. T. H. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. In R. N. Giere (Ed.), *Cognitive models of science* (pp. 129-186). University of Minnesota Press.

Chi, M. T. H. (2005). Commonsense conceptions of emergent processes: Why some misconceptions are robust. *The Journal of the Learning Sciences*, 14(2), 161-199. doi: 10.1207/s15327809jls1402_1.

Chi, M. T. H., Slotta, J. D., & de Leeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4(1), 27-43. doi: 10.1016/0959-4752(94)90017-5.

Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63(1), 1-49. doi: 10.3102/00346543063001001.

Clement, J. (1993). Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1241-1257. doi: 10.1002/tea.3660301007.

diSessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10(2-3), 105-225. doi: 10.1080/07370008.1985.9649008.

diSessa, A. A., & Sherin, B. L. (1998). What changes in conceptual change? *International Journal of Science Education*, 20(10), 1155-1191. doi: 10.1080/0950069980201002.

Dole, J. A., & Sinatra, G. M. (1998). Reconceptualizing change in the cognitive construction of knowledge. *Educational Psychologist*, 33(2-3), 109-128. doi: 10.1080/00461520.1998.9653294.

Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Scott, P., & Mortimer, E. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12. doi: 10.3102/0013189X023007005.

Driver, R., & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5(1), 61-84. doi: 10.1080/03057267808559857.

Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671-688. doi: 10.1080/09500690305016.

Gregoire, M. (2003). Is it a challenge or a threat? A dual-process model of teachers' cognition and appraisal processes during conceptual change. *Educational Psychology Review*, 15(2), 147-179. doi: 10.1023/A:1023477131081.

Hewson, M. G., & Hewson, P. W. (1983). Effect of instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(8), 731-743. doi: 10.1002/tea.3660200804.

Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models*. Harvard University Press.

Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry - logical or psychological? *Chemistry Education Research and Practice*, 1(1), 9-15. doi: 10.1039/A9RP90001B.

Limon, M. (2001). On the cognitive conflict as an instructional strategy for conceptual change: A critical appraisal. *Learning and Instruction*, 11(4-5), 357-380. doi: 10.1016/S0959-4752(00)00037-2.

Mortimer, E. F. (1995). Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, 4(3), 267-285. doi: 10.1007/BF00486624.

Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 191-196. doi: 10.1021/ed069p191.

Nersessian, N. J. (2008). *Creating scientific concepts*. MIT Press.

Novak, J. D. (2002). Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. *Science Education*, 86(4), 548-571. doi: 10.1002/sce.10032.

Piaget, J. (1977). *The development of thought: Equilibration of cognitive structures*. Viking Press.

Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63(2), 167-199. doi: 10.3102/00346543063002167.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227. doi: 10.1002/sce.3730660207.

Sinatra, G. M. (2005). The warming trend in conceptual change research: The legacy of Paul R. Pintrich. *Educational Psychologist*, 40(2), 107-115. doi: 10.1207/s15326985ep4002_5.

Sinatra, G. M., & Pintrich, P. R. (Eds.). (2003). *Intentional conceptual change*. Lawrence Erlbaum Associates.

Smith, J. P., III, diSessa, A. A., & Roschelle, J. (1994). Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition. *The Journal of the Learning Sciences*, 3(2), 115-163. doi: 10.1207/s15327809jls0302_1.

Strike, K. A., & Posner, G. J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In R. A. Duschl & R. J. Hamilton (Eds.), *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice* (pp. 147-176). State University of New York Press.

Taber, K. S. (2001). Constructing chemical concepts in the classroom? Using research to inform practice. *Chemistry Education Research and Practice*, 2(1), 43-51. doi: 10.1039/B0RP90029J.

Taber, K. S. (2002). *Chemical misconceptions: Prevention, diagnosis and cure*. Royal Society of Chemistry.

Talanquer, V. (2006). Commonsense chemistry: A model for understanding students' alternative conceptions. *Journal of Chemical Education*, 83(5), 811-816. doi: 10.1021/ed083p811.

Talanquer, V. (2013). When atoms want. *Journal of Chemical Education*, 90(11), 1419-1424. doi: 10.1021/ed400311x.

Talanquer, V. (2015). Threshold concepts in chemistry: The critical role of implicit schemas. *Journal of Chemical Education*, 92(1), 3-9. doi: 10.1021/ed500679k.

Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10(2), 159-169. doi: 10.1080/0950069880100204.

Treagust, D. F., & Duit, R. (2008). Conceptual change: A discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. *Cultural Studies of Science Education*, 3, 297-328. doi: 10.1007/s11422-008-9090-4.

Tümay, H. (2016). Reconsidering learning difficulties and misconceptions in chemistry: Emergence in chemistry and its implications for chemical education. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(2), 229-245. doi: 10.1039/C6RP00008H.

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45-69. doi: 10.1016/0959-4752(94)90018-3.

Vosniadou, S. (Ed.). (2008). *International handbook of research on conceptual change*. Routledge.

Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24(4), 535-585. doi: 10.1016/0010-0285(92)90018-W.

BAB 4

SUMBER DAN PENYEBAB MISKONSEPSI KIMIA

Pengantar Bab

Miskonsepsi kimia tidak lahir dari ruang kosong. Ia berkembang melalui perjumpaan peserta didik dengan pengalaman, bahasa, guru, buku, gambar, analogi, praktikum, rumus, kurikulum, asesmen, serta informasi digital. Setiap sumber dapat memberikan gagasan awal, petunjuk interpretasi, atau penguatan. Karena pembelajaran kimia melibatkan objek yang tidak tampak, model teoretis, simbol yang padat, dan hubungan kuantitatif, kesalahan kecil dalam satu sumber dapat mengubah keseluruhan jaringan makna. (Nakhleh, 1992; Taber, 2002a; Talanquer, 2006)

Analisis sumber miskonsepsi harus melampaui pencarian pihak yang disalahkan. Pengalaman sehari-hari tidak selalu keliru; analogi tidak selalu menyesatkan; penyederhanaan tidak selalu buruk; dan algoritma tetap diperlukan. Masalah muncul ketika fungsi, batas, dan syarat penerapannya tidak dijelaskan, ketika satu bentuk pengetahuan menggantikan bentuk lain, atau ketika berbagai sumber saling menguatkan konsepsi yang sama. Oleh sebab itu, fokus bab ini adalah mekanisme, indikator, interaksi, dan implikasi pedagogis. (Johnstone, 2000; Duit & Treagust, 2003)

Sumber dan penyebab juga perlu dibedakan dari gejala. Jawaban bahwa reaksi berhenti pada keadaan setimbang adalah gejala. Konsepsi di belakangnya mungkin berupa pandangan bahwa keadaan makroskopik yang tetap berarti tidak ada proses mikroskopik. Sumbernya dapat berupa makna sehari-hari kata seimbang, analogi timbangan, diagram buku, penjelasan guru, atau soal yang hanya meminta komposisi akhir. Diagnosis yang berhenti pada gejala tidak akan menentukan intervensi secara tepat. (Nakhleh, 1992; Taber, 2002a; Talanquer, 2006)

Bab ini membahas delapan belas sumber utama. Setiap subbab menguraikan definisi operasional, mekanisme pembentukan, indikator diagnosis, contoh pada dua belas domain kimia, strategi pencegahan, dan pendekatan remediasi. Pembahasan bergerak dari pengalaman personal menuju sistem pembelajaran yang lebih luas dan berakhir pada interaksi antarsumber. Struktur tersebut menegaskan bahwa miskonsepsi harus dipahami sebagai hasil konstruksi kognitif yang dipengaruhi lingkungan belajar. (Johnstone, 2000; Duit & Treagust, 2003)

Dalam setiap analisis, tiga prinsip digunakan. Pertama, pengetahuan kimia perlu dikoordinasikan pada tingkat makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Kedua, pemahaman konseptual harus dibedakan dari keberhasilan prosedural. Ketiga, model, istilah, representasi, dan rumus memiliki domain berlaku serta keterbatasan. Ketiga prinsip ini

membantu menjelaskan mengapa peserta didik dapat memberikan jawaban benar tetapi alasan salah, atau sebaliknya. (Nakhleh, 1992; Taber, 2002a; Talanquer, 2006)

Tujuan akhirnya bersifat praktis. Guru, penulis bahan ajar, pengembang media, penyusun kurikulum, dan penilai diharapkan dapat mengenali titik rawan sebelum miskonsepsi terbentuk, menyusun asesmen yang mengungkap alasan, dan merancang pembelajaran yang memfasilitasi restrukturisasi konsep. Pencegahan dan remediasi diperlakukan sebagai bagian dari desain pembelajaran, bukan kegiatan tambahan setelah kegagalan terjadi. (Johnstone, 2000; Duit & Treagust, 2003)

Peta Analisis Bab

Komponen	Pertanyaan Analitis	Bukti yang Dicari	Implikasi
Gejala	Apa respons yang tampak?	Jawaban, gambar, prosedur, ucapan	Menentukan titik awal diagnosis
Konsepsi	Hubungan makna apa yang digunakan?	Alasan, prediksi, konsistensi	Membedakan miskonsepsi dari lupa
Sumber	Apa yang membentuk atau menguatkan?	Riwayat belajar, bahan, media, konteks	Menentukan sasaran intervensi
Interaksi	Sumber apa yang saling memperkuat?	Kesamaan bahasa, visual, dan asesmen	Mencegah koreksi parsial
Perubahan	Bukti apa yang menunjukkan restrukturisasi?	Transfer, alasan ilmiah, keyakinan	Menilai ketahanan pembelajaran

4.1 Pengalaman Sehari-hari Peserta Didik

Hal penting yang perlu ditegaskan ialah bahwa pengalaman langsung, kebiasaan, dan intuisi yang dibangun sebelum pembelajaran formal kemudian digunakan sebagai kerangka awal untuk menjelaskan fenomena kimia. Sumber ini tidak bekerja sebagai penyebab tunggal yang langsung menghasilkan satu jawaban salah. Ia menyediakan kerangka interpretasi yang menentukan informasi mana yang diperhatikan, istilah mana yang dianggap penting, dan hubungan sebab-akibat apa yang terasa masuk akal. Dalam kimia, kerangka semacam itu sangat berpengaruh karena banyak entitas dan proses tidak dapat diamati secara langsung. Peserta didik harus bergerak dari gejala makroskopik menuju model submikroskopik dan notasi simbolik. Apabila jembatan tersebut tidak dibangun, pemahaman mudah diisi oleh gagasan yang paling tersedia secara mental. (Driver & Easley, 1978; Driver et al., 1994)

Mekanisme utamanya dapat diringkas sebagai berikut: ciri yang tampak pada tingkat makroskopik digeneralisasikan menjadi penjelasan sebab-akibat, lalu diproyeksikan ke tingkat partikel yang tidak dapat diamati. Proses ini menghasilkan konsepsi yang sering kali koheren dari sudut pandang peserta didik. Karena koheren, konsepsi tersebut tidak selalu terasa sebagai kesalahan. Ia dapat digunakan untuk menjawab soal rutin, menjelaskan pengalaman tertentu, dan bahkan memperoleh penguatan dari teman, guru, atau sumber belajar. Oleh sebab itu, koreksi yang hanya menyampaikan definisi ilmiah belum tentu cukup. Guru perlu memahami asal, fungsi, dan jaringan gagasan yang menopang konsepsi tersebut. (Driver et al., 1994; Talanquer, 2006)

Ciri yang patut dicermati adalah jawaban sangat masuk akal menurut pengalaman, tetapi gagal ketika diterapkan pada sistem tertutup, skala partikel, atau kondisi yang berbeda. Miskonsepsi tidak sama dengan lupa, salah hitung, atau tidak pernah belajar. Miskonsepsi mempunyai struktur alasan tertentu dan sering disertai tingkat keyakinan. Peserta didik mungkin mengganti kata yang digunakan, tetapi mempertahankan pola penalaran yang sama. Untuk itu, analisis sumber miskonsepsi perlu menghubungkan respons peserta didik dengan konteks pembelajaran, representasi yang digunakan, urutan materi, serta jenis umpan balik yang pernah diterima. (Talanquer, 2006; Vosniadou, 1994)

Prinsip pencegahan yang relevan adalah mengungkap konsepsi awal, menghadapi prediksi dengan bukti, dan menjembatani pengalaman menuju model ilmiah tanpa meremehkan intuisi peserta didik. Tujuannya bukan meniadakan seluruh pengetahuan awal atau menyederhanakan materi secara ekstrem, melainkan membangun jalur perubahan konseptual. Jalur tersebut harus membuat peserta didik menyadari batas gagasan lama, memahami daya jelas model ilmiah, dan mampu menggunakan konsep pada konteks baru. Bab ini karena itu menempatkan setiap sumber miskonsepsi sebagai bagian dari ekosistem belajar yang dapat didiagnosis dan diperbaiki secara sistematis. (Driver & Easley, 1978; Vosniadou, 1994)

4.1.1 Kedudukan Pengalaman Sehari-hari Peserta Didik sebagai Sumber Miskonsepsi

Secara konseptual, sumber pengalaman sehari-hari perlu dibedakan dari miskonsepsi yang tampak pada jawaban. Sumber adalah kondisi yang menyediakan bahan, arah, atau penguatan bagi pembentukan konsepsi; miskonsepsi adalah struktur pemahaman yang tidak selaras dengan pengetahuan ilmiah yang diterima. Pembedaan ini mencegah guru menyimpulkan bahwa setiap jawaban salah pasti berasal dari faktor yang sama. Dua peserta didik dapat memberikan jawaban identik, tetapi satu berangkat dari makna bahasa, sedangkan yang lain meniru diagram atau aturan yang pernah dipelajari. (Driver & Easley, 1978; Driver et al., 1994)

Kedudukan sumber juga bersifat probabilistik. Pengalaman langsung, kebiasaan, dan intuisi yang dibangun sebelum pembelajaran formal kemudian digunakan sebagai kerangka awal untuk menjelaskan fenomena kimia tidak otomatis menghasilkan miskonsepsi pada semua peserta didik. Pengaruhnya bergantung pada pengetahuan prasyarat, perhatian, kualitas

penjelasan, frekuensi pengulangan, konteks sosial, dan kesempatan memperoleh umpan balik. Peserta didik yang memiliki jaringan konsep kuat dapat menafsirkan sumber yang kurang sempurna secara kritis, sedangkan peserta didik lain mungkin mengintegrasikannya secara literal. Karena itu, pencegahan harus memperkuat kemampuan interpretasi, bukan hanya menyaring materi. (Driver et al., 1994; Talanquer, 2006)

Dalam kimia, kerentanan tersebut meningkat karena makna harus dikoordinasikan antara fenomena, partikel, simbol, model, grafik, dan perhitungan. Sumber yang tampak kecil—misalnya satu kata, warna, panah, atau contoh—dapat mengubah hubungan antartingkat representasi. Kesalahan itu kemudian menjalar. Kekeliruan membedakan partikel dengan zat dapat memengaruhi ikatan, larutan, stoikiometri, kesetimbangan, dan elektrokimia. Oleh sebab itu, analisis sumber perlu memeriksa tidak hanya isi pernyataan, tetapi juga fungsi representasi dan hubungan yang dibangun. (Johnstone, 2000; Taber, 2001a)

4.1.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan

Dalam konteks kelas, ciri yang tampak pada tingkat makroskopik digeneralisasikan menjadi penjelasan sebab-akibat, lalu diproyeksikan ke tingkat partikel yang tidak dapat diamati. Pada tahap awal, peserta didik memilih petunjuk yang paling menonjol. Petunjuk itu dihubungkan dengan skema yang telah tersedia. Ketika hasilnya cukup berhasil untuk menjawab pertanyaan atau menjelaskan satu pengalaman, hubungan tersebut menjadi lebih mudah diaktifkan kembali. Pengulangan tanpa koreksi meningkatkan kelancaran pemrosesan, dan kelancaran sering keliru ditafsirkan sebagai kebenaran. (Driver & Easley, 1978; Koriati, 1997)

Penguatan dapat terjadi melalui empat jalur. Pertama, konsistensi internal: gagasan terasa cocok dengan asumsi lain yang telah dimiliki. Kedua, konsistensi sosial: teman, guru, buku, atau media menggunakan ungkapan serupa. Ketiga, keberhasilan instrumental: algoritma atau aturan menghasilkan jawaban yang dinilai benar. Keempat, ketiadaan anomali yang diproses secara sadar. Peserta didik mungkin telah melihat data yang tidak sesuai, tetapi menafsirkannya sebagai pengecualian atau kesalahan eksperimen. Jalur-jalur ini menjelaskan ketahanan miskonsepsi. (Smith et al., 1994; Duit & Treagust, 2003)

Hubungan antara sumber dan konsepsi juga dapat berubah sepanjang waktu. Sebuah penyederhanaan yang awalnya membantu dapat menjadi hambatan pada materi lanjutan. Sebaliknya, pengalaman yang semula menyesatkan dapat berfungsi sebagai titik awal diskusi ketika guru meminta prediksi, menghadirkan bukti pembandingan, dan membangun model yang lebih luas. Dengan demikian, persoalannya bukan hanya apakah sumber itu benar atau salah, melainkan bagaimana sumber tersebut diposisikan, dibatasi, dan direvisi dalam urutan belajar. (Talanquer, 2006; Vosniadou, 1994)

4.1.3 Indikator pada Respons Peserta Didik

Guru perlu membedakan antara kekurangan informasi dan miskonsepsi yang telah terstruktur. Indikator pertama adalah konsistensi alasan. Respons yang sama muncul pada pertanyaan berbeda karena peserta didik menggunakan aturan inti yang sama. Indikator

kedua adalah transfer yang salah: aturan yang benar pada satu konteks diterapkan pada konteks lain tanpa memeriksa syarat. Indikator ketiga adalah ketergantungan pada fitur permukaan. Perubahan angka, gambar, atau istilah dapat mengubah jawaban meskipun struktur kimianya tetap. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Indikator lain adalah tingkat keyakinan yang tidak sejalan dengan kualitas alasan. Peserta didik dapat sangat yakin karena jawaban terasa familiar, pernah memperoleh nilai, atau cocok dengan sumber yang dianggap otoritatif. Keadaan ini berbeda dari tebakan atau pengetahuan yang belum lengkap. Penggunaan tingkat keyakinan, alasan terbuka, dan tugas translasi representasi membantu memisahkan miskonsepsi kuat dari ketidakpastian biasa. (Brandriet & Bretz, 2014; Koriati, 1997)

Guru juga perlu mengamati bahasa spontan, gambar, pilihan simbol, urutan langkah, dan tindakan selama praktikum. Konsepsi yang tidak tampak pada definisi sering muncul ketika peserta didik harus menjelaskan mengapa, memprediksi perubahan, atau membangun diagram partikel. Bukti terbaik biasanya berasal dari triangulasi: jawaban tertulis, wawancara singkat, representasi visual, dan kinerja pada kasus baru. (Gkitzia et al., 2020; Taber, 2002a)

4.1.4 Pembedaan dari Kesalahan Lain

Kesalahan aritmetika, salah baca satuan, kelalaian, atau keterbatasan kosakata dapat menghasilkan jawaban salah tanpa membentuk miskonsepsi. Karena itu, guru perlu menanyakan apakah peserta didik mempunyai hubungan konseptual alternatif yang digunakan secara konsisten. Kesalahan satu kali yang segera disadari setelah ditunjukkan berbeda dari gagasan yang dipertahankan melalui penjelasan dan contoh. Pembedaan ini menentukan jenis intervensi: latihan prosedural, dukungan bahasa, atau perubahan konseptual. (Nakhleh, 1992; Treagust, 1988)

Pengetahuan parsial juga tidak selalu merupakan miskonsepsi. Peserta didik mungkin mengetahui bahwa katalis mempercepat reaksi tetapi belum memahami jalur alternatif dan energi aktivasi. Keadaan tersebut menjadi miskonsepsi ketika ia menambahkan hubungan keliru, misalnya katalis menaikkan energi pereaksi atau mengubah tetapan kesetimbangan. Diagnosis harus mengidentifikasi apa yang benar, apa yang belum ada, dan apa yang secara aktif salah. (Taber, 2001b; Talanquer, 2015)

Dalam konteks pengalaman sehari-hari, pembedaan tersebut makin penting karena satu respons dapat memiliki beberapa asal. Guru sebaiknya menelusuri kapan gagasan pertama kali digunakan, sumber apa yang dianggap meyakinkan, dan pada konteks mana gagasan berubah. Data itu memberi dasar untuk intervensi yang tepat sasaran dan mencegah tindakan umum seperti mengulang ceramah atau menambah soal tanpa memperbaiki penyebab. (Driver & Easley, 1978; Driver et al., 1994)

4.1.5 Materi, Zat, dan Perubahan

Pada topik materi, zat, dan perubahan, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa materi tersusun atas partikel, identitas zat ditentukan oleh jenis dan susunan

partikelnya, serta perubahan fisika perlu dibedakan dari perubahan kimia berdasarkan perubahan identitas kimia. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Driver & Easley, 1978; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan pengalaman sehari-hari, masalah yang sering muncul ialah ketika penguapan, pelarutan, pembakaran, dan korosi ditafsirkan hanya dari perubahan yang tampak sehingga materi dianggap hilang atau muncul. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Driver et al., 1994; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Ke mana partikel air pergi ketika pakaian mengering, dan apakah jumlah materi benar-benar berkurang?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan massa sistem terbuka dan tertutup, menyusun diagram partikel sebelum-sesudah, serta membedakan bukti observasional dari inferensi tentang partikel. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Vosniadou, 1994; Meyer & Pietzner, 2022)

4.1.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron

Pada topik struktur atom dan konfigurasi elektron, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa model atom adalah representasi teoretis dengan domain berlaku tertentu; elektron tidak berada pada lintasan planet yang kaku, dan konfigurasi elektron berkaitan dengan keadaan energi serta probabilitas. Landasan ini menuntut koordinasi antara

pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Driver et al., 1994; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan pengalaman sehari-hari, masalah yang sering muncul ialah ketika benda yang semakin kecil dipakai sebagai analog langsung untuk atom sehingga atom dianggap memiliki sifat makroskopik yang sama dengan zat. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Talanquer, 2006; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah elektron mempunyai lintasan pasti seperti planet, dan apa yang sebenarnya dinyatakan oleh orbital?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan beberapa model atom, menjelaskan fungsi dan batas setiap model, serta menggunakan peta perubahan model berdasarkan bukti eksperimen. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Vosniadou, 1994; Meyer & Pietzner, 2022)

4.1.7 Sistem Periodik dan Periodisitas

Pada topik sistem periodik dan periodisitas, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penyarungan, dan jarak elektron; kecenderungan periodik bersifat pola dengan pengecualian yang harus dipahami secara kausal. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan

syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Talanquer, 2006; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan pengalaman sehari-hari, masalah yang sering muncul ialah ketika pola naik-turun dalam kehidupan sehari-hari menggantikan penjelasan muatan inti efektif dan penyarungan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Vosniadou, 1994; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Talanquer, 2006; Taber, 2002a)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penyarungan, dan jarak elektron	Menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian
Miskonsepsi	Tren periodik dihafal sebagai arah panah mutlak, nomor periode dianggap jumlah elektron valensi, dan ukuran	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
	atom ditentukan hanya oleh jumlah kulit	meskipun jumlah elektronnya bertambah?
Sumber	Pola naik-turun dalam kehidupan sehari-hari menggantikan penjelasan muatan inti efektif dan penyarungan	Periksa peran pengalaman sehari-hari bersama sumber penguat lain.

4.1.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul

Pada topik ikatan kimia, struktur zat, dan gaya antarmolekul, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa ikatan dan gaya antarmolekul harus dibedakan; struktur zat ditentukan oleh distribusi elektron, interaksi elektrostatik, energi sistem, dan organisasi partikel pada berbagai skala. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Vosniadou, 1994; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan pengalaman sehari-hari, masalah yang sering muncul ialah ketika pengalaman mengikat benda dengan tali membuat ikatan kimia dibayangkan sebagai penghubung material yang dapat diregangkan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Vosniadou, 1994; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang diputus ketika air mendidih: ikatan O–H atau interaksi antarmolekul?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan struktur diskrit, kisi ionik, logam, dan jaringan kovalen sambil menghubungkan struktur dengan sifat. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Driver et al., 1994; Taber, 2002a)

4.1.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi

Pada topik mol, stoikiometri, dan persamaan reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa mol adalah satuan jumlah zat yang menghubungkan entitas pada tingkat partikel dengan besaran makroskopik; koefisien reaksi menyatakan perbandingan jumlah entitas atau mol, bukan perbandingan massa secara langsung. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Driver & Easley, 1978; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan pengalaman sehari-hari, masalah yang sering muncul ialah ketika pengalaman menghitung benda satu per satu membuat mol dipandang sekadar angka besar tanpa fungsi sebagai satuan jumlah zat. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Talanquer, 2006; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa satu mol oksigen dan satu mol besi mengandung jumlah entitas yang sama tetapi bermassa berbeda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan persamaan reaksi, model partikel, tabel jumlah mol, dan alasan kuantitatif pada setiap langkah perhitungan.

Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Driver & Easley, 1978; Taber, 2002a)

4.1.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit

Pada topik larutan, konsentrasi, kelarutan, dan elektrolit, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel; konsentrasi berbeda dari kekuatan, kelarutan bergantung pada kondisi, dan konduktivitas memerlukan pembawa muatan yang dapat bergerak. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Driver et al., 1994; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan pengalaman sehari-hari, masalah yang sering muncul ialah ketika kata larut diasosiasikan dengan hilang dan wadah penuh diasosiasikan dengan larutan jenuh. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Driver & Easley, 1978; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian,

dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Talanquer, 2006; Taber, 2002a)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel	Menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi
Miskonsepsi	Larutan jenuh dianggap tidak memiliki ruang, zat terlarut lenyap, asam kuat selalu pekat, dan semua senyawa ionik selalu menghantarkan listrik	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?
Sumber	Kata larut diasosiasikan dengan hilang dan wadah penuh diasosiasikan dengan larutan jenuh	Periksa peran pengalaman sehari-hari bersama sumber penguat lain.

4.1.11 Termokimia dan Termodinamika

Pada topik termokimia dan termodinamika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa kalor adalah energi yang berpindah karena perbedaan suhu, suhu berkaitan dengan distribusi energi kinetik, dan spontanitas tidak identik dengan kecepatan reaksi. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Talanquer, 2006; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan pengalaman sehari-hari, masalah yang sering muncul ialah ketika rasa panas dan dingin dianggap sifat yang tersimpan dalam benda, bukan hasil perpindahan energi dan distribusi mikroskopik. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang

seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Talanquer, 2006; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Dapatkah proses endoterm berlangsung spontan, dan apakah spontan berarti terjadi seketika?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menetapkan sistem-lingkungan, menggambar diagram energi, membedakan aspek termodinamika dari kinetika, dan menafsirkan tanda besaran. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Talanquer, 2006; Gkitzia et al., 2011)

4.1.12 Laju Reaksi dan Kinetika

Pada topik laju reaksi dan kinetika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa laju reaksi ditentukan oleh mekanisme, frekuensi serta orientasi tumbukan efektif, distribusi energi, dan konsentrasi spesies yang terlibat dalam tahap elementer. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Vosniadou, 1994; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan pengalaman sehari-hari, masalah yang sering muncul ialah ketika gerak yang lebih cepat dalam pengalaman harian dianggap satu-satunya sebab laju reaksi meningkat. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Vosniadou, 1994; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa kenaikan suhu dapat meningkatkan laju jauh lebih besar daripada sekadar kenaikan kecepatan rata-rata partikel?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan data laju, grafik distribusi energi, mekanisme reaksi, serta model tumbukan dengan asumsi yang dinyatakan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Vosniadou, 1994; Meyer & Pietzner, 2022)

4.1.13 Keseimbangan Kimia

Pada topik keseimbangan kimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa keseimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Driver & Easley, 1978; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan pengalaman sehari-hari, masalah yang sering muncul ialah ketika keseimbangan tubuh atau timbangan memunculkan gagasan bahwa jumlah kedua sisi harus sama dan proses berhenti. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Talanquer, 2006; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat

apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis Q dan K. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Talanquer, 2006; Gkitzia et al., 2011)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Kesetimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu	Menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis q dan k
Miskonsepsi	Reaksi berhenti pada kesetimbangan, konsentrasi pereaksi dan produk harus sama, dan katalis menggeser kesetimbangan	Minta alasan atas pertanyaan: Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?
Sumber	Keseimbangan tubuh atau timbangan memunculkan gagasan bahwa jumlah kedua sisi harus sama dan proses berhenti	Periksa peran pengalaman sehari-hari bersama sumber penguat lain.

4.1.14 Asam, Basa, dan pH

Pada topik asam, basa, dan pH, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa asam-basa bergantung pada kerangka teori dan pasangan reaksi; kekuatan berbeda dari konsentrasi, sedangkan pH berskala logaritmik dan bergantung pada kondisi larutan. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada

sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Driver et al., 1994; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan pengalaman sehari-hari, masalah yang sering muncul ialah ketika rasa masam dan pengalaman bahan rumah tangga dijadikan definisi universal asam serta kekuatan asam. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Driver & Easley, 1978; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah larutan asam lemah yang pekat dapat memiliki pH lebih rendah daripada larutan asam kuat yang sangat encer?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan derajat ionisasi dan konsentrasi, menggunakan garis bilangan logaritmik, serta menguji berbagai pasangan asam-basa. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Talanquer, 2006; Taber, 2002a)

4.1.15 Redoks dan Elektrokimia

Pada topik redoks dan elektrokimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa oksidasi-reduksi melibatkan perubahan bilangan oksidasi dan transfer elektron secara konseptual; potensial sel adalah besaran intensif dan arah aliran elektron harus dibedakan dari arus konvensional. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi.

Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Talanquer, 2006; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan pengalaman sehari-hari, masalah yang sering muncul ialah ketika karat dan pembakaran yang tampak melibatkan oksigen dijadikan prototipe tunggal semua reaksi oksidasi. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Driver & Easley, 1978; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa tanda anoda berbeda antara sel galvanik dan sel elektrolisis, tetapi oksidasi tetap terjadi di anoda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melacak elektron, ion, muatan, dan perubahan bilangan oksidasi pada diagram sel yang diberi label lengkap. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Talanquer, 2006; Meyer & Pietzner, 2022)

4.1.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi

Pada topik kimia organik dan mekanisme reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas; panah lengkung merepresentasikan perpindahan pasangan elektron, bukan gerak atom secara bebas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Vosniadou, 1994; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan pengalaman sehari-hari, masalah yang sering muncul ialah ketika kemiripan bentuk benda dipakai untuk menilai kemiripan molekul sehingga hubungan struktur-elektron terabaikan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Driver & Easley, 1978; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Talanquer, 2006; Meyer & Pietzner, 2022)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas	Melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur
Miskonsepsi	Rumus struktur dianggap gambar geometris literal, panah mekanisme menunjukkan atom berpindah mengikuti panah, dan	Minta alasan atas pertanyaan: Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
	semua isomer dianggap memiliki sifat yang sama	
Sumber	Kemiripan bentuk benda dipakai untuk menilai kemiripan molekul sehingga hubungan struktur-elektron terabaikan	Periksa peran pengalaman sehari-hari bersama sumber penguat lain.

4.1.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Pola jawaban perlu diperiksa lintas representasi dan lintas konteks. Untuk sumber pengalaman sehari-hari, diagnosis sebaiknya dimulai dengan peta hipotesis: gagasan apa yang mungkin dimiliki, bukti respons apa yang mendukungnya, dan sumber mana yang mungkin berperan. Peta ini mencegah guru mencari satu kesalahan yang telah diperkirakan sebelumnya. Instrumen dapat menggabungkan pilihan jawaban, alasan, tingkat keyakinan, gambar, tugas prediksi, dan wawancara singkat. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Butir diagnostik perlu menghindari petunjuk bahasa yang terlalu jelas dan harus menilai konsep pada lebih dari satu konteks. Soal numerik dapat dipasangkan dengan soal konseptual yang mempunyai struktur sama. Diagram dapat diminta diterjemahkan ke dalam persamaan dan penjelasan verbal. Dalam praktikum, peserta didik diminta membedakan apa yang diamati, apa yang dihitung, dan apa yang diinferensikan. Kombinasi tersebut mengungkap konsistensi model mental. (Brandriet & Bretz, 2014; Gkitzia et al., 2020)

Hasil diagnosis tidak berhenti pada persentase jawaban salah. Guru perlu mengelompokkan pola alasan, memeriksa konsep prasyarat, serta menelusuri bahan ajar dan praktik yang mungkin menguatkannya. Tindak lanjut dilakukan melalui konferensi singkat, diskusi kelas, revisi bahan, dan asesmen ulang. Dengan cara ini, diagnosis berfungsi sebagai bagian dari desain pembelajaran, bukan sekadar pelabelan peserta didik. (Taber, 2002a; Duit & Treagust, 2003)

4.1.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran

Intervensi yang efektif harus menargetkan hubungan konsep, bukan hanya mengganti kalimat salah dengan kalimat benar. Guru perlu melakukan analisis konsep sebelum memilih contoh, analogi, gambar, rumus, dan kegiatan. Analisis mencakup atribut kritis, noncontoh, prasyarat, representasi, kemungkinan salah tafsir, serta batas model. Pada sumber pengalaman sehari-hari, perhatian khusus diberikan pada mengungkap konsepsi awal, menghadapi prediksi dengan bukti, dan menjembatani pengalaman menuju model ilmiah tanpa meremehkan intuisi peserta didik. Pencegahan harus tampak dalam tujuan, urutan, aktivitas, dan asesmen. (Driver & Easley, 1978; Driver et al., 1994)

Desain pembelajaran yang kuat menghubungkan tiga lapisan. Lapisan pertama adalah fenomena atau data yang memberi alasan untuk belajar. Lapisan kedua adalah model yang menjelaskan fenomena. Lapisan ketiga adalah simbol dan perhitungan yang memadatkan hubungan. Perpindahan antar lapisan tidak boleh diasumsikan terjadi otomatis. Guru perlu memodelkan proses penerjemahan, menanyakan makna setiap simbol, dan menilai konsistensi penjelasan. (Johnstone, 2000; Gkitzia et al., 2020)

Pencegahan juga memerlukan pengelolaan bahasa dan metakognisi. Peserta didik diberi kesempatan menandai kata bermakna ganda, menyatakan tingkat keyakinan, dan menuliskan perubahan pemahaman. Guru dapat menggunakan kalimat seperti “model ini berguna untuk menjelaskan..., tetapi tidak menunjukkan...”. Kebiasaan tersebut membangun kewaspadaan epistemik dan mengurangi kecenderungan memperlakukan model, analogi, atau aturan sebagai realitas harfiah. (Koriat, 1997; Meyer & Pietzner, 2022)

4.1.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual

Remediasi dimulai dengan mengakui bahwa konsepsi awal memiliki alasan bagi peserta didik. Guru tidak cukup menyatakan “itu salah”, melainkan meminta peserta didik mengartikulasikan prediksi dan dasar pikirnya. Setelah itu disajikan kasus yang membedakan daya jelas konsepsi awal dan model ilmiah. Anomali harus dapat dipahami, relevan, dan diikuti penjelasan alternatif; jika tidak, peserta didik dapat mengabaikannya sebagai pengecualian. (Vosniadou, 1994; Duit & Treagust, 2003)

Tahap berikutnya adalah rekonstruksi. Peserta didik menyusun model baru melalui contoh beragam, noncontoh, peta konsep, dan translasi representasi. Guru menekankan hubungan yang berubah, bukan hanya jawaban. Pada sumber pengalaman sehari-hari, rekonstruksi harus sekaligus memperbaiki sumber penguat—misalnya istilah, gambar, lembar kerja, atau pola asesmen. Tanpa perubahan lingkungan belajar, konsepsi lama mudah kembali aktif. (Smith et al., 1994; Mortimer, 1995)

Tahap terakhir adalah konsolidasi dan transfer. Peserta didik menggunakan konsep pada situasi baru, menjelaskan batasnya, membandingkan dengan konsep berdekatan, dan mengevaluasi informasi dari sumber lain. Asesmen ulang dilakukan setelah jeda untuk melihat ketahanan perubahan. Remediasi dinilai berhasil apabila peserta didik tidak hanya memilih jawaban ilmiah, tetapi dapat memberikan alasan yang konsisten dan menilai kewajaran representasi serta hasil. (Taber, 2002a; Treagust, 1988)

4.1.20 Sintesis Subbab

Sumber pengalaman sehari-hari berkontribusi terhadap miskonsepsi melalui mekanisme berikut: ciri yang tampak pada tingkat makroskopik digeneralisasikan menjadi penjelasan sebab-akibat, lalu diproyeksikan ke tingkat partikel yang tidak dapat diamati. Pengaruhnya terlihat pada seluruh domain kimia, tetapi bentuk konkret berbeda menurut tingkat representasi, prasyarat, dan aktivitas. Karena itu, guru harus menghindari kesimpulan bahwa satu strategi dapat memperbaiki semua miskonsepsi. Intervensi perlu mempertimbangkan isi

konsep dan sumber yang menguatkannya. (Driver & Easley, 1978; Driver et al., 1994; Talanquer, 2006; Vosniadou, 1994)

Inti diagnosis adalah membedakan gejala, konsepsi, dan sumber. Gejala merupakan respons yang tampak; konsepsi adalah hubungan makna yang digunakan; sumber adalah kondisi yang membentuk atau menguatkan hubungan tersebut. Perbedaan ini memungkinkan tindakan yang presisi. Jawaban salah akibat ketidaktelitian tidak memerlukan konflik konseptual, sedangkan miskonsepsi berkeyakinan tinggi tidak cukup diatasi dengan latihan tambahan. (Hasan et al., 1999; Brandriet & Bretz, 2014)

Implikasi utamanya adalah mengungkap konsepsi awal, menghadapi prediksi dengan bukti, dan menjembatani pengalaman menuju model ilmiah tanpa meremehkan intuisi peserta didik. Pencegahan terbaik bukan menghilangkan seluruh penyederhanaan, pengalaman, atau media, melainkan mengelolanya secara epistemik: tujuan dinyatakan, batas dibahas, hubungan antarrepresentasi dibangun, dan bukti digunakan untuk mengevaluasi model. Prinsip ini menjadi jembatan menuju subbab berikutnya, karena sumber miskonsepsi selalu berinteraksi dengan sumber lain dalam ekosistem pembelajaran. (Taber, 2001b; Duit & Treagust, 2003)

4.1.21 Checklist Audit Sumber

Checklist berikut digunakan untuk menilai apakah pengalaman sehari-hari berpotensi membentuk atau menguatkan miskonsepsi. Setiap butir sebaiknya dijawab berdasarkan bukti konkret dari materi, rekaman pembelajaran, respons peserta didik, atau hasil asesmen. Jawaban “ya” bukan vonis bahwa miskonsepsi pasti terjadi, tetapi penanda perlunya pemeriksaan lebih lanjut. (Driver & Easley, 1978; Driver et al., 1994)

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
1	Apakah pengalaman sehari-hari menggunakan istilah, model, atau aturan tanpa menjelaskan batas dan syarat?	☐
2	Apakah hubungan antara fenomena, partikel, simbol, grafik, dan perhitungan dinyatakan secara eksplisit?	☐
3	Apakah contoh dan noncontoh cukup bervariasi untuk memperjelas atribut kritis?	☐
4	Apakah peserta didik diminta memberikan alasan, bukan hanya jawaban atau hasil hitung?	☐
5	Apakah terdapat peluang untuk membandingkan prediksi dengan bukti dan merevisi model?	☐

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
6	Apakah konsep prasyarat diperiksa sebelum materi lanjutan diperkenalkan?	☐
7	Apakah bahasa atau visual berpotensi dibaca secara literal atau antropomorfis?	☐
8	Apakah asesmen memberi penghargaan pada pemahaman, translasi representasi, dan transfer?	☐
9	Apakah sumber lain—buku, media, praktikum, atau teman—mengulang gagasan yang sama?	☐
10	Apakah perubahan pemahaman diperiksa kembali setelah jeda dan pada konteks baru?	☐

4.2 Bahasa Sehari-hari dan Bahasa Ilmiah

Secara konseptual, ketidaksamaan makna antara kata yang digunakan dalam percakapan umum dan istilah yang memiliki batas teknis dalam kimia. Sumber ini tidak bekerja sebagai penyebab tunggal yang langsung menghasilkan satu jawaban salah. Ia menyediakan kerangka interpretasi yang menentukan informasi mana yang diperhatikan, istilah mana yang dianggap penting, dan hubungan sebab-akibat apa yang terasa masuk akal. Dalam kimia, kerangka semacam itu sangat berpengaruh karena banyak entitas dan proses tidak dapat diamati secara langsung. Peserta didik harus bergerak dari gejala makroskopik menuju model submikroskopik dan notasi simbolik. Apabila jembatan tersebut tidak dibangun, pemahaman mudah diisi oleh gagasan yang paling tersedia secara mental. (Johnstone & Selepeng, 2001; Pyburn et al., 2013)

Mekanisme utamanya dapat diringkas sebagai berikut: makna yang telah otomatis aktif dalam bahasa sehari-hari mendahului definisi ilmiah dan mengarahkan interpretasi terhadap kalimat, simbol, serta soal. Proses ini menghasilkan konsepsi yang sering kali koheren dari sudut pandang peserta didik. Karena koheren, konsepsi tersebut tidak selalu terasa sebagai kesalahan. Ia dapat digunakan untuk menjawab soal rutin, menjelaskan pengalaman tertentu, dan bahkan memperoleh penguatan dari teman, guru, atau sumber belajar. Oleh sebab itu, koreksi yang hanya menyampaikan definisi ilmiah belum tentu cukup. Guru perlu memahami asal, fungsi, dan jaringan gagasan yang menopang konsepsi tersebut. (Pyburn et al., 2013; Song & Carheden, 2014)

Ciri yang patut dicermati adalah peserta didik mengulang istilah ilmiah dengan benar, tetapi alasan, contoh, atau penerapannya tetap mengikuti makna umum kata tersebut. Miskonsepsi tidak sama dengan lupa, salah hitung, atau tidak pernah belajar. Miskonsepsi mempunyai

struktur alasan tertentu dan sering disertai tingkat keyakinan. Peserta didik mungkin mengganti kata yang digunakan, tetapi mempertahankan pola penalaran yang sama. Untuk itu, analisis sumber miskonsepsi perlu menghubungkan respons peserta didik dengan konteks pembelajaran, representasi yang digunakan, urutan materi, serta jenis umpan balik yang pernah diterima. (Song & Carheden, 2014; Meyer & Pietzner, 2022)

Prinsip pencegahan yang relevan adalah mengajarkan kosakata dalam konteks, membandingkan makna umum dan teknis, serta menilai pemahaman melalui penggunaan istilah pada kasus baru. Tujuannya bukan meniadakan seluruh pengetahuan awal atau menyederhanakan materi secara ekstrem, melainkan membangun jalur perubahan konseptual. Jalur tersebut harus membuat peserta didik menyadari batas gagasan lama, memahami daya jelas model ilmiah, dan mampu menggunakan konsep pada konteks baru. Bab ini karena itu menempatkan setiap sumber miskonsepsi sebagai bagian dari ekosistem belajar yang dapat didiagnosis dan diperbaiki secara sistematis. (Johnstone & Selepeng, 2001; Meyer & Pietzner, 2022)

4.2.1 Kedudukan Bahasa Sehari-hari dan Bahasa Ilmiah sebagai Sumber Miskonsepsi

Masalah ini menjadi penting karena sumber perbedaan bahasa sehari-hari dan bahasa ilmiah perlu dibedakan dari miskonsepsi yang tampak pada jawaban. Sumber adalah kondisi yang menyediakan bahan, arah, atau penguatan bagi pembentukan konsepsi; miskonsepsi adalah struktur pemahaman yang tidak selaras dengan pengetahuan ilmiah yang diterima. Perbedaan ini mencegah guru menyimpulkan bahwa setiap jawaban salah pasti berasal dari faktor yang sama. Dua peserta didik dapat memberikan jawaban identik, tetapi satu berangkat dari makna bahasa, sedangkan yang lain meniru diagram atau aturan yang pernah dipelajari. (Johnstone & Selepeng, 2001; Pyburn et al., 2013)

Kedudukan sumber juga bersifat probabilistik. Ketidaksamaan makna antara kata yang digunakan dalam percakapan umum dan istilah yang memiliki batas teknis dalam kimia tidak otomatis menghasilkan miskonsepsi pada semua peserta didik. Pengaruhnya bergantung pada pengetahuan prasyarat, perhatian, kualitas penjelasan, frekuensi pengulangan, konteks sosial, dan kesempatan memperoleh umpan balik. Peserta didik yang memiliki jaringan konsep kuat dapat menafsirkan sumber yang kurang sempurna secara kritis, sedangkan peserta didik lain mungkin mengintegrasikannya secara literal. Karena itu, pencegahan harus memperkuat kemampuan interpretasi, bukan hanya menyaring materi. (Pyburn et al., 2013; Song & Carheden, 2014)

Dalam kimia, kerentanan tersebut meningkat karena makna harus dikoordinasikan antara fenomena, partikel, simbol, model, grafik, dan perhitungan. Sumber yang tampak kecil—misalnya satu kata, warna, panah, atau contoh—dapat mengubah hubungan antartingkat representasi. Kesalahan itu kemudian menjalar. Kekeliruan membedakan partikel dengan zat dapat memengaruhi ikatan, larutan, stoikiometri, kesetimbangan, dan elektrokimia. Oleh sebab itu, analisis sumber perlu memeriksa tidak hanya isi pernyataan, tetapi juga fungsi representasi dan hubungan yang dibangun. (Johnstone, 2000; Taber, 2001a)

4.2.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan

Hal penting yang perlu ditegaskan ialah bahwa makna yang telah otomatis aktif dalam bahasa sehari-hari mendahului definisi ilmiah dan mengarahkan interpretasi terhadap kalimat, simbol, serta soal. Pada tahap awal, peserta didik memilih petunjuk yang paling menonjol. Petunjuk itu dihubungkan dengan skema yang telah tersedia. Ketika hasilnya cukup berhasil untuk menjawab pertanyaan atau menjelaskan satu pengalaman, hubungan tersebut menjadi lebih mudah diaktifkan kembali. Pengulangan tanpa koreksi meningkatkan kelancaran pemrosesan, dan kelancaran sering keliru ditafsirkan sebagai kebenaran. (Johnstone & Selepeng, 2001; Koriat, 1997)

Penguatan dapat terjadi melalui empat jalur. Pertama, konsistensi internal: gagasan terasa cocok dengan asumsi lain yang telah dimiliki. Kedua, konsistensi sosial: teman, guru, buku, atau media menggunakan ungkapan serupa. Ketiga, keberhasilan instrumental: algoritma atau aturan menghasilkan jawaban yang dinilai benar. Keempat, ketiadaan anomali yang diproses secara sadar. Peserta didik mungkin telah melihat data yang tidak sesuai, tetapi menafsirkannya sebagai pengecualian atau kesalahan eksperimen. Jalur-jalur ini menjelaskan ketahanan miskonsepsi. (Smith et al., 1994; Duit & Treagust, 2003)

Hubungan antara sumber dan konsepsi juga dapat berubah sepanjang waktu. Sebuah penyederhanaan yang awalnya membantu dapat menjadi hambatan pada materi lanjutan. Sebaliknya, pengalaman yang semula menyesatkan dapat berfungsi sebagai titik awal diskusi ketika guru meminta prediksi, menghadirkan bukti pembanding, dan membangun model yang lebih luas. Dengan demikian, persoalannya bukan hanya apakah sumber itu benar atau salah, melainkan bagaimana sumber tersebut diposisikan, dibatasi, dan direvisi dalam urutan belajar. (Song & Carheden, 2014; Meyer & Pietzner, 2022)

4.2.3 Indikator pada Respons Peserta Didik

Indikator yang paling berguna muncul ketika peserta didik diminta memprediksi dan memberikan alasan. Indikator pertama adalah konsistensi alasan. Respons yang sama muncul pada pertanyaan berbeda karena peserta didik menggunakan aturan inti yang sama. Indikator kedua adalah transfer yang salah: aturan yang benar pada satu konteks diterapkan pada konteks lain tanpa memeriksa syarat. Indikator ketiga adalah ketergantungan pada fitur permukaan. Perubahan angka, gambar, atau istilah dapat mengubah jawaban meskipun struktur kimianya tetap. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Indikator lain adalah tingkat keyakinan yang tidak sejalan dengan kualitas alasan. Peserta didik dapat sangat yakin karena jawaban terasa familiar, pernah memperoleh nilai, atau cocok dengan sumber yang dianggap otoritatif. Keadaan ini berbeda dari tebakan atau pengetahuan yang belum lengkap. Penggunaan tingkat keyakinan, alasan terbuka, dan tugas translasi representasi membantu memisahkan miskonsepsi kuat dari ketidakpastian biasa. (Brandriet & Bretz, 2014; Koriat, 1997)

Guru juga perlu mengamati bahasa spontan, gambar, pilihan simbol, urutan langkah, dan tindakan selama praktikum. Konsepsi yang tidak tampak pada definisi sering muncul ketika peserta didik harus menjelaskan mengapa, memprediksi perubahan, atau membangun diagram partikel. Bukti terbaik biasanya berasal dari triangulasi: jawaban tertulis, wawancara singkat, representasi visual, dan kinerja pada kasus baru. (Gkitzia et al., 2020; Taber, 2002a)

4.2.4 Pembedaan dari Kesalahan Lain

Kesalahan aritmetika, salah baca satuan, kelalaian, atau keterbatasan kosakata dapat menghasilkan jawaban salah tanpa membentuk miskonsepsi. Karena itu, guru perlu menanyakan apakah peserta didik mempunyai hubungan konseptual alternatif yang digunakan secara konsisten. Kesalahan satu kali yang segera disadari setelah ditunjukkan berbeda dari gagasan yang dipertahankan melalui penjelasan dan contoh. Pembedaan ini menentukan jenis intervensi: latihan prosedural, dukungan bahasa, atau perubahan konseptual. (Nakhleh, 1992; Treagust, 1988)

Pengetahuan parsial juga tidak selalu merupakan miskonsepsi. Peserta didik mungkin mengetahui bahwa katalis mempercepat reaksi tetapi belum memahami jalur alternatif dan energi aktivasi. Keadaan tersebut menjadi miskonsepsi ketika ia menambahkan hubungan keliru, misalnya katalis menaikkan energi pereaksi atau mengubah tetapan kesetimbangan. Diagnosis harus mengidentifikasi apa yang benar, apa yang belum ada, dan apa yang secara aktif salah. (Taber, 2001b; Talanquer, 2015)

Dalam konteks perbedaan bahasa sehari-hari dan bahasa ilmiah, perbedaan tersebut makin penting karena satu respons dapat memiliki beberapa asal. Guru sebaiknya menelusuri kapan gagasan pertama kali digunakan, sumber apa yang dianggap meyakinkan, dan pada konteks mana gagasan berubah. Data itu memberi dasar untuk intervensi yang tepat sasaran dan mencegah tindakan umum seperti mengulang ceramah atau menambah soal tanpa memperbaiki penyebab. (Johnstone & Selepeng, 2001; Pyburn et al., 2013)

4.2.5 Materi, Zat, dan Perubahan

Pada topik materi, zat, dan perubahan, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa materi tersusun atas partikel, identitas zat ditentukan oleh jenis dan susunan partikelnya, serta perubahan fisika perlu dibedakan dari perubahan kimia berdasarkan perubahan identitas kimia. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Johnstone & Selepeng, 2001; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan perbedaan bahasa sehari-hari dan bahasa ilmiah, masalah yang sering muncul ialah ketika kata murni, perubahan, hilang, dan kekal membawa makna sosial

atau praktis yang berbeda dari makna kimia. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Pyburn et al., 2013; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Ke mana partikel air pergi ketika pakaian mengering, dan apakah jumlah materi benar-benar berkurang?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan massa sistem terbuka dan tertutup, menyusun diagram partikel sebelum-sesudah, serta membedakan bukti observasional dari inferensi tentang partikel. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Pyburn et al., 2013; Taber, 2002a)

4.2.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron

Pada topik struktur atom dan konfigurasi elektron, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa model atom adalah representasi teoretis dengan domain berlaku tertentu; elektron tidak berada pada lintasan planet yang kaku, dan konfigurasi elektron berkaitan dengan keadaan energi serta probabilitas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Pyburn et al., 2013; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan perbedaan bahasa sehari-hari dan bahasa ilmiah, masalah yang sering muncul ialah ketika kata kulit, awan, keadaan dasar, dan tereksitasi dibaca secara literal sebagai objek atau emosi. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih

atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Song & Carheden, 2014; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah elektron mempunyai lintasan pasti seperti planet, dan apa yang sebenarnya dinyatakan oleh orbital?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan beberapa model atom, menjelaskan fungsi dan batas setiap model, serta menggunakan peta perubahan model berdasarkan bukti eksperimen. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Pyburn et al., 2013; Gkitzia et al., 2011)

4.2.7 Sistem Periodik dan Periodisitas

Pada topik sistem periodik dan periodisitas, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penjarangan, dan jarak elektron; kecenderungan periodik bersifat pola dengan pengecualian yang harus dipahami secara kausal. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Song & Carheden, 2014; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan perbedaan bahasa sehari-hari dan bahasa ilmiah, masalah yang sering muncul ialah ketika istilah kecenderungan, afinitas, elektronegativitas, dan periode dipahami dengan asosiasi umum yang tidak memuat definisi kuantitatif. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi

sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Johnstone & Selepeng, 2001; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Song & Carheden, 2014; Taber, 2002a)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penyarungan, dan jarak elektron	Menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian
Miskonsepsi	Tren periodik dihafal sebagai arah panah mutlak, nomor periode dianggap jumlah elektron valensi, dan ukuran atom ditentukan hanya oleh jumlah kulit	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?
Sumber	Istilah kecenderungan, afinitas, elektronegativitas, dan periode dipahami dengan asosiasi umum yang tidak memuat definisi kuantitatif	Periksa peran perbedaan bahasa sehari-hari dan bahasa ilmiah bersama sumber penguat lain.

4.2.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul

Pada topik ikatan kimia, struktur zat, dan gaya antarmolekul, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa ikatan dan gaya antarmolekul harus dibedakan; struktur zat ditentukan oleh distribusi elektron, interaksi elektrostatis, energi sistem, dan organisasi partikel pada berbagai skala. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Meyer & Pietzner, 2022; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan perbedaan bahasa sehari-hari dan bahasa ilmiah, masalah yang sering muncul ialah ketika kata kuat, lemah, stabil, polar, dan ikatan menyatukan beberapa konsep yang sebenarnya berbeda. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Johnstone & Selepeng, 2001; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang diputus ketika air mendidih: ikatan O–H atau interaksi antarmolekul?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan struktur diskrit, kisi ionik, logam, dan jaringan kovalen sambil menghubungkan struktur dengan sifat. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Song & Carheden, 2014; Meyer & Pietzner, 2022)

4.2.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi

Pada topik mol, stoikiometri, dan persamaan reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa mol adalah satuan jumlah zat yang menghubungkan entitas pada tingkat partikel dengan besaran makroskopik; koefisien reaksi menyatakan perbandingan jumlah entitas atau mol, bukan perbandingan massa secara langsung. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Johnstone & Selepeng, 2001; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan perbedaan bahasa sehari-hari dan bahasa ilmiah, masalah yang sering muncul ialah ketika istilah jumlah zat, partikel, massa molar, dan koefisien bercampur dengan arti bilangan sehari-hari. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Johnstone & Selepeng, 2001; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa satu mol oksigen dan satu mol besi mengandung jumlah entitas yang sama tetapi bermassa berbeda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan persamaan reaksi, model partikel, tabel jumlah mol, dan alasan kuantitatif pada setiap langkah perhitungan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Song & Carheden, 2014; Meyer & Pietzner, 2022)

4.2.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit

Pada topik larutan, konsentrasi, kelarutan, dan elektrolit, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel; konsentrasi berbeda dari kekuatan, kelarutan bergantung pada kondisi, dan konduktivitas memerlukan pembawa muatan yang dapat bergerak. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Pyburn et al., 2013; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan perbedaan bahasa sehari-hari dan bahasa ilmiah, masalah yang sering muncul ialah ketika kata pekat, encer, jenuh, larut, dan kuat dipakai bergantian tanpa perbedaan besaran atau proses. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Meyer & Pietzner, 2022; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Pyburn et al., 2013; Gkitzia et al., 2011)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel	Menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi
Miskonsepsi	Larutan jenuh dianggap tidak memiliki ruang, zat terlarut lenyap, asam kuat selalu pekat, dan semua senyawa ionik selalu menghantarkan listrik	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?
Sumber	Kata pekat, encer, jenuh, larut, dan kuat dipakai bergantian tanpa pembedaan besaran atau proses	Periksa peran perbedaan bahasa sehari-hari dan bahasa ilmiah bersama sumber penguat lain.

4.2.11 Termokimia dan Termodinamika

Pada topik termokimia dan termodinamika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa kalor adalah energi yang berpindah karena perbedaan suhu, suhu berkaitan dengan distribusi energi kinetik, dan spontanitas tidak identik dengan kecepatan reaksi. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Song & Carheden, 2014; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan perbedaan bahasa sehari-hari dan bahasa ilmiah, masalah yang sering muncul ialah ketika kata panas, kalor, energi, spontan, dan stabil diperlakukan sebagai sinonim. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Meyer & Pietzner, 2022; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Dapatkah proses endoterm berlangsung spontan, dan apakah spontan berarti terjadi seketika?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menetapkan sistem-lingkungan, menggambar diagram energi, membedakan aspek termodinamika dari kinetika, dan menafsirkan tanda besaran. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Johnstone & Selepeng, 2001; Taber, 2002a)

4.2.12 Laju Reaksi dan Kinetika

Pada topik laju reaksi dan kinetika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa laju reaksi ditentukan oleh mekanisme, frekuensi serta orientasi tumbukan efektif, distribusi energi, dan konsentrasi spesies yang terlibat dalam tahap elementer. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Meyer & Pietzner, 2022; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan perbedaan bahasa sehari-hari dan bahasa ilmiah, masalah yang sering muncul ialah ketika kata tumbukan efektif, orde, tahap lambat, dan katalis disederhanakan menjadi gerak cepat atau tambahan tenaga. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Pyburn et al., 2013; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa kenaikan suhu dapat meningkatkan laju jauh lebih besar daripada sekadar kenaikan kecepatan rata-rata partikel?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu

melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan data laju, grafik distribusi energi, mekanisme reaksi, serta model tumbukan dengan asumsi yang dinyatakan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Meyer & Pietzner, 2022; Gkitzia et al., 2011)

4.2.13 Keseimbangan Kimia

Pada topik keseimbangan kimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa keseimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Johnstone & Selepeng, 2001; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan perbedaan bahasa sehari-hari dan bahasa ilmiah, masalah yang sering muncul ialah ketika kata setimbang dan bergeser dipahami seolah sistem diam atau benda berpindah ke satu sisi. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Song & Carheden, 2014; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan

tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis Q dan K . Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Johnstone & Selepeng, 2001; Gkitzia et al., 2011)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Keseimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu	Menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis q dan k
Miskonsepsi	Reaksi berhenti pada keseimbangan, konsentrasi pereaksi dan produk harus sama, dan katalis menggeser keseimbangan	Minta alasan atas pertanyaan: Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?
Sumber	Kata setimbang dan bergeser dipahami seolah sistem diam atau benda berpindah ke satu sisi	Periksa peran perbedaan bahasa sehari-hari dan bahasa ilmiah bersama sumber penguat lain.

4.2.14 Asam, Basa, dan pH

Pada topik asam, basa, dan pH, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa asam-basa bergantung pada kerangka teori dan pasangan reaksi; kekuatan berbeda dari konsentrasi, sedangkan pH berskala logaritmik dan bergantung pada kondisi larutan. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu

hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Pyburn et al., 2013; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan perbedaan bahasa sehari-hari dan bahasa ilmiah, masalah yang sering muncul ialah ketika kata kuat, lemah, netral, donor, dan penerima proton membangkitkan arti umum yang menyesatkan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Song & Carheden, 2014; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah larutan asam lemah yang pekat dapat memiliki pH lebih rendah daripada larutan asam kuat yang sangat encer?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan derajat ionisasi dan konsentrasi, menggunakan garis bilangan logaritmik, serta menguji berbagai pasangan asam-basa. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Pyburn et al., 2013; Meyer & Pietzner, 2022)

4.2.15 Redoks dan Elektrokimia

Pada topik redoks dan elektrokimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa oksidasi-reduksi melibatkan perubahan bilangan oksidasi dan transfer elektron secara konseptual; potensial sel adalah besaran intensif dan arah aliran elektron harus dibedakan dari arus konvensional. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Song & Carheden, 2014; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan perbedaan bahasa sehari-hari dan bahasa ilmiah, masalah yang sering muncul ialah ketika kata oksidasi, reduksi, anoda, katoda, arus, dan potensial berubah makna menurut konteks tetapi tidak selalu ditandai. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Pyburn et al., 2013; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa tanda anoda berbeda antara sel galvanik dan sel elektrolisis, tetapi oksidasi tetap terjadi di anoda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melacak elektron, ion, muatan, dan perubahan bilangan oksidasi pada diagram sel yang diberi label lengkap. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Johnstone & Selepeng, 2001; Meyer & Pietzner, 2022)

4.2.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi

Pada topik kimia organik dan mekanisme reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas; panah lengkung merepresentasikan perpindahan pasangan elektron, bukan gerak atom secara bebas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Meyer & Pietzner, 2022; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan perbedaan bahasa sehari-hari dan bahasa ilmiah, masalah yang sering muncul ialah ketika kata menyerang, menarik, meninggalkan, dan substitusi memberi

kesan agen bermaksud serta atom bergerak seperti benda. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Meyer & Pietzner, 2022; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Pyburn et al., 2013; Meyer & Pietzner, 2022)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas	Melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur
Miskonsepsi	Rumus struktur dianggap gambar geometris literal, panah mekanisme menunjukkan atom berpindah mengikuti panah, dan semua isomer dianggap memiliki sifat yang sama	Minta alasan atas pertanyaan: Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Sumber	Kata menyerang, menarik, meninggalkan, dan substitusi memberi kesan agen bermaksud serta atom bergerak seperti benda	Periksa peran perbedaan bahasa sehari-hari dan bahasa ilmiah bersama sumber penguat lain.

4.2.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Indikator yang paling berguna muncul ketika peserta didik diminta memprediksi dan memberikan alasan. Untuk sumber perbedaan bahasa sehari-hari dan bahasa ilmiah, diagnosis sebaiknya dimulai dengan peta hipotesis: gagasan apa yang mungkin dimiliki, bukti respons apa yang mendukungnya, dan sumber mana yang mungkin berperan. Peta ini mencegah guru mencari satu kesalahan yang telah diperkirakan sebelumnya. Instrumen dapat menggabungkan pilihan jawaban, alasan, tingkat keyakinan, gambar, tugas prediksi, dan wawancara singkat. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Butir diagnostik perlu menghindari petunjuk bahasa yang terlalu jelas dan harus menilai konsep pada lebih dari satu konteks. Soal numerik dapat dipasangkan dengan soal konseptual yang mempunyai struktur sama. Diagram dapat diminta diterjemahkan ke dalam persamaan dan penjelasan verbal. Dalam praktikum, peserta didik diminta membedakan apa yang diamati, apa yang dihitung, dan apa yang diinferensikan. Kombinasi tersebut mengungkap konsistensi model mental. (Brandriet & Bretz, 2014; Gkitzia et al., 2020)

Hasil diagnosis tidak berhenti pada persentase jawaban salah. Guru perlu mengelompokkan pola alasan, memeriksa konsep prasyarat, serta menelusuri bahan ajar dan praktik yang mungkin menguatkannya. Tindak lanjut dilakukan melalui konferensi singkat, diskusi kelas, revisi bahan, dan asesmen ulang. Dengan cara ini, diagnosis berfungsi sebagai bagian dari desain pembelajaran, bukan sekadar pelabelan peserta didik. (Taber, 2002a; Duit & Treagust, 2003)

4.2.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran

Strategi pembelajaran harus menggabungkan fenomena, model partikel, simbol, dan argumentasi. Guru perlu melakukan analisis konsep sebelum memilih contoh, analogi, gambar, rumus, dan kegiatan. Analisis mencakup atribut kritis, noncontoh, prasyarat, representasi, kemungkinan salah tafsir, serta batas model. Pada sumber perbedaan bahasa sehari-hari dan bahasa ilmiah, perhatian khusus diberikan pada mengajarkan kosakata dalam konteks, membandingkan makna umum dan teknis, serta menilai pemahaman melalui penggunaan istilah pada kasus baru. Pencegahan harus tampak dalam tujuan, urutan, aktivitas, dan asesmen. (Johnstone & Selepeng, 2001; Pyburn et al., 2013)

Desain pembelajaran yang kuat menghubungkan tiga lapisan. Lapisan pertama adalah fenomena atau data yang memberi alasan untuk belajar. Lapisan kedua adalah model yang menjelaskan fenomena. Lapisan ketiga adalah simbol dan perhitungan yang memadatkan hubungan. Perpindahan antar lapisan tidak boleh diasumsikan terjadi otomatis. Guru perlu memodelkan proses penerjemahan, menanyakan makna setiap simbol, dan menilai konsistensi penjelasan. (Johnstone, 2000; Gkitzia et al., 2020)

Pencegahan juga memerlukan pengelolaan bahasa dan metakognisi. Peserta didik diberi kesempatan menandai kata bermakna ganda, menyatakan tingkat keyakinan, dan menuliskan perubahan pemahaman. Guru dapat menggunakan kalimat seperti “model ini berguna untuk menjelaskan..., tetapi tidak menunjukkan...”. Kebiasaan tersebut membangun kewaspadaan epistemik dan mengurangi kecenderungan memperlakukan model, analogi, atau aturan sebagai realitas harfiah. (Koriat, 1997; Meyer & Pietzner, 2022)

4.2.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual

Remediasi dimulai dengan mengakui bahwa konsepsi awal memiliki alasan bagi peserta didik. Guru tidak cukup menyatakan “itu salah”, melainkan meminta peserta didik mengartikulasikan prediksi dan dasar pikirnya. Setelah itu disajikan kasus yang membedakan daya jelas konsepsi awal dan model ilmiah. Anomali harus dapat dipahami, relevan, dan diikuti penjelasan alternatif; jika tidak, peserta didik dapat mengabaikannya sebagai pengecualian. (Vosniadou, 1994; Duit & Treagust, 2003)

Tahap berikutnya adalah rekonstruksi. Peserta didik menyusun model baru melalui contoh beragam, noncontoh, peta konsep, dan translasi representasi. Guru menekankan hubungan yang berubah, bukan hanya jawaban. Pada sumber perbedaan bahasa sehari-hari dan bahasa ilmiah, rekonstruksi harus sekaligus memperbaiki sumber penguat—misalnya istilah, gambar, lembar kerja, atau pola asesmen. Tanpa perubahan lingkungan belajar, konsepsi lama mudah kembali aktif. (Smith et al., 1994; Mortimer, 1995)

Tahap terakhir adalah konsolidasi dan transfer. Peserta didik menggunakan konsep pada situasi baru, menjelaskan batasnya, membandingkan dengan konsep berdekatan, dan mengevaluasi informasi dari sumber lain. Asesmen ulang dilakukan setelah jeda untuk melihat ketahanan perubahan. Remediasi dinilai berhasil apabila peserta didik tidak hanya memilih jawaban ilmiah, tetapi dapat memberikan alasan yang konsisten dan menilai kewajaran representasi serta hasil. (Taber, 2002a; Treagust, 1988)

4.2.20 Sintesis Subbab

Sumber perbedaan bahasa sehari-hari dan bahasa ilmiah berkontribusi terhadap miskonsepsi melalui mekanisme berikut: makna yang telah otomatis aktif dalam bahasa sehari-hari mendahului definisi ilmiah dan mengarahkan interpretasi terhadap kalimat, simbol, serta soal. Pengaruhnya terlihat pada seluruh domain kimia, tetapi bentuk konkret berbeda menurut tingkat representasi, prasyarat, dan aktivitas. Karena itu, guru harus menghindari kesimpulan bahwa satu strategi dapat memperbaiki semua miskonsepsi. Intervensi perlu

mempertimbangkan isi konsep dan sumber yang menguatkannya. (Johnstone & Selepeng, 2001; Pyburn et al., 2013; Song & Carheden, 2014; Meyer & Pietzner, 2022)

Inti diagnosis adalah membedakan gejala, konsepsi, dan sumber. Gejala merupakan respons yang tampak; konsepsi adalah hubungan makna yang digunakan; sumber adalah kondisi yang membentuk atau menguatkan hubungan tersebut. Perbedaan ini memungkinkan tindakan yang presisi. Jawaban salah akibat ketidaktelitian tidak memerlukan konflik konseptual, sedangkan miskonsepsi berkeyakinan tinggi tidak cukup diatasi dengan latihan tambahan. (Hasan et al., 1999; Brandriet & Bretz, 2014)

Implikasi utamanya adalah mengajarkan kosakata dalam konteks, membandingkan makna umum dan teknis, serta menilai pemahaman melalui penggunaan istilah pada kasus baru. Pencegahan terbaik bukan menghilangkan seluruh penyederhanaan, pengalaman, atau media, melainkan mengelolanya secara epistemik: tujuan dinyatakan, batas dibahas, hubungan antarrepresentasi dibangun, dan bukti digunakan untuk mengevaluasi model. Prinsip ini menjadi jembatan menuju subbab berikutnya, karena sumber miskonsepsi selalu berinteraksi dengan sumber lain dalam ekosistem pembelajaran. (Taber, 2001b; Duit & Treagust, 2003)

4.2.21 Checklist Audit Sumber

Checklist berikut digunakan untuk menilai apakah perbedaan bahasa sehari-hari dan bahasa ilmiah berpotensi membentuk atau menguatkan miskonsepsi. Setiap butir sebaiknya dijawab berdasarkan bukti konkret dari materi, rekaman pembelajaran, respons peserta didik, atau hasil asesmen. Jawaban “ya” bukan vonis bahwa miskonsepsi pasti terjadi, tetapi penanda perlunya pemeriksaan lebih lanjut. (Johnstone & Selepeng, 2001; Pyburn et al., 2013)

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
1	Apakah perbedaan bahasa sehari-hari dan bahasa ilmiah menggunakan istilah, model, atau aturan tanpa menjelaskan batas dan syarat?	☐
2	Apakah hubungan antara fenomena, partikel, simbol, grafik, dan perhitungan dinyatakan secara eksplisit?	☐
3	Apakah contoh dan noncontoh cukup bervariasi untuk memperjelas atribut kritis?	☐
4	Apakah peserta didik diminta memberikan alasan, bukan hanya jawaban atau hasil hitung?	☐

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
5	Apakah terdapat peluang untuk membandingkan prediksi dengan bukti dan merevisi model?	☐
6	Apakah konsep prasyarat diperiksa sebelum materi lanjutan diperkenalkan?	☐
7	Apakah bahasa atau visual berpotensi dibaca secara literal atau antropomorfis?	☐
8	Apakah asesmen memberi penghargaan pada pemahaman, translasi representasi, dan transfer?	☐
9	Apakah sumber lain—buku, media, praktikum, atau teman—mengulang gagasan yang sama?	☐
10	Apakah perubahan pemahaman diperiksa kembali setelah jeda dan pada konteks baru?	☐

4.3 Penjelasan Guru

Pada praktiknya, cara guru memilih istilah, urutan alasan, contoh, model, gestur, dan penekanan ketika mentransformasikan pengetahuan kimia menjadi penjelasan pembelajaran. Sumber ini tidak bekerja sebagai penyebab tunggal yang langsung menghasilkan satu jawaban salah. Ia menyediakan kerangka interpretasi yang menentukan informasi mana yang diperhatikan, istilah mana yang dianggap penting, dan hubungan sebab-akibat apa yang terasa masuk akal. Dalam kimia, kerangka semacam itu sangat berpengaruh karena banyak entitas dan proses tidak dapat diamati secara langsung. Peserta didik harus bergerak dari gejala makroskopik menuju model submikroskopik dan notasi simbolik. Apabila jembatan tersebut tidak dibangun, pemahaman mudah diisi oleh gagasan yang paling tersedia secara mental. (Shulman, 1986; Taber, 2001b)

Mekanisme utamanya dapat diringkas sebagai berikut: penjelasan yang parsial, teleologis, tidak konsisten, atau tidak menandai batas model dapat membentuk hubungan konseptual yang keliru namun tampak otoritatif. Proses ini menghasilkan konsepsi yang sering kali koheren dari sudut pandang peserta didik. Karena koheren, konsepsi tersebut tidak selalu terasa sebagai kesalahan. Ia dapat digunakan untuk menjawab soal rutin, menjelaskan pengalaman tertentu, dan bahkan memperoleh penguatan dari teman, guru, atau sumber belajar. Oleh sebab itu, koreksi yang hanya menyampaikan definisi ilmiah belum tentu cukup. Guru perlu memahami asal, fungsi, dan jaringan gagasan yang menopang konsepsi tersebut. (Taber, 2001b; Goodwin, 2002)

Ciri yang patut dicermati adalah miskonsepsi peserta didik mereplikasi ungkapan guru secara seragam dan muncul terutama pada bagian konsep yang dijelaskan melalui slogan atau aturan singkat. Miskonsepsi tidak sama dengan lupa, salah hitung, atau tidak pernah belajar. Miskonsepsi mempunyai struktur alasan tertentu dan sering disertai tingkat keyakinan. Peserta didik mungkin mengganti kata yang digunakan, tetapi mempertahankan pola penalaran yang sama. Untuk itu, analisis sumber miskonsepsi perlu menghubungkan respons peserta didik dengan konteks pembelajaran, representasi yang digunakan, urutan materi, serta jenis umpan balik yang pernah diterima. (Goodwin, 2002; Fichtner & Groß, 2025)

Prinsip pencegahan yang relevan adalah menyiapkan penjelasan berbasis analisis konsep, memeriksa bahasa kausal, menyatakan asumsi dan keterbatasan, serta meminta peserta didik menjelaskan kembali dengan representasi berbeda. Tujuannya bukan meniadakan seluruh pengetahuan awal atau menyederhanakan materi secara ekstrem, melainkan membangun jalur perubahan konseptual. Jalur tersebut harus membuat peserta didik menyadari batas gagasan lama, memahami daya jelas model ilmiah, dan mampu menggunakan konsep pada konteks baru. Bab ini karena itu menempatkan setiap sumber miskonsepsi sebagai bagian dari ekosistem belajar yang dapat didiagnosis dan diperbaiki secara sistematis. (Shulman, 1986; Fichtner & Groß, 2025)

4.3.1 Kedudukan Penjelasan Guru sebagai Sumber Miskonsepsi

Hal penting yang perlu ditegaskan ialah bahwa sumber penjelasan guru perlu dibedakan dari miskonsepsi yang tampak pada jawaban. Sumber adalah kondisi yang menyediakan bahan, arah, atau penguatan bagi pembentukan konsepsi; miskonsepsi adalah struktur pemahaman yang tidak selaras dengan pengetahuan ilmiah yang diterima. Perbedaan ini mencegah guru menyimpulkan bahwa setiap jawaban salah pasti berasal dari faktor yang sama. Dua peserta didik dapat memberikan jawaban identik, tetapi satu berangkat dari makna bahasa, sedangkan yang lain meniru diagram atau aturan yang pernah dipelajari. (Shulman, 1986; Taber, 2001b)

Kedudukan sumber juga bersifat probabilistik. Cara guru memilih istilah, urutan alasan, contoh, model, gestur, dan penekanan ketika mentransformasikan pengetahuan kimia menjadi penjelasan pembelajaran tidak otomatis menghasilkan miskonsepsi pada semua peserta didik. Pengaruhnya bergantung pada pengetahuan prasyarat, perhatian, kualitas penjelasan, frekuensi pengulangan, konteks sosial, dan kesempatan memperoleh umpan balik. Peserta didik yang memiliki jaringan konsep kuat dapat menafsirkan sumber yang kurang sempurna secara kritis, sedangkan peserta didik lain mungkin mengintegrasikannya secara literal. Karena itu, pencegahan harus memperkuat kemampuan interpretasi, bukan hanya menyaring materi. (Taber, 2001b; Goodwin, 2002)

Dalam kimia, kerentanan tersebut meningkat karena makna harus dikoordinasikan antara fenomena, partikel, simbol, model, grafik, dan perhitungan. Sumber yang tampak kecil—misalnya satu kata, warna, panah, atau contoh—dapat mengubah hubungan antartingkat representasi. Kesalahan itu kemudian menjalar. Kekeliruan membedakan partikel dengan zat

dapat memengaruhi ikatan, larutan, stoikiometri, kesetimbangan, dan elektrokimia. Oleh sebab itu, analisis sumber perlu memeriksa tidak hanya isi pernyataan, tetapi juga fungsi representasi dan hubungan yang dibangun. (Johnstone, 2000; Taber, 2001a)

4.3.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan

Kajian pendidikan kimia menunjukkan bahwa penjelasan yang parsial, teleologis, tidak konsisten, atau tidak menandai batas model dapat membentuk hubungan konseptual yang keliru namun tampak otoritatif. Pada tahap awal, peserta didik memilih petunjuk yang paling menonjol. Petunjuk itu dihubungkan dengan skema yang telah tersedia. Ketika hasilnya cukup berhasil untuk menjawab pertanyaan atau menjelaskan satu pengalaman, hubungan tersebut menjadi lebih mudah diaktifkan kembali. Pengulangan tanpa koreksi meningkatkan kelancaran pemrosesan, dan kelancaran sering keliru ditafsirkan sebagai kebenaran. (Shulman, 1986; Koriati, 1997)

Penguatan dapat terjadi melalui empat jalur. Pertama, konsistensi internal: gagasan terasa cocok dengan asumsi lain yang telah dimiliki. Kedua, konsistensi sosial: teman, guru, buku, atau media menggunakan ungkapan serupa. Ketiga, keberhasilan instrumental: algoritma atau aturan menghasilkan jawaban yang dinilai benar. Keempat, ketiadaan anomali yang diproses secara sadar. Peserta didik mungkin telah melihat data yang tidak sesuai, tetapi menafsirkannya sebagai pengecualian atau kesalahan eksperimen. Jalur-jalur ini menjelaskan ketahanan miskonsepsi. (Smith et al., 1994; Duit & Treagust, 2003)

Hubungan antara sumber dan konsepsi juga dapat berubah sepanjang waktu. Sebuah penyederhanaan yang awalnya membantu dapat menjadi hambatan pada materi lanjutan. Sebaliknya, pengalaman yang semula menyesatkan dapat berfungsi sebagai titik awal diskusi ketika guru meminta prediksi, menghadirkan bukti pembandingan, dan membangun model yang lebih luas. Dengan demikian, persoalannya bukan hanya apakah sumber itu benar atau salah, melainkan bagaimana sumber tersebut diposisikan, dibatasi, dan direvisi dalam urutan belajar. (Goodwin, 2002; Fichtner & Groß, 2025)

4.3.3 Indikator pada Respons Peserta Didik

Diagnosis tidak cukup dilakukan dengan menanyakan definisi. Indikator pertama adalah konsistensi alasan. Respons yang sama muncul pada pertanyaan berbeda karena peserta didik menggunakan aturan inti yang sama. Indikator kedua adalah transfer yang salah: aturan yang benar pada satu konteks diterapkan pada konteks lain tanpa memeriksa syarat. Indikator ketiga adalah ketergantungan pada fitur permukaan. Perubahan angka, gambar, atau istilah dapat mengubah jawaban meskipun struktur kimianya tetap. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Indikator lain adalah tingkat keyakinan yang tidak sejalan dengan kualitas alasan. Peserta didik dapat sangat yakin karena jawaban terasa familiar, pernah memperoleh nilai, atau cocok dengan sumber yang dianggap otoritatif. Keadaan ini berbeda dari tebakan atau pengetahuan yang belum lengkap. Penggunaan tingkat keyakinan, alasan terbuka, dan tugas translasi

representasi membantu memisahkan miskonsepsi kuat dari ketidakpastian biasa. (Brandriet & Bretz, 2014; Koriati, 1997)

Guru juga perlu mengamati bahasa spontan, gambar, pilihan simbol, urutan langkah, dan tindakan selama praktikum. Konsepsi yang tidak tampak pada definisi sering muncul ketika peserta didik harus menjelaskan mengapa, memprediksi perubahan, atau membangun diagram partikel. Bukti terbaik biasanya berasal dari triangulasi: jawaban tertulis, wawancara singkat, representasi visual, dan kinerja pada kasus baru. (Gkitzia et al., 2020; Taber, 2002a)

4.3.4 Pembedaan dari Kesalahan Lain

Kesalahan aritmetika, salah baca satuan, kelalaian, atau keterbatasan kosakata dapat menghasilkan jawaban salah tanpa membentuk miskonsepsi. Karena itu, guru perlu menanyakan apakah peserta didik mempunyai hubungan konseptual alternatif yang digunakan secara konsisten. Kesalahan satu kali yang segera disadari setelah ditunjukkan berbeda dari gagasan yang dipertahankan melalui penjelasan dan contoh. Pembedaan ini menentukan jenis intervensi: latihan prosedural, dukungan bahasa, atau perubahan konseptual. (Nakhleh, 1992; Treagust, 1988)

Pengetahuan parsial juga tidak selalu merupakan miskonsepsi. Peserta didik mungkin mengetahui bahwa katalis mempercepat reaksi tetapi belum memahami jalur alternatif dan energi aktivasi. Keadaan tersebut menjadi miskonsepsi ketika ia menambahkan hubungan keliru, misalnya katalis menaikkan energi pereaksi atau mengubah tetapan kesetimbangan. Diagnosis harus mengidentifikasi apa yang benar, apa yang belum ada, dan apa yang secara aktif salah. (Taber, 2001b; Talanquer, 2015)

Dalam konteks penjelasan guru, pembedaan tersebut makin penting karena satu respons dapat memiliki beberapa asal. Guru sebaiknya menelusuri kapan gagasan pertama kali digunakan, sumber apa yang dianggap meyakinkan, dan pada konteks mana gagasan berubah. Data itu memberi dasar untuk intervensi yang tepat sasaran dan mencegah tindakan umum seperti mengulang ceramah atau menambah soal tanpa memperbaiki penyebab. (Shulman, 1986; Taber, 2001b)

4.3.5 Materi, Zat, dan Perubahan

Pada topik materi, zat, dan perubahan, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa materi tersusun atas partikel, identitas zat ditentukan oleh jenis dan susunan partikelnya, serta perubahan fisika perlu dibedakan dari perubahan kimia berdasarkan perubahan identitas kimia. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Shulman, 1986; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan penjelasan guru, masalah yang sering muncul ialah ketika guru menegaskan bahwa zat “menghilang” ketika larut atau menguap tanpa mengoreksi status pengamatan dan inferensi. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Fichtner & Groß, 2025; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Ke mana partikel air pergi ketika pakaian mengering, dan apakah jumlah materi benar-benar berkurang?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan massa sistem terbuka dan tertutup, menyusun diagram partikel sebelum-sesudah, serta membedakan bukti observasional dari inferensi tentang partikel. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Fichtner & Groß, 2025; Gkitzia et al., 2011)

4.3.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron

Pada topik struktur atom dan konfigurasi elektron, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa model atom adalah representasi teoretis dengan domain berlaku tertentu; elektron tidak berada pada lintasan planet yang kaku, dan konfigurasi elektron berkaitan dengan keadaan energi serta probabilitas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Taber, 2001b; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan penjelasan guru, masalah yang sering muncul ialah ketika guru mengatakan elektron “beredar pada lintasan” tanpa menjelaskan bahwa model tersebut

terbatas. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Taber, 2001b; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah elektron mempunyai lintasan pasti seperti planet, dan apa yang sebenarnya dinyatakan oleh orbital?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan beberapa model atom, menjelaskan fungsi dan batas setiap model, serta menggunakan peta perubahan model berdasarkan bukti eksperimen. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Taber, 2001b; Gkitzia et al., 2011)

4.3.7 Sistem Periodik dan Periodisitas

Pada topik sistem periodik dan periodisitas, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penyarungan, dan jarak elektron; kecenderungan periodik bersifat pola dengan pengecualian yang harus dipahami secara kausal. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Goodwin, 2002; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan penjelasan guru, masalah yang sering muncul ialah ketika guru memberi panah tren periodik sebagai hafalan tanpa alasan kausal dan pengecualian. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau

aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Shulman, 1986; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Taber, 2001b; Gkitzia et al., 2011)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penyarungan, dan jarak elektron	Menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian
Miskonsepsi	Tren periodik dihafal sebagai arah panah mutlak, nomor periode dianggap jumlah elektron valensi, dan ukuran atom ditentukan hanya oleh jumlah kulit	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?
Sumber	Guru memberi panah tren periodik sebagai hafalan tanpa alasan kausal dan pengecualian	Periksa peran penjelasan guru bersama sumber penguat lain.

4.3.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul

Pada topik ikatan kimia, struktur zat, dan gaya antarmolekul, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa ikatan dan gaya antarmolekul harus dibedakan; struktur zat ditentukan oleh distribusi elektron, interaksi elektrostatik, energi sistem, dan organisasi partikel pada berbagai skala. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Fichtner & Groß, 2025; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan penjelasan guru, masalah yang sering muncul ialah ketika guru menggunakan ungkapan atom “ingin stabil” dan ikatan “menyatukan atom” tanpa membahas energi sistem. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Taber, 2001b; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang diputus ketika air mendidih: ikatan O–H atau interaksi antarmolekul?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan struktur diskrit, kisi ionik, logam, dan jaringan kovalen sambil menghubungkan struktur dengan sifat. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Shulman, 1986; Taber, 2002a)

4.3.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi

Pada topik mol, stoikiometri, dan persamaan reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa mol adalah satuan jumlah zat yang menghubungkan entitas pada tingkat partikel dengan besaran makroskopik; koefisien reaksi menyatakan perbandingan jumlah entitas atau mol, bukan perbandingan massa secara langsung. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Shulman, 1986; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan penjelasan guru, masalah yang sering muncul ialah ketika guru mengajarkan segitiga rumus dan metode faktor konversi tanpa menafsirkan koefisien sebagai rasio entitas. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Taber, 2001b; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa satu mol oksigen dan satu mol besi mengandung jumlah entitas yang sama tetapi bermassa berbeda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan persamaan reaksi, model partikel, tabel jumlah mol, dan alasan kuantitatif pada setiap langkah perhitungan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Taber, 2001b; Meyer & Pietzner, 2022)

4.3.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit

Pada topik larutan, konsentrasi, kelarutan, dan elektrolit, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel; konsentrasi berbeda dari kekuatan, kelarutan bergantung pada kondisi, dan konduktivitas memerlukan pembawa muatan yang dapat bergerak. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Taber, 2001b; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan penjelasan guru, masalah yang sering muncul ialah ketika guru menyamakan asam kuat dengan larutan pekat atau menjelaskan jenuh sebagai wadah yang tidak memiliki ruang. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Shulman, 1986; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Goodwin, 2002; Taber, 2002a)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel	Menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi
Miskonsepsi	Larutan jenuh dianggap tidak memiliki ruang, zat terlarut lenyap, asam kuat selalu pekat, dan semua senyawa ionik selalu menghantarkan listrik	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?
Sumber	Guru menyamakan asam kuat dengan larutan pekat atau menjelaskan jenuh sebagai wadah yang tidak memiliki ruang	Periksa peran penjelasan guru bersama sumber penguat lain.

4.3.11 Termokimia dan Termodinamika

Pada topik termokimia dan termodinamika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa kalor adalah energi yang berpindah karena perbedaan suhu, suhu berkaitan dengan distribusi energi kinetik, dan spontanitas tidak identik dengan kecepatan reaksi. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Goodwin, 2002; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan penjelasan guru, masalah yang sering muncul ialah ketika guru menyebut reaksi eksoterm “menghasilkan panas” tanpa batas sistem dan menyamakan spontan dengan cepat. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Shulman, 1986; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Dapatkah proses endoterm berlangsung spontan, dan apakah spontan berarti terjadi seketika?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menetapkan sistem-lingkungan, menggambar diagram energi, membedakan aspek termodinamika dari kinetika, dan menafsirkan tanda besaran. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Goodwin, 2002; Gkitzia et al., 2011)

4.3.12 Laju Reaksi dan Kinetika

Pada topik laju reaksi dan kinetika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa laju reaksi ditentukan oleh mekanisme, frekuensi serta orientasi tumbukan efektif, distribusi energi, dan konsentrasi spesies yang terlibat dalam tahap elementer. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Fichtner & Groß, 2025; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan penjelasan guru, masalah yang sering muncul ialah ketika guru menjelaskan katalis sebagai zat yang memberi energi tambahan dan semua tumbukan sebagai peluang reaksi yang sama. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Goodwin, 2002; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa kenaikan suhu dapat meningkatkan laju jauh lebih besar daripada sekadar kenaikan kecepatan rata-rata partikel?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu

melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan data laju, grafik distribusi energi, mekanisme reaksi, serta model tumbukan dengan asumsi yang dinyatakan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Shulman, 1986; Meyer & Pietzner, 2022)

4.3.13 Keseimbangan Kimia

Pada topik keseimbangan kimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa keseimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Shulman, 1986; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan penjelasan guru, masalah yang sering muncul ialah ketika guru menjadikan asas Le Chatelier sebagai slogan “sistem melawan perubahan” yang antropomorfis. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Fichtner & Groß, 2025; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan

tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis Q dan K . Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Goodwin, 2002; Gkitzia et al., 2011)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Keseimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu	Menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis q dan k
Miskonsepsi	Reaksi berhenti pada keseimbangan, konsentrasi pereaksi dan produk harus sama, dan katalis menggeser keseimbangan	Minta alasan atas pertanyaan: Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?
Sumber	Guru menjadikan asas Le Chatelier sebagai slogan “sistem melawan perubahan” yang antropomorfis	Periksa peran penjelasan guru bersama sumber penguat lain.

4.3.14 Asam, Basa, dan pH

Pada topik asam, basa, dan pH, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa asam-basa bergantung pada kerangka teori dan pasangan reaksi; kekuatan berbeda dari konsentrasi, sedangkan pH berskala logaritmik dan bergantung pada kondisi larutan. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu

hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Taber, 2001b; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan penjelasan guru, masalah yang sering muncul ialah ketika guru menggunakan pH sebagai skala linier dan menghindari pembahasan perbedaan kekuatan dengan konsentrasi. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Shulman, 1986; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah larutan asam lemah yang pekat dapat memiliki pH lebih rendah daripada larutan asam kuat yang sangat encer?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan derajat ionisasi dan konsentrasi, menggunakan garis bilangan logaritmik, serta menguji berbagai pasangan asam-basa. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Taber, 2001b; Taber, 2002a)

4.3.15 Redoks dan Elektrokimia

Pada topik redoks dan elektrokimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa oksidasi-reduksi melibatkan perubahan bilangan oksidasi dan transfer elektron secara konseptual; potensial sel adalah besaran intensif dan arah aliran elektron harus dibedakan dari arus konvensional. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Goodwin, 2002; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan penjelasan guru, masalah yang sering muncul ialah ketika guru menghafalkan tanda anoda-katoda tanpa membedakan sel galvanik dan elektrolisis. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Goodwin, 2002; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa tanda anoda berbeda antara sel galvanik dan sel elektrolisis, tetapi oksidasi tetap terjadi di anoda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melacak elektron, ion, muatan, dan perubahan bilangan oksidasi pada diagram sel yang diberi label lengkap. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Fichtner & Groß, 2025; Meyer & Pietzner, 2022)

4.3.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi

Pada topik kimia organik dan mekanisme reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas; panah lengkung merepresentasikan perpindahan pasangan elektron, bukan gerak atom secara bebas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Fichtner & Groß, 2025; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan penjelasan guru, masalah yang sering muncul ialah ketika guru mengajarkan mekanisme organik sebagai rangkaian panah yang dihafal tanpa menelusuri elektron. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak

kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Taber, 2001b; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Shulman, 1986; Meyer & Pietzner, 2022)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas	Melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur
Miskonsepsi	Rumus struktur dianggap gambar geometris literal, panah mekanisme menunjukkan atom berpindah mengikuti panah, dan semua isomer dianggap memiliki sifat yang sama	Minta alasan atas pertanyaan: Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?
Sumber	Guru mengajarkan mekanisme organik sebagai rangkaian panah	Periksa peran penjelasan guru bersama sumber penguat lain.

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
	yang dihafal tanpa menelusuri elektron	

4.3.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis tidak cukup dilakukan dengan menanyakan definisi. Untuk sumber penjelasan guru, diagnosis sebaiknya dimulai dengan peta hipotesis: gagasan apa yang mungkin dimiliki, bukti respons apa yang mendukungnya, dan sumber mana yang mungkin berperan. Peta ini mencegah guru mencari satu kesalahan yang telah diperkirakan sebelumnya. Instrumen dapat menggabungkan pilihan jawaban, alasan, tingkat keyakinan, gambar, tugas prediksi, dan wawancara singkat. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Butir diagnostik perlu menghindari petunjuk bahasa yang terlalu jelas dan harus menilai konsep pada lebih dari satu konteks. Soal numerik dapat dipasangkan dengan soal konseptual yang mempunyai struktur sama. Diagram dapat diminta diterjemahkan ke dalam persamaan dan penjelasan verbal. Dalam praktikum, peserta didik diminta membedakan apa yang diamati, apa yang dihitung, dan apa yang diinferensikan. Kombinasi tersebut mengungkap konsistensi model mental. (Brandriet & Bretz, 2014; Gkitzia et al., 2020)

Hasil diagnosis tidak berhenti pada persentase jawaban salah. Guru perlu mengelompokkan pola alasan, memeriksa konsep prasyarat, serta menelusuri bahan ajar dan praktik yang mungkin menguatkannya. Tindak lanjut dilakukan melalui konferensi singkat, diskusi kelas, revisi bahan, dan asesmen ulang. Dengan cara ini, diagnosis berfungsi sebagai bagian dari desain pembelajaran, bukan sekadar pelabelan peserta didik. (Taber, 2002a; Duit & Treagust, 2003)

4.3.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran

Remediasi memerlukan kesempatan bagi peserta didik untuk membandingkan prediksi, bukti, dan model ilmiah. Guru perlu melakukan analisis konsep sebelum memilih contoh, analogi, gambar, rumus, dan kegiatan. Analisis mencakup atribut kritis, noncontoh, prasyarat, representasi, kemungkinan salah tafsir, serta batas model. Pada sumber penjelasan guru, perhatian khusus diberikan pada menyiapkan penjelasan berbasis analisis konsep, memeriksa bahasa kausal, menyatakan asumsi dan keterbatasan, serta meminta peserta didik menjelaskan kembali dengan representasi berbeda. Pencegahan harus tampak dalam tujuan, urutan, aktivitas, dan asesmen. (Shulman, 1986; Taber, 2001b)

Desain pembelajaran yang kuat menghubungkan tiga lapisan. Lapisan pertama adalah fenomena atau data yang memberi alasan untuk belajar. Lapisan kedua adalah model yang menjelaskan fenomena. Lapisan ketiga adalah simbol dan perhitungan yang memadatkan hubungan. Perpindahan antar lapisan tidak boleh diasumsikan terjadi otomatis. Guru perlu

memodelkan proses penerjemahan, menanyakan makna setiap simbol, dan menilai konsistensi penjelasan. (Johnstone, 2000; Gkitzia et al., 2020)

Pencegahan juga memerlukan pengelolaan bahasa dan metakognisi. Peserta didik diberi kesempatan menandai kata bermakna ganda, menyatakan tingkat keyakinan, dan menuliskan perubahan pemahaman. Guru dapat menggunakan kalimat seperti “model ini berguna untuk menjelaskan..., tetapi tidak menunjukkan...”. Kebiasaan tersebut membangun kewaspadaan epistemik dan mengurangi kecenderungan memperlakukan model, analogi, atau aturan sebagai realitas harfiah. (Koriat, 1997; Meyer & Pietzner, 2022)

4.3.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual

Remediasi dimulai dengan mengakui bahwa konsepsi awal memiliki alasan bagi peserta didik. Guru tidak cukup menyatakan “itu salah”, melainkan meminta peserta didik mengartikulasikan prediksi dan dasar pikirnya. Setelah itu disajikan kasus yang membedakan daya jelas konsepsi awal dan model ilmiah. Anomali harus dapat dipahami, relevan, dan diikuti penjelasan alternatif; jika tidak, peserta didik dapat mengabaikannya sebagai pengecualian. (Vosniadou, 1994; Duit & Treagust, 2003)

Tahap berikutnya adalah rekonstruksi. Peserta didik menyusun model baru melalui contoh beragam, noncontoh, peta konsep, dan translasi representasi. Guru menekankan hubungan yang berubah, bukan hanya jawaban. Pada sumber penjelasan guru, rekonstruksi harus sekaligus memperbaiki sumber penguat—misalnya istilah, gambar, lembar kerja, atau pola asesmen. Tanpa perubahan lingkungan belajar, konsepsi lama mudah kembali aktif. (Smith et al., 1994; Mortimer, 1995)

Tahap terakhir adalah konsolidasi dan transfer. Peserta didik menggunakan konsep pada situasi baru, menjelaskan batasnya, membandingkan dengan konsep berdekatan, dan mengevaluasi informasi dari sumber lain. Asesmen ulang dilakukan setelah jeda untuk melihat ketahanan perubahan. Remediasi dinilai berhasil apabila peserta didik tidak hanya memilih jawaban ilmiah, tetapi dapat memberikan alasan yang konsisten dan menilai kewajaran representasi serta hasil. (Taber, 2002a; Treagust, 1988)

4.3.20 Sintesis Subbab

Sumber penjelasan guru berkontribusi terhadap miskonsepsi melalui mekanisme berikut: penjelasan yang parsial, teleologis, tidak konsisten, atau tidak menandai batas model dapat membentuk hubungan konseptual yang keliru namun tampak otoritatif. Pengaruhnya terlihat pada seluruh domain kimia, tetapi bentuk konkret berbeda menurut tingkat representasi, prasyarat, dan aktivitas. Karena itu, guru harus menghindari kesimpulan bahwa satu strategi dapat memperbaiki semua miskonsepsi. Intervensi perlu mempertimbangkan isi konsep dan sumber yang menguatkannya. (Shulman, 1986; Taber, 2001b; Goodwin, 2002; Fichtner & Groß, 2025)

Inti diagnosis adalah membedakan gejala, konsepsi, dan sumber. Gejala merupakan respons yang tampak; konsepsi adalah hubungan makna yang digunakan; sumber adalah kondisi yang

membentuk atau menguatkan hubungan tersebut. Perbedaan ini memungkinkan tindakan yang presisi. Jawaban salah akibat ketidaktelitian tidak memerlukan konflik konseptual, sedangkan miskonsepsi berkeyakinan tinggi tidak cukup diatasi dengan latihan tambahan. (Hasan et al., 1999; Brandriet & Bretz, 2014)

Implikasi utamanya adalah menyiapkan penjelasan berbasis analisis konsep, memeriksa bahasa kausal, menyatakan asumsi dan keterbatasan, serta meminta peserta didik menjelaskan kembali dengan representasi berbeda. Pencegahan terbaik bukan menghilangkan seluruh penyederhanaan, pengalaman, atau media, melainkan mengelolanya secara epistemik: tujuan dinyatakan, batas dibahas, hubungan antarrepresentasi dibangun, dan bukti digunakan untuk mengevaluasi model. Prinsip ini menjadi jembatan menuju subbab berikutnya, karena sumber miskonsepsi selalu berinteraksi dengan sumber lain dalam ekosistem pembelajaran. (Taber, 2001b; Duit & Treagust, 2003)

4.3.21 Checklist Audit Sumber

Checklist berikut digunakan untuk menilai apakah penjelasan guru berpotensi membentuk atau menguatkan miskonsepsi. Setiap butir sebaiknya dijawab berdasarkan bukti konkret dari materi, rekaman pembelajaran, respons peserta didik, atau hasil asesmen. Jawaban “ya” bukan vonis bahwa miskonsepsi pasti terjadi, tetapi penanda perlunya pemeriksaan lebih lanjut. (Shulman, 1986; Taber, 2001b)

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
1	Apakah penjelasan guru menggunakan istilah, model, atau aturan tanpa menjelaskan batas dan syarat?	☐
2	Apakah hubungan antara fenomena, partikel, simbol, grafik, dan perhitungan dinyatakan secara eksplisit?	☐
3	Apakah contoh dan noncontoh cukup bervariasi untuk memperjelas atribut kritis?	☐
4	Apakah peserta didik diminta memberikan alasan, bukan hanya jawaban atau hasil hitung?	☐
5	Apakah terdapat peluang untuk membandingkan prediksi dengan bukti dan merevisi model?	☐
6	Apakah konsep prasyarat diperiksa sebelum materi lanjutan diperkenalkan?	☐

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
7	Apakah bahasa atau visual berpotensi dibaca secara literal atau antropomorfis?	☐
8	Apakah asesmen memberi penghargaan pada pemahaman, translasi representasi, dan transfer?	☐
9	Apakah sumber lain—buku, media, praktikum, atau teman—mengulang gagasan yang sama?	☐
10	Apakah perubahan pemahaman diperiksa kembali setelah jeda dan pada konteks baru?	☐

4.4 Buku Teks dan Bahan Ajar

Secara konseptual, teks, contoh, soal, urutan materi, definisi, tabel, dan representasi yang menjadi rujukan belajar formal maupun mandiri. Sumber ini tidak bekerja sebagai penyebab tunggal yang langsung menghasilkan satu jawaban salah. Ia menyediakan kerangka interpretasi yang menentukan informasi mana yang diperhatikan, istilah mana yang dianggap penting, dan hubungan sebab-akibat apa yang terasa masuk akal. Dalam kimia, kerangka semacam itu sangat berpengaruh karena banyak entitas dan proses tidak dapat diamati secara langsung. Peserta didik harus bergerak dari gejala makroskopik menuju model submikroskopik dan notasi simbolik. Apabila jembatan tersebut tidak dibangun, pemahaman mudah diisi oleh gagasan yang paling tersedia secara mental. (Pedrosa & Dias, 2000; Sanger & Greenbowe, 1999)

Mekanisme utamanya dapat diringkas sebagai berikut: kesalahan faktual, definisi terlalu sempit, hubungan antarteks yang tidak eksplisit, dan dominasi contoh prototipikal dapat diperlakukan sebagai pengetahuan final. Proses ini menghasilkan konsepsi yang sering kali koheren dari sudut pandang peserta didik. Karena koheren, konsepsi tersebut tidak selalu terasa sebagai kesalahan. Ia dapat digunakan untuk menjawab soal rutin, menjelaskan pengalaman tertentu, dan bahkan memperoleh penguatan dari teman, guru, atau sumber belajar. Oleh sebab itu, koreksi yang hanya menyampaikan definisi ilmiah belum tentu cukup. Guru perlu memahami asal, fungsi, dan jaringan gagasan yang menopang konsepsi tersebut. (Sanger & Greenbowe, 1999; Gkitzia et al., 2011)

Ciri yang patut dicermati adalah kesalahan peserta didik sama dengan formulasi buku tertentu, bertahan meskipun pembelajaran lisan berbeda, atau muncul dari membaca diagram dan contoh tanpa konteks. Miskonsepsi tidak sama dengan lupa, salah hitung, atau tidak pernah belajar. Miskonsepsi mempunyai struktur alasan tertentu dan sering disertai tingkat keyakinan. Peserta didik mungkin mengganti kata yang digunakan, tetapi mempertahankan pola penalaran yang sama. Untuk itu, analisis sumber miskonsepsi perlu

menghubungkan respons peserta didik dengan konteks pembelajaran, representasi yang digunakan, urutan materi, serta jenis umpan balik yang pernah diterima. (Gkitzia et al., 2011; Meyer & Pietzner, 2022)

Prinsip pencegahan yang relevan adalah melakukan audit bahan ajar, membandingkan beberapa sumber, memeriksa istilah terhadap rujukan otoritatif, dan melatih peserta didik membaca kritis. Tujuannya bukan meniadakan seluruh pengetahuan awal atau menyederhanakan materi secara ekstrem, melainkan membangun jalur perubahan konseptual. Jalur tersebut harus membuat peserta didik menyadari batas gagasan lama, memahami daya jelas model ilmiah, dan mampu menggunakan konsep pada konteks baru. Bab ini karena itu menempatkan setiap sumber miskonsepsi sebagai bagian dari ekosistem belajar yang dapat didiagnosis dan diperbaiki secara sistematis. (Pedrosa & Dias, 2000; Meyer & Pietzner, 2022)

4.4.1 Kedudukan Buku Teks dan Bahan Ajar sebagai Sumber Miskonsepsi

Masalah ini menjadi penting karena sumber buku teks dan bahan ajar perlu dibedakan dari miskonsepsi yang tampak pada jawaban. Sumber adalah kondisi yang menyediakan bahan, arah, atau penguatan bagi pembentukan konsepsi; miskonsepsi adalah struktur pemahaman yang tidak selaras dengan pengetahuan ilmiah yang diterima. Perbedaan ini mencegah guru menyimpulkan bahwa setiap jawaban salah pasti berasal dari faktor yang sama. Dua peserta didik dapat memberikan jawaban identik, tetapi satu berangkat dari makna bahasa, sedangkan yang lain meniru diagram atau aturan yang pernah dipelajari. (Pedrosa & Dias, 2000; Sanger & Greenbowe, 1999)

Kedudukan sumber juga bersifat probabilistik. Teks, contoh, soal, urutan materi, definisi, tabel, dan representasi yang menjadi rujukan belajar formal maupun mandiri tidak otomatis menghasilkan miskonsepsi pada semua peserta didik. Pengaruhnya bergantung pada pengetahuan prasyarat, perhatian, kualitas penjelasan, frekuensi pengulangan, konteks sosial, dan kesempatan memperoleh umpan balik. Peserta didik yang memiliki jaringan konsep kuat dapat menafsirkan sumber yang kurang sempurna secara kritis, sedangkan peserta didik lain mungkin mengintegrasikannya secara literal. Karena itu, pencegahan harus memperkuat kemampuan interpretasi, bukan hanya menyaring materi. (Sanger & Greenbowe, 1999; Gkitzia et al., 2011)

Dalam kimia, kerentanan tersebut meningkat karena makna harus dikoordinasikan antara fenomena, partikel, simbol, model, grafik, dan perhitungan. Sumber yang tampak kecil—misalnya satu kata, warna, panah, atau contoh—dapat mengubah hubungan antartingkat representasi. Kesalahan itu kemudian menjalar. Kekeliruan membedakan partikel dengan zat dapat memengaruhi ikatan, larutan, stoikiometri, kesetimbangan, dan elektrokimia. Oleh sebab itu, analisis sumber perlu memeriksa tidak hanya isi pernyataan, tetapi juga fungsi representasi dan hubungan yang dibangun. (Johnstone, 2000; Taber, 2001a)

4.4.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan

Hal penting yang perlu ditegaskan ialah bahwa kesalahan faktual, definisi terlalu sempit, hubungan antarteks yang tidak eksplisit, dan dominasi contoh prototipikal dapat diperlakukan sebagai pengetahuan final. Pada tahap awal, peserta didik memilih petunjuk yang paling menonjol. Petunjuk itu dihubungkan dengan skema yang telah tersedia. Ketika hasilnya cukup berhasil untuk menjawab pertanyaan atau menjelaskan satu pengalaman, hubungan tersebut menjadi lebih mudah diaktifkan kembali. Pengulangan tanpa koreksi meningkatkan kelancaran pemrosesan, dan kelancaran sering keliru ditafsirkan sebagai kebenaran. (Pedrosa & Dias, 2000; Koriat, 1997)

Penguatan dapat terjadi melalui empat jalur. Pertama, konsistensi internal: gagasan terasa cocok dengan asumsi lain yang telah dimiliki. Kedua, konsistensi sosial: teman, guru, buku, atau media menggunakan ungkapan serupa. Ketiga, keberhasilan instrumental: algoritma atau aturan menghasilkan jawaban yang dinilai benar. Keempat, ketiadaan anomali yang diproses secara sadar. Peserta didik mungkin telah melihat data yang tidak sesuai, tetapi menafsirkannya sebagai pengecualian atau kesalahan eksperimen. Jalur-jalur ini menjelaskan ketahanan miskonsepsi. (Smith et al., 1994; Duit & Treagust, 2003)

Hubungan antara sumber dan konsepsi juga dapat berubah sepanjang waktu. Sebuah penyederhanaan yang awalnya membantu dapat menjadi hambatan pada materi lanjutan. Sebaliknya, pengalaman yang semula menyesatkan dapat berfungsi sebagai titik awal diskusi ketika guru meminta prediksi, menghadirkan bukti pembanding, dan membangun model yang lebih luas. Dengan demikian, persoalannya bukan hanya apakah sumber itu benar atau salah, melainkan bagaimana sumber tersebut diposisikan, dibatasi, dan direvisi dalam urutan belajar. (Gkitzia et al., 2011; Meyer & Pietzner, 2022)

4.4.3 Indikator pada Respons Peserta Didik

Pola jawaban perlu diperiksa lintas representasi dan lintas konteks. Indikator pertama adalah konsistensi alasan. Respons yang sama muncul pada pertanyaan berbeda karena peserta didik menggunakan aturan inti yang sama. Indikator kedua adalah transfer yang salah: aturan yang benar pada satu konteks diterapkan pada konteks lain tanpa memeriksa syarat. Indikator ketiga adalah ketergantungan pada fitur permukaan. Perubahan angka, gambar, atau istilah dapat mengubah jawaban meskipun struktur kimianya tetap. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Indikator lain adalah tingkat keyakinan yang tidak sejalan dengan kualitas alasan. Peserta didik dapat sangat yakin karena jawaban terasa familiar, pernah memperoleh nilai, atau cocok dengan sumber yang dianggap otoritatif. Keadaan ini berbeda dari tebakan atau pengetahuan yang belum lengkap. Penggunaan tingkat keyakinan, alasan terbuka, dan tugas translasi representasi membantu memisahkan miskonsepsi kuat dari ketidakpastian biasa. (Brandriet & Bretz, 2014; Koriat, 1997)

Guru juga perlu mengamati bahasa spontan, gambar, pilihan simbol, urutan langkah, dan tindakan selama praktikum. Konsepsi yang tidak tampak pada definisi sering muncul ketika peserta didik harus menjelaskan mengapa, memprediksi perubahan, atau membangun diagram partikel. Bukti terbaik biasanya berasal dari triangulasi: jawaban tertulis, wawancara singkat, representasi visual, dan kinerja pada kasus baru. (Gkitzia et al., 2020; Taber, 2002a)

4.4.4 Pembedaan dari Kesalahan Lain

Kesalahan aritmetika, salah baca satuan, kelalaian, atau keterbatasan kosakata dapat menghasilkan jawaban salah tanpa membentuk miskonsepsi. Karena itu, guru perlu menanyakan apakah peserta didik mempunyai hubungan konseptual alternatif yang digunakan secara konsisten. Kesalahan satu kali yang segera disadari setelah ditunjukkan berbeda dari gagasan yang dipertahankan melalui penjelasan dan contoh. Pembedaan ini menentukan jenis intervensi: latihan prosedural, dukungan bahasa, atau perubahan konseptual. (Nakhleh, 1992; Treagust, 1988)

Pengetahuan parsial juga tidak selalu merupakan miskonsepsi. Peserta didik mungkin mengetahui bahwa katalis mempercepat reaksi tetapi belum memahami jalur alternatif dan energi aktivasi. Keadaan tersebut menjadi miskonsepsi ketika ia menambahkan hubungan keliru, misalnya katalis menaikkan energi pereaksi atau mengubah tetapan kesetimbangan. Diagnosis harus mengidentifikasi apa yang benar, apa yang belum ada, dan apa yang secara aktif salah. (Taber, 2001b; Talanquer, 2015)

Dalam konteks buku teks dan bahan ajar, pembedaan tersebut makin penting karena satu respons dapat memiliki beberapa asal. Guru sebaiknya menelusuri kapan gagasan pertama kali digunakan, sumber apa yang dianggap meyakinkan, dan pada konteks mana gagasan berubah. Data itu memberi dasar untuk intervensi yang tepat sasaran dan mencegah tindakan umum seperti mengulang ceramah atau menambah soal tanpa memperbaiki penyebab. (Pedrosa & Dias, 2000; Sanger & Greenbowe, 1999)

4.4.5 Materi, Zat, dan Perubahan

Pada topik materi, zat, dan perubahan, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa materi tersusun atas partikel, identitas zat ditentukan oleh jenis dan susunan partikelnya, serta perubahan fisika perlu dibedakan dari perubahan kimia berdasarkan perubahan identitas kimia. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Pedrosa & Dias, 2000; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan buku teks dan bahan ajar, masalah yang sering muncul ialah ketika definisi perubahan kimia memakai indikator tidak dapat balik sebagai atribut utama dan contoh terlalu sempit. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi

kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Meyer & Pietzner, 2022; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Ke mana partikel air pergi ketika pakaian mengering, dan apakah jumlah materi benar-benar berkurang?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan massa sistem terbuka dan tertutup, menyusun diagram partikel sebelum-sesudah, serta membedakan bukti observasional dari inferensi tentang partikel. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Meyer & Pietzner, 2022; Gkitzia et al., 2011)

4.4.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron

Pada topik struktur atom dan konfigurasi elektron, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa model atom adalah representasi teoretis dengan domain berlaku tertentu; elektron tidak berada pada lintasan planet yang kaku, dan konfigurasi elektron berkaitan dengan keadaan energi serta probabilitas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Sanger & Greenbowe, 1999; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan buku teks dan bahan ajar, masalah yang sering muncul ialah ketika buku menampilkan satu model atom seolah representasi final tanpa sejarah bukti dan batas. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan

antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Sanger & Greenbowe, 1999; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah elektron mempunyai lintasan pasti seperti planet, dan apa yang sebenarnya dinyatakan oleh orbital?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan beberapa model atom, menjelaskan fungsi dan batas setiap model, serta menggunakan peta perubahan model berdasarkan bukti eksperimen. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Sanger & Greenbowe, 1999; Taber, 2002a)

4.4.7 Sistem Periodik dan Periodisitas

Pada topik sistem periodik dan periodisitas, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penjarangan, dan jarak elektron; kecenderungan periodik bersifat pola dengan pengecualian yang harus dipahami secara kausal. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Gkitzia et al., 2011; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan buku teks dan bahan ajar, masalah yang sering muncul ialah ketika tabel periodik dilengkapi panah tren tetapi teks tidak menjelaskan muatan inti efektif atau pengecualian. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Meyer & Pietzner, 2022; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Pedrosa & Dias, 2000; Gkitzia et al., 2011)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penyarungan, dan jarak elektron	Menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian
Miskonsepsi	Tren periodik dihafal sebagai arah panah mutlak, nomor periode dianggap jumlah elektron valensi, dan ukuran atom ditentukan hanya oleh jumlah kulit	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?
Sumber	Tabel periodik dilengkapi panah tren tetapi teks tidak menjelaskan muatan inti efektif atau pengecualian	Periksa peran buku teks dan bahan ajar bersama sumber penguat lain.

4.4.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul

Pada topik ikatan kimia, struktur zat, dan gaya antarmolekul, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa ikatan dan gaya antarmolekul harus dibedakan; struktur zat ditentukan oleh distribusi elektron, interaksi elektrostatis, energi sistem, dan organisasi

partikel pada berbagai skala. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Meyer & Pietzner, 2022; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan buku teks dan bahan ajar, masalah yang sering muncul ialah ketika buku mencampur molekul, senyawa, unit formula, dan gaya antarmolekul serta memakai gambar yang tidak sebanding. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Pedrosa & Dias, 2000; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang diputus ketika air mendidih: ikatan O–H atau interaksi antarmolekul?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan struktur diskrit, kisi ionik, logam, dan jaringan kovalen sambil menghubungkan struktur dengan sifat. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Meyer & Pietzner, 2022; Gkitzia et al., 2011)

4.4.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi

Pada topik mol, stoikiometri, dan persamaan reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa mol adalah satuan jumlah zat yang menghubungkan entitas pada tingkat partikel dengan besaran makroskopik; koefisien reaksi menyatakan perbandingan jumlah entitas atau mol, bukan perbandingan massa secara langsung. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah

topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Pedrosa & Dias, 2000; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan buku teks dan bahan ajar, masalah yang sering muncul ialah ketika contoh hitungan mendominasi, sedangkan makna mol, koefisien, dan pereaksi pembatas tidak direpresentasikan pada tingkat partikel. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Gkitzia et al., 2011; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa satu mol oksigen dan satu mol besi mengandung jumlah entitas yang sama tetapi bermassa berbeda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan persamaan reaksi, model partikel, tabel jumlah mol, dan alasan kuantitatif pada setiap langkah perhitungan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Pedrosa & Dias, 2000; Taber, 2002a)

4.4.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit

Pada topik larutan, konsentrasi, kelarutan, dan elektrolit, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel; konsentrasi berbeda dari kekuatan, kelarutan bergantung pada kondisi, dan konduktivitas memerlukan pembawa muatan yang dapat bergerak. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta

memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Sanger & Greenbowe, 1999; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan buku teks dan bahan ajar, masalah yang sering muncul ialah ketika diagram larutan tidak menunjukkan ionisasi parsial, hidrasi, atau mobilitas ion dan definisi elektrolit terlalu absolut. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Pedrosa & Dias, 2000; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Sanger & Greenbowe, 1999; Taber, 2002a)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel	Menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi
Miskonsepsi	Larutan jenuh dianggap tidak memiliki ruang, zat terlarut	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa padatan natrium

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
	lenyap, asam kuat selalu pekat, dan semua senyawa ionik selalu menghantarkan listrik	klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?
Sumber	Diagram larutan tidak menunjukkan ionisasi parsial, hidrasi, atau mobilitas ion dan definisi elektrolit terlalu absolut	Periksa peran buku teks dan bahan ajar bersama sumber penguat lain.

4.4.11 Termokimia dan Termodinamika

Pada topik termokimia dan termodinamika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa kalor adalah energi yang berpindah karena perbedaan suhu, suhu berkaitan dengan distribusi energi kinetik, dan spontanitas tidak identik dengan kecepatan reaksi. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Gkitzia et al., 2011; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan buku teks dan bahan ajar, masalah yang sering muncul ialah ketika tanda entalpi, kalor, dan energi internal dijelaskan tanpa konsistensi sistem-lingkungan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Sanger & Greenbowe, 1999; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Dapatkah proses endoterm berlangsung spontan, dan apakah spontan berarti terjadi seketika?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menetapkan sistem-lingkungan, menggambar diagram energi, membedakan aspek termodinamika dari kinetika, dan menafsirkan tanda besaran. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Meyer & Pietzner, 2022; Meyer & Pietzner, 2022)

4.4.12 Laju Reaksi dan Kinetika

Pada topik laju reaksi dan kinetika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa laju reaksi ditentukan oleh mekanisme, frekuensi serta orientasi tumbukan efektif, distribusi energi, dan konsentrasi spesies yang terlibat dalam tahap elementer. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Meyer & Pietzner, 2022; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan buku teks dan bahan ajar, masalah yang sering muncul ialah ketika grafik energi aktivasi digambar tanpa sumbu, satuan, atau hubungan dengan distribusi energi. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Gkitzia et al., 2011; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa kenaikan suhu dapat meningkatkan laju jauh lebih besar daripada sekadar kenaikan kecepatan rata-rata partikel?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan data laju, grafik distribusi energi, mekanisme reaksi, serta model tumbukan dengan asumsi yang dinyatakan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik

perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Meyer & Pietzner, 2022; Meyer & Pietzner, 2022)

4.4.13 Keseimbangan Kimia

Pada topik keseimbangan kimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa keseimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Pedrosa & Dias, 2000; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan buku teks dan bahan ajar, masalah yang sering muncul ialah ketika diagram keseimbangan menyiratkan kompartemen terpisah untuk pereaksi dan produk atau jumlah yang sama. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Gkitzia et al., 2011; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis Q dan K. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk

memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Meyer & Pietzner, 2022; Meyer & Pietzner, 2022)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Keseimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu	Menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis q dan k
Miskonsepsi	Reaksi berhenti pada keseimbangan, konsentrasi pereaksi dan produk harus sama, dan katalis menggeser keseimbangan	Minta alasan atas pertanyaan: Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?
Sumber	Diagram keseimbangan menyiratkan kompartemen terpisah untuk pereaksi dan produk atau jumlah yang sama	Periksa peran buku teks dan bahan ajar bersama sumber penguat lain.

4.4.14 Asam, Basa, dan pH

Pada topik asam, basa, dan pH, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa asam-basa bergantung pada kerangka teori dan pasangan reaksi; kekuatan berbeda dari konsentrasi, sedangkan pH berskala logaritmik dan bergantung pada kondisi larutan. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Sanger & Greenbowe, 1999; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan buku teks dan bahan ajar, masalah yang sering muncul ialah ketika buku menggunakan contoh asam kuat yang selalu pekat dan asam lemah yang selalu encer. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau

aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Gkitzia et al., 2011; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah larutan asam lemah yang pekat dapat memiliki pH lebih rendah daripada larutan asam kuat yang sangat encer?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan derajat ionisasi dan konsentrasi, menggunakan garis bilangan logaritmik, serta menguji berbagai pasangan asam-basa. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Meyer & Pietzner, 2022; Taber, 2002a)

4.4.15 Redoks dan Elektrokimia

Pada topik redoks dan elektrokimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa oksidasi-reduksi melibatkan perubahan bilangan oksidasi dan transfer elektron secara konseptual; potensial sel adalah besaran intensif dan arah aliran elektron harus dibedakan dari arus konvensional. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Gkitzia et al., 2011; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan buku teks dan bahan ajar, masalah yang sering muncul ialah ketika diagram elektrokimia salah menempatkan arah elektron, ion, atau tanda elektroda. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Meyer & Pietzner, 2022; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa tanda anoda berbeda antara sel galvanik dan sel elektrolisis, tetapi oksidasi tetap terjadi di anoda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melacak elektron, ion, muatan, dan perubahan bilangan oksidasi pada diagram sel yang diberi label lengkap. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Pedrosa & Dias, 2000; Taber, 2002a)

4.4.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi

Pada topik kimia organik dan mekanisme reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas; panah lengkung merepresentasikan perpindahan pasangan elektron, bukan gerak atom secara bebas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Meyer & Pietzner, 2022; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan buku teks dan bahan ajar, masalah yang sering muncul ialah ketika rumus struktur, proyeksi, dan panah mekanisme disajikan tanpa konvensi pembacaan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Pedrosa & Dias, 2000; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan

materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Pedrosa & Dias, 2000; Taber, 2002a)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas	Melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur
Miskonsepsi	Rumus struktur dianggap gambar geometris literal, panah mekanisme menunjukkan atom berpindah mengikuti panah, dan semua isomer dianggap memiliki sifat yang sama	Minta alasan atas pertanyaan: Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?
Sumber	Rumus struktur, proyeksi, dan panah mekanisme disajikan tanpa konvensi pembacaan	Periksa peran buku teks dan bahan ajar bersama sumber penguat lain.

4.4.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Guru perlu membedakan antara kekurangan informasi dan miskonsepsi yang telah terstruktur. Untuk sumber buku teks dan bahan ajar, diagnosis sebaiknya dimulai dengan peta hipotesis: gagasan apa yang mungkin dimiliki, bukti respons apa yang mendukungnya, dan sumber mana yang mungkin berperan. Peta ini mencegah guru mencari satu kesalahan yang telah diperkirakan sebelumnya. Instrumen dapat menggabungkan pilihan jawaban, alasan,

tingkat keyakinan, gambar, tugas prediksi, dan wawancara singkat. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Butir diagnostik perlu menghindari petunjuk bahasa yang terlalu jelas dan harus menilai konsep pada lebih dari satu konteks. Soal numerik dapat dipasangkan dengan soal konseptual yang mempunyai struktur sama. Diagram dapat diminta diterjemahkan ke dalam persamaan dan penjelasan verbal. Dalam praktikum, peserta didik diminta membedakan apa yang diamati, apa yang dihitung, dan apa yang diinferensikan. Kombinasi tersebut mengungkap konsistensi model mental. (Brandriet & Bretz, 2014; Gkitzia et al., 2020)

Hasil diagnosis tidak berhenti pada persentase jawaban salah. Guru perlu mengelompokkan pola alasan, memeriksa konsep prasyarat, serta menelusuri bahan ajar dan praktik yang mungkin menguatkannya. Tindak lanjut dilakukan melalui konferensi singkat, diskusi kelas, revisi bahan, dan asesmen ulang. Dengan cara ini, diagnosis berfungsi sebagai bagian dari desain pembelajaran, bukan sekadar pelabelan peserta didik. (Taber, 2002a; Duit & Treagust, 2003)

4.4.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran

Remediasi memerlukan kesempatan bagi peserta didik untuk membandingkan prediksi, bukti, dan model ilmiah. Guru perlu melakukan analisis konsep sebelum memilih contoh, analogi, gambar, rumus, dan kegiatan. Analisis mencakup atribut kritis, noncontoh, prasyarat, representasi, kemungkinan salah tafsir, serta batas model. Pada sumber buku teks dan bahan ajar, perhatian khusus diberikan pada melakukan audit bahan ajar, membandingkan beberapa sumber, memeriksa istilah terhadap rujukan otoritatif, dan melatih peserta didik membaca kritis. Pencegahan harus tampak dalam tujuan, urutan, aktivitas, dan asesmen. (Pedrosa & Dias, 2000; Sanger & Greenbowe, 1999)

Desain pembelajaran yang kuat menghubungkan tiga lapisan. Lapisan pertama adalah fenomena atau data yang memberi alasan untuk belajar. Lapisan kedua adalah model yang menjelaskan fenomena. Lapisan ketiga adalah simbol dan perhitungan yang memadatkan hubungan. Perpindahan antar lapisan tidak boleh diasumsikan terjadi otomatis. Guru perlu memodelkan proses penerjemahan, menanyakan makna setiap simbol, dan menilai konsistensi penjelasan. (Johnstone, 2000; Gkitzia et al., 2020)

Pencegahan juga memerlukan pengelolaan bahasa dan metakognisi. Peserta didik diberi kesempatan menandai kata bermakna ganda, menyatakan tingkat keyakinan, dan menuliskan perubahan pemahaman. Guru dapat menggunakan kalimat seperti “model ini berguna untuk menjelaskan..., tetapi tidak menunjukkan...”. Kebiasaan tersebut membangun kewaspadaan epistemik dan mengurangi kecenderungan memperlakukan model, analogi, atau aturan sebagai realitas harfiah. (Koriat, 1997; Meyer & Pietzner, 2022)

4.4.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual

Remediasi dimulai dengan mengakui bahwa konsepsi awal memiliki alasan bagi peserta didik. Guru tidak cukup menyatakan “itu salah”, melainkan meminta peserta didik

mengartikulasikan prediksi dan dasar pikirnya. Setelah itu disajikan kasus yang membedakan daya jelas konsepsi awal dan model ilmiah. Anomali harus dapat dipahami, relevan, dan diikuti penjelasan alternatif; jika tidak, peserta didik dapat mengabaikannya sebagai pengecualian. (Vosniadou, 1994; Duit & Treagust, 2003)

Tahap berikutnya adalah rekonstruksi. Peserta didik menyusun model baru melalui contoh beragam, noncontoh, peta konsep, dan translasi representasi. Guru menekankan hubungan yang berubah, bukan hanya jawaban. Pada sumber buku teks dan bahan ajar, rekonstruksi harus sekaligus memperbaiki sumber penguat—misalnya istilah, gambar, lembar kerja, atau pola asesmen. Tanpa perubahan lingkungan belajar, konsepsi lama mudah kembali aktif. (Smith et al., 1994; Mortimer, 1995)

Tahap terakhir adalah konsolidasi dan transfer. Peserta didik menggunakan konsep pada situasi baru, menjelaskan batasnya, membandingkan dengan konsep berdekatan, dan mengevaluasi informasi dari sumber lain. Asesmen ulang dilakukan setelah jeda untuk melihat ketahanan perubahan. Remediasi dinilai berhasil apabila peserta didik tidak hanya memilih jawaban ilmiah, tetapi dapat memberikan alasan yang konsisten dan menilai kewajaran representasi serta hasil. (Taber, 2002a; Treagust, 1988)

4.4.20 Sintesis Subbab

Sumber buku teks dan bahan ajar berkontribusi terhadap miskonsepsi melalui mekanisme berikut: kesalahan faktual, definisi terlalu sempit, hubungan antarteks yang tidak eksplisit, dan dominasi contoh prototipikal dapat diperlakukan sebagai pengetahuan final. Pengaruhnya terlihat pada seluruh domain kimia, tetapi bentuk konkret berbeda menurut tingkat representasi, prasyarat, dan aktivitas. Karena itu, guru harus menghindari kesimpulan bahwa satu strategi dapat memperbaiki semua miskonsepsi. Intervensi perlu mempertimbangkan isi konsep dan sumber yang menguatkannya. (Pedrosa & Dias, 2000; Sanger & Greenbowe, 1999; Gkitzia et al., 2011; Meyer & Pietzner, 2022)

Inti diagnosis adalah membedakan gejala, konsepsi, dan sumber. Gejala merupakan respons yang tampak; konsepsi adalah hubungan makna yang digunakan; sumber adalah kondisi yang membentuk atau menguatkan hubungan tersebut. Pembedaan ini memungkinkan tindakan yang presisi. Jawaban salah akibat ketidaktelitian tidak memerlukan konflik konseptual, sedangkan miskonsepsi berkeyakinan tinggi tidak cukup diatasi dengan latihan tambahan. (Hasan et al., 1999; Brandriet & Bretz, 2014)

Implikasi utamanya adalah melakukan audit bahan ajar, membandingkan beberapa sumber, memeriksa istilah terhadap rujukan otoritatif, dan melatih peserta didik membaca kritis. Pencegahan terbaik bukan menghilangkan seluruh penyederhanaan, pengalaman, atau media, melainkan mengelolanya secara epistemik: tujuan dinyatakan, batas dibahas, hubungan antarrepresentasi dibangun, dan bukti digunakan untuk mengevaluasi model. Prinsip ini menjadi jembatan menuju subbab berikutnya, karena sumber miskonsepsi selalu

berinteraksi dengan sumber lain dalam ekosistem pembelajaran. (Taber, 2001b; Duit & Treagust, 2003)

4.4.21 Checklist Audit Sumber

Checklist berikut digunakan untuk menilai apakah buku teks dan bahan ajar berpotensi membentuk atau menguatkan miskonsepsi. Setiap butir sebaiknya dijawab berdasarkan bukti konkret dari materi, rekaman pembelajaran, respons peserta didik, atau hasil asesmen. Jawaban “ya” bukan vonis bahwa miskonsepsi pasti terjadi, tetapi penanda perlunya pemeriksaan lebih lanjut. (Pedrosa & Dias, 2000; Sanger & Greenbowe, 1999)

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
1	Apakah buku teks dan bahan ajar menggunakan istilah, model, atau aturan tanpa menjelaskan batas dan syarat?	☐
2	Apakah hubungan antara fenomena, partikel, simbol, grafik, dan perhitungan dinyatakan secara eksplisit?	☐
3	Apakah contoh dan noncontoh cukup bervariasi untuk memperjelas atribut kritis?	☐
4	Apakah peserta didik diminta memberikan alasan, bukan hanya jawaban atau hasil hitung?	☐
5	Apakah terdapat peluang untuk membandingkan prediksi dengan bukti dan merevisi model?	☐
6	Apakah konsep prasyarat diperiksa sebelum materi lanjutan diperkenalkan?	☐
7	Apakah bahasa atau visual berpotensi dibaca secara literal atau antropomorfis?	☐
8	Apakah asesmen memberi penghargaan pada pemahaman, translasi representasi, dan transfer?	☐
9	Apakah sumber lain—buku, media, praktikum, atau teman—mengulang gagasan yang sama?	☐
10	Apakah perubahan pemahaman diperiksa kembali setelah jeda dan pada konteks baru?	☐

4.5 Gambar, Diagram, dan Ilustrasi

Hal penting yang perlu ditegaskan ialah bahwa representasi visual yang digunakan untuk menampilkan objek, hubungan, proses, data, atau model kimia pada tingkat makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Sumber ini tidak bekerja sebagai penyebab tunggal yang langsung menghasilkan satu jawaban salah. Ia menyediakan kerangka interpretasi yang menentukan informasi mana yang diperhatikan, istilah mana yang dianggap penting, dan hubungan sebab-akibat apa yang terasa masuk akal. Dalam kimia, kerangka semacam itu sangat berpengaruh karena banyak entitas dan proses tidak dapat diamati secara langsung. Peserta didik harus bergerak dari gejala makroskopik menuju model submikroskopik dan notasi simbolik. Apabila jembatan tersebut tidak dibangun, pemahaman mudah diisi oleh gagasan yang paling tersedia secara mental. (Johnstone, 2000; Gkitzia et al., 2011)

Mekanisme utamanya dapat diringkas sebagai berikut: fitur permukaan seperti warna, ukuran, jarak, arah panah, dan tata letak dibaca secara literal ketika konvensi visual tidak dijelaskan. Proses ini menghasilkan konsepsi yang sering kali koheren dari sudut pandang peserta didik. Karena koheren, konsepsi tersebut tidak selalu terasa sebagai kesalahan. Ia dapat digunakan untuk menjawab soal rutin, menjelaskan pengalaman tertentu, dan bahkan memperoleh penguatan dari teman, guru, atau sumber belajar. Oleh sebab itu, koreksi yang hanya menyampaikan definisi ilmiah belum tentu cukup. Guru perlu memahami asal, fungsi, dan jaringan gagasan yang menopang konsepsi tersebut. (Gkitzia et al., 2011; Nyachwaya & Wood, 2014)

Ciri yang patut dicermati adalah peserta didik dapat menyalin gambar tetapi tidak mampu menerjemahkannya, memperlakukan warna model sebagai sifat materi, atau mencampur skala dan tingkat representasi. Miskonsepsi tidak sama dengan lupa, salah hitung, atau tidak pernah belajar. Miskonsepsi mempunyai struktur alasan tertentu dan sering disertai tingkat keyakinan. Peserta didik mungkin mengganti kata yang digunakan, tetapi mempertahankan pola penalaran yang sama. Untuk itu, analisis sumber miskonsepsi perlu menghubungkan respons peserta didik dengan konteks pembelajaran, representasi yang digunakan, urutan materi, serta jenis umpan balik yang pernah diterima. (Nyachwaya & Wood, 2014; Gkitzia et al., 2020)

Prinsip pencegahan yang relevan adalah memberi legenda dan caption, mengajarkan cara membaca representasi, memperlihatkan beberapa model, serta meminta translasi antarrepresentasi. Tujuannya bukan meniadakan seluruh pengetahuan awal atau menyederhanakan materi secara ekstrem, melainkan membangun jalur perubahan konseptual. Jalur tersebut harus membuat peserta didik menyadari batas gagasan lama, memahami daya jelas model ilmiah, dan mampu menggunakan konsep pada konteks baru. Bab ini karena itu menempatkan setiap sumber miskonsepsi sebagai bagian dari ekosistem belajar yang dapat didiagnosis dan diperbaiki secara sistematis. (Johnstone, 2000; Gkitzia et al., 2020)

4.5.1 Kedudukan Gambar, Diagram, dan Ilustrasi sebagai Sumber Miskonsepsi

Secara konseptual, sumber gambar, diagram, dan ilustrasi perlu dibedakan dari miskonsepsi yang tampak pada jawaban. Sumber adalah kondisi yang menyediakan bahan, arah, atau penguatan bagi pembentukan konsepsi; miskonsepsi adalah struktur pemahaman yang tidak selaras dengan pengetahuan ilmiah yang diterima. Pembedaan ini mencegah guru menyimpulkan bahwa setiap jawaban salah pasti berasal dari faktor yang sama. Dua peserta didik dapat memberikan jawaban identik, tetapi satu berangkat dari makna bahasa, sedangkan yang lain meniru diagram atau aturan yang pernah dipelajari. (Johnstone, 2000; Gkitzia et al., 2011)

Kedudukan sumber juga bersifat probabilistik. Representasi visual yang digunakan untuk menampilkan objek, hubungan, proses, data, atau model kimia pada tingkat makroskopik, submikroskopik, dan simbolik tidak otomatis menghasilkan miskonsepsi pada semua peserta didik. Pengaruhnya bergantung pada pengetahuan prasyarat, perhatian, kualitas penjelasan, frekuensi pengulangan, konteks sosial, dan kesempatan memperoleh umpan balik. Peserta didik yang memiliki jaringan konsep kuat dapat menafsirkan sumber yang kurang sempurna secara kritis, sedangkan peserta didik lain mungkin mengintegrasikannya secara literal. Karena itu, pencegahan harus memperkuat kemampuan interpretasi, bukan hanya menyaring materi. (Gkitzia et al., 2011; Nyachwaya & Wood, 2014)

Dalam kimia, kerentanan tersebut meningkat karena makna harus dikoordinasikan antara fenomena, partikel, simbol, model, grafik, dan perhitungan. Sumber yang tampak kecil—misalnya satu kata, warna, panah, atau contoh—dapat mengubah hubungan antartingkat representasi. Kesalahan itu kemudian menjalar. Kekeliruan membedakan partikel dengan zat dapat memengaruhi ikatan, larutan, stoikiometri, kesetimbangan, dan elektrokimia. Oleh sebab itu, analisis sumber perlu memeriksa tidak hanya isi pernyataan, tetapi juga fungsi representasi dan hubungan yang dibangun. (Johnstone, 2000; Taber, 2001a)

4.5.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan

Dalam konteks kelas, fitur permukaan seperti warna, ukuran, jarak, arah panah, dan tata letak dibaca secara literal ketika konvensi visual tidak dijelaskan. Pada tahap awal, peserta didik memilih petunjuk yang paling menonjol. Petunjuk itu dihubungkan dengan skema yang telah tersedia. Ketika hasilnya cukup berhasil untuk menjawab pertanyaan atau menjelaskan satu pengalaman, hubungan tersebut menjadi lebih mudah diaktifkan kembali. Pengulangan tanpa koreksi meningkatkan kelancaran pemrosesan, dan kelancaran sering keliru ditafsirkan sebagai kebenaran. (Johnstone, 2000; Koriati, 1997)

Penguatan dapat terjadi melalui empat jalur. Pertama, konsistensi internal: gagasan terasa cocok dengan asumsi lain yang telah dimiliki. Kedua, konsistensi sosial: teman, guru, buku, atau media menggunakan ungkapan serupa. Ketiga, keberhasilan instrumental: algoritma atau aturan menghasilkan jawaban yang dinilai benar. Keempat, ketiadaan anomali yang diproses secara sadar. Peserta didik mungkin telah melihat data yang tidak sesuai, tetapi

menafsirkannya sebagai pengecualian atau kesalahan eksperimen. Jalur-jalur ini menjelaskan ketahanan miskonsepsi. (Smith et al., 1994; Duit & Treagust, 2003)

Hubungan antara sumber dan konsepsi juga dapat berubah sepanjang waktu. Sebuah penyederhanaan yang awalnya membantu dapat menjadi hambatan pada materi lanjutan. Sebaliknya, pengalaman yang semula menyesatkan dapat berfungsi sebagai titik awal diskusi ketika guru meminta prediksi, menghadirkan bukti pembanding, dan membangun model yang lebih luas. Dengan demikian, persoalannya bukan hanya apakah sumber itu benar atau salah, melainkan bagaimana sumber tersebut diposisikan, dibatasi, dan direvisi dalam urutan belajar. (Nyachwaya & Wood, 2014; Gkitzia et al., 2020)

4.5.3 Indikator pada Respons Peserta Didik

Pola jawaban perlu diperiksa lintas representasi dan lintas konteks. Indikator pertama adalah konsistensi alasan. Respons yang sama muncul pada pertanyaan berbeda karena peserta didik menggunakan aturan inti yang sama. Indikator kedua adalah transfer yang salah: aturan yang benar pada satu konteks diterapkan pada konteks lain tanpa memeriksa syarat. Indikator ketiga adalah ketergantungan pada fitur permukaan. Perubahan angka, gambar, atau istilah dapat mengubah jawaban meskipun struktur kimianya tetap. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Indikator lain adalah tingkat keyakinan yang tidak sejalan dengan kualitas alasan. Peserta didik dapat sangat yakin karena jawaban terasa familiar, pernah memperoleh nilai, atau cocok dengan sumber yang dianggap otoritatif. Keadaan ini berbeda dari tebakan atau pengetahuan yang belum lengkap. Penggunaan tingkat keyakinan, alasan terbuka, dan tugas translasi representasi membantu memisahkan miskonsepsi kuat dari ketidakpastian biasa. (Brandriet & Bretz, 2014; Koriati, 1997)

Guru juga perlu mengamati bahasa spontan, gambar, pilihan simbol, urutan langkah, dan tindakan selama praktikum. Konsepsi yang tidak tampak pada definisi sering muncul ketika peserta didik harus menjelaskan mengapa, memprediksi perubahan, atau membangun diagram partikel. Bukti terbaik biasanya berasal dari triangulasi: jawaban tertulis, wawancara singkat, representasi visual, dan kinerja pada kasus baru. (Gkitzia et al., 2020; Taber, 2002a)

4.5.4 Pembedaan dari Kesalahan Lain

Kesalahan aritmetika, salah baca satuan, kelalaian, atau keterbatasan kosakata dapat menghasilkan jawaban salah tanpa membentuk miskonsepsi. Karena itu, guru perlu menanyakan apakah peserta didik mempunyai hubungan konseptual alternatif yang digunakan secara konsisten. Kesalahan satu kali yang segera disadari setelah ditunjukkan berbeda dari gagasan yang dipertahankan melalui penjelasan dan contoh. Pembedaan ini menentukan jenis intervensi: latihan prosedural, dukungan bahasa, atau perubahan konseptual. (Nakhleh, 1992; Treagust, 1988)

Pengetahuan parsial juga tidak selalu merupakan miskonsepsi. Peserta didik mungkin mengetahui bahwa katalis mempercepat reaksi tetapi belum memahami jalur alternatif dan

energi aktivasi. Keadaan tersebut menjadi miskonsepsi ketika ia menambahkan hubungan keliru, misalnya katalis menaikkan energi pereaksi atau mengubah tetapan kesetimbangan. Diagnosis harus mengidentifikasi apa yang benar, apa yang belum ada, dan apa yang secara aktif salah. (Taber, 2001b; Talanquer, 2015)

Dalam konteks gambar, diagram, dan ilustrasi, pembedaan tersebut makin penting karena satu respons dapat memiliki beberapa asal. Guru sebaiknya menelusuri kapan gagasan pertama kali digunakan, sumber apa yang dianggap meyakinkan, dan pada konteks mana gagasan berubah. Data itu memberi dasar untuk intervensi yang tepat sasaran dan mencegah tindakan umum seperti mengulang ceramah atau menambah soal tanpa memperbaiki penyebab. (Johnstone, 2000; Gkitzia et al., 2011)

4.5.5 Materi, Zat, dan Perubahan

Pada topik materi, zat, dan perubahan, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa materi tersusun atas partikel, identitas zat ditentukan oleh jenis dan susunan partikelnya, serta perubahan fisika perlu dibedakan dari perubahan kimia berdasarkan perubahan identitas kimia. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Johnstone, 2000; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan gambar, diagram, dan ilustrasi, masalah yang sering muncul ialah ketika warna partikel dan jarak antarpelukisan dibaca sebagai warna serta ruang kosong literal dalam zat. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Gkitzia et al., 2020; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Ke mana partikel air pergi ketika pakaian mengering, dan apakah jumlah materi benar-benar berkurang?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan massa sistem terbuka dan tertutup, menyusun diagram partikel sebelum-sesudah, serta membedakan bukti

observasional dari inferensi tentang partikel. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Johnstone, 2000; Taber, 2002a)

4.5.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron

Pada topik struktur atom dan konfigurasi elektron, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa model atom adalah representasi teoretis dengan domain berlaku tertentu; elektron tidak berada pada lintasan planet yang kaku, dan konfigurasi elektron berkaitan dengan keadaan energi serta probabilitas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Gkitzia et al., 2011; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan gambar, diagram, dan ilustrasi, masalah yang sering muncul ialah ketika lingkaran konsentris model atom dipahami sebagai jalur material yang ditempati elektron. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Johnstone, 2000; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah elektron mempunyai lintasan pasti seperti planet, dan apa yang sebenarnya dinyatakan oleh orbital?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan beberapa model atom, menjelaskan fungsi dan batas setiap model, serta menggunakan peta perubahan model berdasarkan bukti eksperimen. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan

ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Nyachwaya & Wood, 2014; Taber, 2002a)

4.5.7 Sistem Periodik dan Periodisitas

Pada topik sistem periodik dan periodisitas, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penyarungan, dan jarak elektron; kecenderungan periodik bersifat pola dengan pengecualian yang harus dipahami secara kausal. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Nyachwaya & Wood, 2014; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan gambar, diagram, dan ilustrasi, masalah yang sering muncul ialah ketika panah tren periodik dianggap hukum tanpa skala, data, atau penjelasan mekanisme. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Nyachwaya & Wood, 2014; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Gkitzia et al., 2011; Taber, 2002a)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penyarungan, dan jarak elektron	Menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian
Miskonsepsi	Tren periodik dihafal sebagai arah panah mutlak, nomor periode dianggap jumlah elektron valensi, dan ukuran atom ditentukan hanya oleh jumlah kulit	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?
Sumber	Panah tren periodik dianggap hukum tanpa skala, data, atau penjelasan mekanisme	Periksa peran gambar, diagram, dan ilustrasi bersama sumber penguat lain.

4.5.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul

Pada topik ikatan kimia, struktur zat, dan gaya antarmolekul, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa ikatan dan gaya antarmolekul harus dibedakan; struktur zat ditentukan oleh distribusi elektron, interaksi elektrostatis, energi sistem, dan organisasi partikel pada berbagai skala. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Gkitzia et al., 2020; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan gambar, diagram, dan ilustrasi, masalah yang sering muncul ialah ketika batang pada model bola-dan-tongkat dianggap ikatan padat dan ukuran bola dianggap ukuran atom sebenarnya. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Johnstone, 2000; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang diputus ketika air mendidih: ikatan O–H atau interaksi antarmolekul?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau

prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan struktur diskrit, kisi ionik, logam, dan jaringan kovalen sambil menghubungkan struktur dengan sifat. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Gkitzia et al., 2020; Gkitzia et al., 2011)

4.5.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi

Pada topik mol, stoikiometri, dan persamaan reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa mol adalah satuan jumlah zat yang menghubungkan entitas pada tingkat partikel dengan besaran makroskopik; koefisien reaksi menyatakan perbandingan jumlah entitas atau mol, bukan perbandingan massa secara langsung. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Johnstone, 2000; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan gambar, diagram, dan ilustrasi, masalah yang sering muncul ialah ketika angka, indeks, koefisien, dan gambar partikel tidak dikoordinasikan sehingga kuantitas dibaca keliru. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Johnstone, 2000; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa satu mol oksigen dan satu mol besi mengandung jumlah entitas yang sama tetapi bermassa berbeda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi.

Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan persamaan reaksi, model partikel, tabel jumlah mol, dan alasan kuantitatif pada setiap langkah perhitungan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Nyachwaya & Wood, 2014; Meyer & Pietzner, 2022)

4.5.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit

Pada topik larutan, konsentrasi, kelarutan, dan elektrolit, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel; konsentrasi berbeda dari kekuatan, kelarutan bergantung pada kondisi, dan konduktivitas memerlukan pembawa muatan yang dapat bergerak. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Gkitzia et al., 2011; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan gambar, diagram, dan ilustrasi, masalah yang sering muncul ialah ketika gambar larutan menampilkan jumlah partikel tidak proporsional atau tidak membedakan molekul terlarut, ion, dan pelarut. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Nyachwaya & Wood, 2014; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila

alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Nyachwaya & Wood, 2014; Gkitzia et al., 2011)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel	Menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi
Miskonsepsi	Larutan jenuh dianggap tidak memiliki ruang, zat terlarut lenyap, asam kuat selalu pekat, dan semua senyawa ionik selalu menghantarkan listrik	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?
Sumber	Gambar larutan menampilkan jumlah partikel tidak proporsional atau tidak membedakan molekul terlarut, ion, dan pelarut	Periksa peran gambar, diagram, dan ilustrasi bersama sumber penguat lain.

4.5.11 Termokimia dan Termodinamika

Pada topik termokimia dan termodinamika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa kalor adalah energi yang berpindah karena perbedaan suhu, suhu berkaitan dengan distribusi energi kinetik, dan spontanitas tidak identik dengan kecepatan reaksi. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan

representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Nyachwaya & Wood, 2014; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan gambar, diagram, dan ilustrasi, masalah yang sering muncul ialah ketika diagram profil energi dibaca sebagai lintasan ruang yang dilalui molekul. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Gkitzia et al., 2011; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Dapatkah proses endoterm berlangsung spontan, dan apakah spontan berarti terjadi seketika?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menetapkan sistem-lingkungan, menggambar diagram energi, membedakan aspek termodinamika dari kinetika, dan menafsirkan tanda besaran. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Johnstone, 2000; Gkitzia et al., 2011)

4.5.12 Laju Reaksi dan Kinetika

Pada topik laju reaksi dan kinetika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa laju reaksi ditentukan oleh mekanisme, frekuensi serta orientasi tumbukan efektif, distribusi energi, dan konsentrasi spesies yang terlibat dalam tahap elementer. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Gkitzia et al., 2020; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan gambar, diagram, dan ilustrasi, masalah yang sering muncul ialah ketika grafik laju dan distribusi energi dibaca hanya dari tinggi garis tanpa memahami luas, gradien, atau kondisi. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Nyachwaya & Wood, 2014; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa kenaikan suhu dapat meningkatkan laju jauh lebih besar daripada sekadar kenaikan kecepatan rata-rata partikel?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan data laju, grafik distribusi energi, mekanisme reaksi, serta model tumbukan dengan asumsi yang dinyatakan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Gkitzia et al., 2011; Taber, 2002a)

4.5.13 Keseimbangan Kimia

Pada topik keseimbangan kimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa keseimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Johnstone, 2000; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan gambar, diagram, dan ilustrasi, masalah yang sering muncul ialah ketika panah dua arah dipahami sebagai gerak bolak-balik satu molekul, bukan dua proses populasi. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan

menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Gkitzia et al., 2011; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis Q dan K. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Nyachwaya & Wood, 2014; Meyer & Pietzner, 2022)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Kesetimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu	Menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis q dan k
Miskonsepsi	Reaksi berhenti pada kesetimbangan, konsentrasi pereaksi dan produk harus sama, dan katalis menggeser kesetimbangan	Minta alasan atas pertanyaan: Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Sumber	Panah dua arah dipahami sebagai gerak bolak-balik satu molekul, bukan dua proses populasi	Periksa peran gambar, diagram, dan ilustrasi bersama sumber penguat lain.

4.5.14 Asam, Basa, dan pH

Pada topik asam, basa, dan pH, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa asam-basa bergantung pada kerangka teori dan pasangan reaksi; kekuatan berbeda dari konsentrasi, sedangkan pH berskala logaritmik dan bergantung pada kondisi larutan. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Gkitzia et al., 2011; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan gambar, diagram, dan ilustrasi, masalah yang sering muncul ialah ketika skala pH berwarna diperlakukan sebagai skala linier dan warna dianggap sifat intrinsik ion hidrogen. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Gkitzia et al., 2020; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah larutan asam lemah yang pekat dapat memiliki pH lebih rendah daripada larutan asam kuat yang sangat encer?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan derajat ionisasi dan konsentrasi, menggunakan garis bilangan logaritmik, serta menguji berbagai pasangan asam-basa. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan

menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Nyachwaya & Wood, 2014; Gkitzia et al., 2011)

4.5.15 Redoks dan Elektrokimia

Pada topik redoks dan elektrokimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa oksidasi-reduksi melibatkan perubahan bilangan oksidasi dan transfer elektron secara konseptual; potensial sel adalah besaran intensif dan arah aliran elektron harus dibedakan dari arus konvensional. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Nyachwaya & Wood, 2014; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan gambar, diagram, dan ilustrasi, masalah yang sering muncul ialah ketika diagram sel tidak memberi legenda aliran elektron, ion, dan arus sehingga arah serta tanda tertukar. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Johnstone, 2000; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa tanda anoda berbeda antara sel galvanik dan sel elektrolisis, tetapi oksidasi tetap terjadi di anoda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melacak elektron, ion, muatan, dan perubahan bilangan oksidasi pada diagram sel yang diberi label lengkap. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Nyachwaya & Wood, 2014; Gkitzia et al., 2011)

4.5.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi

Pada topik kimia organik dan mekanisme reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas; panah lengkung merepresentasikan perpindahan pasangan elektron, bukan gerak atom secara bebas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Gkitzia et al., 2020; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan gambar, diagram, dan ilustrasi, masalah yang sering muncul ialah ketika panah lengkung dibaca sebagai gerak atom, sedangkan stereokimia pada gambar datar diabaikan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Gkitzia et al., 2020; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Gkitzia et al., 2011; Taber, 2002a)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas	Melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur
Miskonsepsi	Rumus struktur dianggap gambar geometris literal, panah mekanisme menunjukkan atom berpindah mengikuti panah, dan semua isomer dianggap memiliki sifat yang sama	Minta alasan atas pertanyaan: Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?
Sumber	Panah lengkung dibaca sebagai gerak atom, sedangkan stereokimia pada gambar datar diabaikan	Periksa peran gambar, diagram, dan ilustrasi bersama sumber penguat lain.

4.5.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Guru perlu membedakan antara kekurangan informasi dan miskonsepsi yang telah terstruktur. Untuk sumber gambar, diagram, dan ilustrasi, diagnosis sebaiknya dimulai dengan peta hipotesis: gagasan apa yang mungkin dimiliki, bukti respons apa yang mendukungnya, dan sumber mana yang mungkin berperan. Peta ini mencegah guru mencari satu kesalahan yang telah diperkirakan sebelumnya. Instrumen dapat menggabungkan pilihan jawaban, alasan, tingkat keyakinan, gambar, tugas prediksi, dan wawancara singkat. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Butir diagnostik perlu menghindari petunjuk bahasa yang terlalu jelas dan harus menilai konsep pada lebih dari satu konteks. Soal numerik dapat dipasangkan dengan soal konseptual yang mempunyai struktur sama. Diagram dapat diminta diterjemahkan ke dalam persamaan dan penjelasan verbal. Dalam praktikum, peserta didik diminta membedakan apa yang diamati, apa yang dihitung, dan apa yang diinferensikan. Kombinasi tersebut mengungkap konsistensi model mental. (Brandriet & Bretz, 2014; Gkitzia et al., 2020)

Hasil diagnosis tidak berhenti pada persentase jawaban salah. Guru perlu mengelompokkan pola alasan, memeriksa konsep prasyarat, serta menelusuri bahan ajar dan praktik yang mungkin menguatkannya. Tindak lanjut dilakukan melalui konferensi singkat, diskusi kelas, revisi bahan, dan asesmen ulang. Dengan cara ini, diagnosis berfungsi sebagai bagian dari

desain pembelajaran, bukan sekadar pelabelan peserta didik. (Taber, 2002a; Duit & Treagust, 2003)

4.5.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran

Intervensi yang efektif harus menargetkan hubungan konsep, bukan hanya mengganti kalimat salah dengan kalimat benar. Guru perlu melakukan analisis konsep sebelum memilih contoh, analogi, gambar, rumus, dan kegiatan. Analisis mencakup atribut kritis, noncontoh, prasyarat, representasi, kemungkinan salah tafsir, serta batas model. Pada sumber gambar, diagram, dan ilustrasi, perhatian khusus diberikan pada memberi legenda dan caption, mengajarkan cara membaca representasi, memperlihatkan beberapa model, serta meminta translasi antarrepresentasi. Pencegahan harus tampak dalam tujuan, urutan, aktivitas, dan asesmen. (Johnstone, 2000; Gkitzia et al., 2011)

Desain pembelajaran yang kuat menghubungkan tiga lapisan. Lapisan pertama adalah fenomena atau data yang memberi alasan untuk belajar. Lapisan kedua adalah model yang menjelaskan fenomena. Lapisan ketiga adalah simbol dan perhitungan yang memadatkan hubungan. Perpindahan antar lapisan tidak boleh diasumsikan terjadi otomatis. Guru perlu memodelkan proses penerjemahan, menanyakan makna setiap simbol, dan menilai konsistensi penjelasan. (Johnstone, 2000; Gkitzia et al., 2020)

Pencegahan juga memerlukan pengelolaan bahasa dan metakognisi. Peserta didik diberi kesempatan menandai kata bermakna ganda, menyatakan tingkat keyakinan, dan menuliskan perubahan pemahaman. Guru dapat menggunakan kalimat seperti “model ini berguna untuk menjelaskan..., tetapi tidak menunjukkan...”. Kebiasaan tersebut membangun kewaspadaan epistemik dan mengurangi kecenderungan memperlakukan model, analogi, atau aturan sebagai realitas harfiah. (Koriat, 1997; Meyer & Pietzner, 2022)

4.5.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual

Remediasi dimulai dengan mengakui bahwa konsepsi awal memiliki alasan bagi peserta didik. Guru tidak cukup menyatakan “itu salah”, melainkan meminta peserta didik mengartikulasikan prediksi dan dasar pikirnya. Setelah itu disajikan kasus yang membedakan daya jelas konsepsi awal dan model ilmiah. Anomali harus dapat dipahami, relevan, dan diikuti penjelasan alternatif; jika tidak, peserta didik dapat mengabaikannya sebagai pengecualian. (Vosniadou, 1994; Duit & Treagust, 2003)

Tahap berikutnya adalah rekonstruksi. Peserta didik menyusun model baru melalui contoh beragam, noncontoh, peta konsep, dan translasi representasi. Guru menekankan hubungan yang berubah, bukan hanya jawaban. Pada sumber gambar, diagram, dan ilustrasi, rekonstruksi harus sekaligus memperbaiki sumber penguat—misalnya istilah, gambar, lembar kerja, atau pola asesmen. Tanpa perubahan lingkungan belajar, konsepsi lama mudah kembali aktif. (Smith et al., 1994; Mortimer, 1995)

Tahap terakhir adalah konsolidasi dan transfer. Peserta didik menggunakan konsep pada situasi baru, menjelaskan batasnya, membandingkan dengan konsep berdekatan, dan

mengevaluasi informasi dari sumber lain. Asesmen ulang dilakukan setelah jeda untuk melihat ketahanan perubahan. Remediasi dinilai berhasil apabila peserta didik tidak hanya memilih jawaban ilmiah, tetapi dapat memberikan alasan yang konsisten dan menilai kewajaran representasi serta hasil. (Taber, 2002a; Treagust, 1988)

4.5.20 Sintesis Subbab

Sumber gambar, diagram, dan ilustrasi berkontribusi terhadap miskonsepsi melalui mekanisme berikut: fitur permukaan seperti warna, ukuran, jarak, arah panah, dan tata letak dibaca secara literal ketika konvensi visual tidak dijelaskan. Pengaruhnya terlihat pada seluruh domain kimia, tetapi bentuk konkret berbeda menurut tingkat representasi, prasyarat, dan aktivitas. Karena itu, guru harus menghindari kesimpulan bahwa satu strategi dapat memperbaiki semua miskonsepsi. Intervensi perlu mempertimbangkan isi konsep dan sumber yang menguatkannya. (Johnstone, 2000; Gkitzia et al., 2011; Nyachwaya & Wood, 2014; Gkitzia et al., 2020)

Inti diagnosis adalah membedakan gejala, konsepsi, dan sumber. Gejala merupakan respons yang tampak; konsepsi adalah hubungan makna yang digunakan; sumber adalah kondisi yang membentuk atau menguatkan hubungan tersebut. Pembedaan ini memungkinkan tindakan yang presisi. Jawaban salah akibat ketidaktelitian tidak memerlukan konflik konseptual, sedangkan miskonsepsi berkeyakinan tinggi tidak cukup diatasi dengan latihan tambahan. (Hasan et al., 1999; Brandriet & Bretz, 2014)

Implikasi utamanya adalah memberi legenda dan caption, mengajarkan cara membaca representasi, memperlihatkan beberapa model, serta meminta translasi antarrepresentasi. Pencegahan terbaik bukan menghilangkan seluruh penyederhanaan, pengalaman, atau media, melainkan mengelolanya secara epistemik: tujuan dinyatakan, batas dibahas, hubungan antarrepresentasi dibangun, dan bukti digunakan untuk mengevaluasi model. Prinsip ini menjadi jembatan menuju subbab berikutnya, karena sumber miskonsepsi selalu berinteraksi dengan sumber lain dalam ekosistem pembelajaran. (Taber, 2001b; Duit & Treagust, 2003)

4.5.21 Checklist Audit Sumber

Checklist berikut digunakan untuk menilai apakah gambar, diagram, dan ilustrasi berpotensi membentuk atau menguatkan miskonsepsi. Setiap butir sebaiknya dijawab berdasarkan bukti konkret dari materi, rekaman pembelajaran, respons peserta didik, atau hasil asesmen. Jawaban “ya” bukan vonis bahwa miskonsepsi pasti terjadi, tetapi penanda perlunya pemeriksaan lebih lanjut. (Johnstone, 2000; Gkitzia et al., 2011)

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
1	Apakah gambar, diagram, dan ilustrasi menggunakan istilah, model, atau aturan tanpa menjelaskan batas dan syarat?	☐

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
2	Apakah hubungan antara fenomena, partikel, simbol, grafik, dan perhitungan dinyatakan secara eksplisit?	☐
3	Apakah contoh dan noncontoh cukup bervariasi untuk memperjelas atribut kritis?	☐
4	Apakah peserta didik diminta memberikan alasan, bukan hanya jawaban atau hasil hitung?	☐
5	Apakah terdapat peluang untuk membandingkan prediksi dengan bukti dan merevisi model?	☐
6	Apakah konsep prasyarat diperiksa sebelum materi lanjutan diperkenalkan?	☐
7	Apakah bahasa atau visual berpotensi dibaca secara literal atau antropomorfis?	☐
8	Apakah asesmen memberi penghargaan pada pemahaman, translasi representasi, dan transfer?	☐
9	Apakah sumber lain—buku, media, praktikum, atau teman—mengulang gagasan yang sama?	☐
10	Apakah perubahan pemahaman diperiksa kembali setelah jeda dan pada konteks baru?	☐

4.6 Analogi yang Tidak Tepat

Masalah ini menjadi penting karena perbandingan antara konsep target dan domain yang telah dikenal, tetapi kesamaan, perbedaan, atau batas analoginya tidak dipetakan secara eksplisit. Sumber ini tidak bekerja sebagai penyebab tunggal yang langsung menghasilkan satu jawaban salah. Ia menyediakan kerangka interpretasi yang menentukan informasi mana yang diperhatikan, istilah mana yang dianggap penting, dan hubungan sebab-akibat apa yang terasa masuk akal. Dalam kimia, kerangka semacam itu sangat berpengaruh karena banyak entitas dan proses tidak dapat diamati secara langsung. Peserta didik harus bergerak dari gejala makroskopik menuju model submikroskopik dan notasi simbolik. Apabila jembatan tersebut tidak dibangun, pemahaman mudah diisi oleh gagasan yang paling tersedia secara mental. (Duit, 1991; Orgill & Bodner, 2004)

Mekanisme utamanya dapat diringkas sebagai berikut: atribut analog yang mudah dibayangkan dipindahkan secara berlebihan kepada konsep kimia sehingga gambaran bantu berubah menjadi penjelasan literal. Proses ini menghasilkan konsepsi yang sering kali koheren dari sudut pandang peserta didik. Karena koheren, konsepsi tersebut tidak selalu terasa sebagai kesalahan. Ia dapat digunakan untuk menjawab soal rutin, menjelaskan pengalaman tertentu, dan bahkan memperoleh penguatan dari teman, guru, atau sumber belajar. Oleh sebab itu, koreksi yang hanya menyampaikan definisi ilmiah belum tentu cukup. Guru perlu memahami asal, fungsi, dan jaringan gagasan yang menopang konsepsi tersebut. (Orgill & Bodner, 2004; Raviolo & Garritz, 2009)

Ciri yang patut dicermati adalah peserta didik mempertahankan unsur analogi yang sebenarnya tidak relevan, misalnya niat, bentuk fisik, arah, atau kesetaraan kuantitatif. Miskonsepsi tidak sama dengan lupa, salah hitung, atau tidak pernah belajar. Miskonsepsi mempunyai struktur alasan tertentu dan sering disertai tingkat keyakinan. Peserta didik mungkin mengganti kata yang digunakan, tetapi mempertahankan pola penalaran yang sama. Untuk itu, analisis sumber miskonsepsi perlu menghubungkan respons peserta didik dengan konteks pembelajaran, representasi yang digunakan, urutan materi, serta jenis umpan balik yang pernah diterima. (Raviolo & Garritz, 2009; Talanquer, 2013)

Prinsip pencegahan yang relevan adalah memilih analogi berdasarkan tujuan, memetakan korespondensi, membahas titik putus, menggunakan lebih dari satu analogi, dan mengakhiri dengan model ilmiah. Tujuannya bukan meniadakan seluruh pengetahuan awal atau menyederhanakan materi secara ekstrem, melainkan membangun jalur perubahan konseptual. Jalur tersebut harus membuat peserta didik menyadari batas gagasan lama, memahami daya jelas model ilmiah, dan mampu menggunakan konsep pada konteks baru. Bab ini karena itu menempatkan setiap sumber miskonsepsi sebagai bagian dari ekosistem belajar yang dapat didiagnosis dan diperbaiki secara sistematis. (Duit, 1991; Talanquer, 2013)

4.6.1 Kedudukan Analogi yang Tidak Tepat sebagai Sumber Miskonsepsi

Secara konseptual, sumber analogi yang tidak tepat perlu dibedakan dari miskonsepsi yang tampak pada jawaban. Sumber adalah kondisi yang menyediakan bahan, arah, atau penguatan bagi pembentukan konsepsi; miskonsepsi adalah struktur pemahaman yang tidak selaras dengan pengetahuan ilmiah yang diterima. Pembedaan ini mencegah guru menyimpulkan bahwa setiap jawaban salah pasti berasal dari faktor yang sama. Dua peserta didik dapat memberikan jawaban identik, tetapi satu berangkat dari makna bahasa, sedangkan yang lain meniru diagram atau aturan yang pernah dipelajari. (Duit, 1991; Orgill & Bodner, 2004)

Kedudukan sumber juga bersifat probabilistik. Perbandingan antara konsep target dan domain yang telah dikenal, tetapi kesamaan, perbedaan, atau batas analoginya tidak dipetakan secara eksplisit tidak otomatis menghasilkan miskonsepsi pada semua peserta didik. Pengaruhnya bergantung pada pengetahuan prasyarat, perhatian, kualitas penjelasan, frekuensi pengulangan, konteks sosial, dan kesempatan memperoleh umpan balik. Peserta

didik yang memiliki jaringan konsep kuat dapat menafsirkan sumber yang kurang sempurna secara kritis, sedangkan peserta didik lain mungkin mengintegrasikannya secara literal. Karena itu, pencegahan harus memperkuat kemampuan interpretasi, bukan hanya menyaring materi. (Orgill & Bodner, 2004; Raviolo & Garritz, 2009)

Dalam kimia, kerentanan tersebut meningkat karena makna harus dikoordinasikan antara fenomena, partikel, simbol, model, grafik, dan perhitungan. Sumber yang tampak kecil—misalnya satu kata, warna, panah, atau contoh—dapat mengubah hubungan antartingkat representasi. Kesalahan itu kemudian menjalar. Kekeliruan membedakan partikel dengan zat dapat memengaruhi ikatan, larutan, stoikiometri, kesetimbangan, dan elektrokimia. Oleh sebab itu, analisis sumber perlu memeriksa tidak hanya isi pernyataan, tetapi juga fungsi representasi dan hubungan yang dibangun. (Johnstone, 2000; Taber, 2001a)

4.6.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan

Hal penting yang perlu ditegaskan ialah bahwa atribut analog yang mudah dibayangkan dipindahkan secara berlebihan kepada konsep kimia sehingga gambaran bantu berubah menjadi penjelasan literal. Pada tahap awal, peserta didik memilih petunjuk yang paling menonjol. Petunjuk itu dihubungkan dengan skema yang telah tersedia. Ketika hasilnya cukup berhasil untuk menjawab pertanyaan atau menjelaskan satu pengalaman, hubungan tersebut menjadi lebih mudah diaktifkan kembali. Pengulangan tanpa koreksi meningkatkan kelancaran pemrosesan, dan kelancaran sering keliru ditafsirkan sebagai kebenaran. (Duit, 1991; Koriati, 1997)

Penguatan dapat terjadi melalui empat jalur. Pertama, konsistensi internal: gagasan terasa cocok dengan asumsi lain yang telah dimiliki. Kedua, konsistensi sosial: teman, guru, buku, atau media menggunakan ungkapan serupa. Ketiga, keberhasilan instrumental: algoritma atau aturan menghasilkan jawaban yang dinilai benar. Keempat, ketiadaan anomali yang diproses secara sadar. Peserta didik mungkin telah melihat data yang tidak sesuai, tetapi menafsirkannya sebagai pengecualian atau kesalahan eksperimen. Jalur-jalur ini menjelaskan ketahanan miskonsepsi. (Smith et al., 1994; Duit & Treagust, 2003)

Hubungan antara sumber dan konsepsi juga dapat berubah sepanjang waktu. Sebuah penyederhanaan yang awalnya membantu dapat menjadi hambatan pada materi lanjutan. Sebaliknya, pengalaman yang semula menyesatkan dapat berfungsi sebagai titik awal diskusi ketika guru meminta prediksi, menghadirkan bukti pembandingan, dan membangun model yang lebih luas. Dengan demikian, persoalannya bukan hanya apakah sumber itu benar atau salah, melainkan bagaimana sumber tersebut diposisikan, dibatasi, dan direvisi dalam urutan belajar. (Raviolo & Garritz, 2009; Talanquer, 2013)

4.6.3 Indikator pada Respons Peserta Didik

Indikator yang paling berguna muncul ketika peserta didik diminta memprediksi dan memberikan alasan. Indikator pertama adalah konsistensi alasan. Respons yang sama muncul pada pertanyaan berbeda karena peserta didik menggunakan aturan inti yang sama. Indikator

kedua adalah transfer yang salah: aturan yang benar pada satu konteks diterapkan pada konteks lain tanpa memeriksa syarat. Indikator ketiga adalah ketergantungan pada fitur permukaan. Perubahan angka, gambar, atau istilah dapat mengubah jawaban meskipun struktur kimianya tetap. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Indikator lain adalah tingkat keyakinan yang tidak sejalan dengan kualitas alasan. Peserta didik dapat sangat yakin karena jawaban terasa familiar, pernah memperoleh nilai, atau cocok dengan sumber yang dianggap otoritatif. Keadaan ini berbeda dari tebakan atau pengetahuan yang belum lengkap. Penggunaan tingkat keyakinan, alasan terbuka, dan tugas translasi representasi membantu memisahkan miskonsepsi kuat dari ketidakpastian biasa. (Brandriet & Bretz, 2014; Koriati, 1997)

Guru juga perlu mengamati bahasa spontan, gambar, pilihan simbol, urutan langkah, dan tindakan selama praktikum. Konsepsi yang tidak tampak pada definisi sering muncul ketika peserta didik harus menjelaskan mengapa, memprediksi perubahan, atau membangun diagram partikel. Bukti terbaik biasanya berasal dari triangulasi: jawaban tertulis, wawancara singkat, representasi visual, dan kinerja pada kasus baru. (Gkitzia et al., 2020; Taber, 2002a)

4.6.4 Pembedaan dari Kesalahan Lain

Kesalahan aritmetika, salah baca satuan, kelalaian, atau keterbatasan kosakata dapat menghasilkan jawaban salah tanpa membentuk miskonsepsi. Karena itu, guru perlu menanyakan apakah peserta didik mempunyai hubungan konseptual alternatif yang digunakan secara konsisten. Kesalahan satu kali yang segera disadari setelah ditunjukkan berbeda dari gagasan yang dipertahankan melalui penjelasan dan contoh. Pembedaan ini menentukan jenis intervensi: latihan prosedural, dukungan bahasa, atau perubahan konseptual. (Nakhleh, 1992; Treagust, 1988)

Pengetahuan parsial juga tidak selalu merupakan miskonsepsi. Peserta didik mungkin mengetahui bahwa katalis mempercepat reaksi tetapi belum memahami jalur alternatif dan energi aktivasi. Keadaan tersebut menjadi miskonsepsi ketika ia menambahkan hubungan keliru, misalnya katalis menaikkan energi pereaksi atau mengubah tetapan kesetimbangan. Diagnosis harus mengidentifikasi apa yang benar, apa yang belum ada, dan apa yang secara aktif salah. (Taber, 2001b; Talanquer, 2015)

Dalam konteks analogi yang tidak tepat, pembedaan tersebut makin penting karena satu respons dapat memiliki beberapa asal. Guru sebaiknya menelusuri kapan gagasan pertama kali digunakan, sumber apa yang dianggap meyakinkan, dan pada konteks mana gagasan berubah. Data itu memberi dasar untuk intervensi yang tepat sasaran dan mencegah tindakan umum seperti mengulang ceramah atau menambah soal tanpa memperbaiki penyebab. (Duit, 1991; Orgill & Bodner, 2004)

4.6.5 Materi, Zat, dan Perubahan

Pada topik materi, zat, dan perubahan, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa materi tersusun atas partikel, identitas zat ditentukan oleh jenis dan susunan

partikelnya, serta perubahan fisika perlu dibedakan dari perubahan kimia berdasarkan perubahan identitas kimia. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Duit, 1991; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan analogi yang tidak tepat, masalah yang sering muncul ialah ketika analogi kerumunan, pasir, atau wadah menekankan keterisian ruang dan mengaburkan konservasi partikel. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Talanquer, 2013; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Ke mana partikel air pergi ketika pakaian mengering, dan apakah jumlah materi benar-benar berkurang?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan massa sistem terbuka dan tertutup, menyusun diagram partikel sebelum-sesudah, serta membedakan bukti observasional dari inferensi tentang partikel. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Orgill & Bodner, 2004; Gkitzia et al., 2011)

4.6.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron

Pada topik struktur atom dan konfigurasi elektron, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa model atom adalah representasi teoretis dengan domain berlaku tertentu; elektron tidak berada pada lintasan planet yang kaku, dan konfigurasi elektron berkaitan dengan keadaan energi serta probabilitas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan

noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Orgill & Bodner, 2004; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan analogi yang tidak tepat, masalah yang sering muncul ialah ketika analogi tata surya memperkuat lintasan elektron yang pasti dan menutupi sifat probabilistik orbital. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Raviolo & Garritz, 2009; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah elektron mempunyai lintasan pasti seperti planet, dan apa yang sebenarnya dinyatakan oleh orbital?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan beberapa model atom, menjelaskan fungsi dan batas setiap model, serta menggunakan peta perubahan model berdasarkan bukti eksperimen. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Talanquer, 2013; Gkitzia et al., 2011)

4.6.7 Sistem Periodik dan Periodisitas

Pada topik sistem periodik dan periodisitas, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penyarungan, dan jarak elektron; kecenderungan periodik bersifat pola dengan pengecualian yang harus dipahami secara kausal. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat

hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Raviolo & Garritz, 2009; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan analogi yang tidak tepat, masalah yang sering muncul ialah ketika analogi tangga atau peringkat membuat tren periodik tampak linier dan bebas pengecualian. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Duit, 1991; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Orgill & Bodner, 2004; Taber, 2002a)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penyarungan, dan jarak elektron	Menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian
Miskonsepsi	Tren periodik dihafal sebagai arah panah mutlak, nomor periode dianggap jumlah elektron valensi, dan ukuran	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
	atom ditentukan hanya oleh jumlah kulit	
Sumber	Analogi tangga atau peringkat membuat tren periodik tampak linier dan bebas pengecualian	Periksa peran analogi yang tidak tepat bersama sumber penguat lain.

4.6.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul

Pada topik ikatan kimia, struktur zat, dan gaya antarmolekul, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa ikatan dan gaya antarmolekul harus dibedakan; struktur zat ditentukan oleh distribusi elektron, interaksi elektrostatis, energi sistem, dan organisasi partikel pada berbagai skala. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Talanquer, 2013; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan analogi yang tidak tepat, masalah yang sering muncul ialah ketika analogi kait, tangan, tali, atau perkawinan menambahkan niat, bentuk, dan lokalisasi yang tidak tepat pada ikatan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Talanquer, 2013; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang diputus ketika air mendidih: ikatan O–H atau interaksi antarmolekul?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan struktur diskrit, kisi ionik, logam, dan jaringan kovalen sambil menghubungkan struktur dengan sifat. Kegiatan

harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Talanquer, 2013; Taber, 2002a)

4.6.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi

Pada topik mol, stoikiometri, dan persamaan reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa mol adalah satuan jumlah zat yang menghubungkan entitas pada tingkat partikel dengan besaran makroskopik; koefisien reaksi menyatakan perbandingan jumlah entitas atau mol, bukan perbandingan massa secara langsung. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Duit, 1991; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan analogi yang tidak tepat, masalah yang sering muncul ialah ketika analogi lusin membantu jumlah tetapi gagal menjelaskan identitas entitas dan massa molar. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Raviolo & Garritz, 2009; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa satu mol oksigen dan satu mol besi mengandung jumlah entitas yang sama tetapi bermassa berbeda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan persamaan reaksi, model partikel, tabel jumlah mol, dan alasan kuantitatif pada setiap langkah perhitungan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan

menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Raviolo & Garritz, 2009; Gkitzia et al., 2011)

4.6.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit

Pada topik larutan, konsentrasi, kelarutan, dan elektrolit, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel; konsentrasi berbeda dari kekuatan, kelarutan bergantung pada kondisi, dan konduktivitas memerlukan pembawa muatan yang dapat bergerak. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Orgill & Bodner, 2004; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan analogi yang tidak tepat, masalah yang sering muncul ialah ketika analogi gula dalam teh atau kursi penuh menyederhanakan pelarutan dan kejenuhan sebagai sekadar ruang. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Raviolo & Garritz, 2009; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk

memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Orgill & Bodner, 2004; Gkitzia et al., 2011)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel	Menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi
Miskonsepsi	Larutan jenuh dianggap tidak memiliki ruang, zat terlarut lenyap, asam kuat selalu pekat, dan semua senyawa ionik selalu menghantarkan listrik	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?
Sumber	Analogi gula dalam teh atau kursi penuh menyederhanakan pelarutan dan kejenuhan sebagai sekadar ruang	Periksa peran analogi yang tidak tepat bersama sumber penguat lain.

4.6.11 Termokimia dan Termodinamika

Pada topik termokimia dan termodinamika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa kalor adalah energi yang berpindah karena perbedaan suhu, suhu berkaitan dengan distribusi energi kinetik, dan spontanitas tidak identik dengan kecepatan reaksi. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Raviolo & Garritz, 2009; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan analogi yang tidak tepat, masalah yang sering muncul ialah ketika analogi uang atau isi tangki membuat energi dan kalor diperlakukan sebagai zat yang tersimpan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau

aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Raviolo & Garritz, 2009; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Dapatkah proses endoterm berlangsung spontan, dan apakah spontan berarti terjadi seketika?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menetapkan sistem-lingkungan, menggambar diagram energi, membedakan aspek termodinamika dari kinetika, dan menafsirkan tanda besaran. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Talanquer, 2013; Gkitzia et al., 2011)

4.6.12 Laju Reaksi dan Kinetika

Pada topik laju reaksi dan kinetika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa laju reaksi ditentukan oleh mekanisme, frekuensi serta orientasi tumbukan efektif, distribusi energi, dan konsentrasi spesies yang terlibat dalam tahap elementer. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Talanquer, 2013; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan analogi yang tidak tepat, masalah yang sering muncul ialah ketika analogi jalan alternatif untuk katalis dipakai tanpa menjelaskan mekanisme, distribusi energi, dan regenerasi katalis. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Raviolo & Garritz, 2009; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa kenaikan suhu dapat meningkatkan laju jauh lebih besar daripada sekadar kenaikan kecepatan rata-rata partikel?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan data laju, grafik distribusi energi, mekanisme reaksi, serta model tumbukan dengan asumsi yang dinyatakan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Duit, 1991; Gkitzia et al., 2011)

4.6.13 Keseimbangan Kimia

Pada topik keseimbangan kimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa keseimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Duit, 1991; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan analogi yang tidak tepat, masalah yang sering muncul ialah ketika analogi timbangan, dua eskalator, atau pertandingan dapat menyiratkan jumlah sama atau dua sisi terpisah. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Duit, 1991; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan

materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis Q dan K. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Raviolo & Garritz, 2009; Taber, 2002a)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Keseimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu	Menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis q dan k
Miskonsepsi	Reaksi berhenti pada keseimbangan, konsentrasi pereaksi dan produk harus sama, dan katalis menggeser keseimbangan	Minta alasan atas pertanyaan: Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?
Sumber	Analogi timbangan, dua eskalator, atau pertandingan dapat menyiratkan jumlah sama atau dua sisi terpisah	Periksa peran analogi yang tidak tepat bersama sumber penguat lain.

4.6.14 Asam, Basa, dan pH

Pada topik asam, basa, dan pH, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa asam-basa bergantung pada kerangka teori dan pasangan reaksi; kekuatan berbeda dari konsentrasi, sedangkan pH berskala logaritmik dan bergantung pada kondisi larutan. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka

perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Orgill & Bodner, 2004; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan analogi yang tidak tepat, masalah yang sering muncul ialah ketika analogi tingkat keasaman dengan rasa atau kekuatan fisik mengaburkan skala logaritmik dan kesetimbangan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Duit, 1991; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah larutan asam lemah yang pekat dapat memiliki pH lebih rendah daripada larutan asam kuat yang sangat encer?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan derajat ionisasi dan konsentrasi, menggunakan garis bilangan logaritmik, serta menguji berbagai pasangan asam-basa. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Talanquer, 2013; Taber, 2002a)

4.6.15 Redoks dan Elektrokimia

Pada topik redoks dan elektrokimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa oksidasi-reduksi melibatkan perubahan bilangan oksidasi dan transfer elektron secara konseptual; potensial sel adalah besaran intensif dan arah aliran elektron harus dibedakan dari arus konvensional. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat

hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Raviolo & Garritz, 2009; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan analogi yang tidak tepat, masalah yang sering muncul ialah ketika analogi pompa dan aliran air dapat menukar potensial, arus, elektron, dan perpindahan ion. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Orgill & Bodner, 2004; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa tanda anoda berbeda antara sel galvanik dan sel elektrolisis, tetapi oksidasi tetap terjadi di anoda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melacak elektron, ion, muatan, dan perubahan bilangan oksidasi pada diagram sel yang diberi label lengkap. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Orgill & Bodner, 2004; Gkitzia et al., 2011)

4.6.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi

Pada topik kimia organik dan mekanisme reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas; panah lengkung merepresentasikan perpindahan pasangan elektron, bukan gerak atom secara bebas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Talanquer, 2013; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan analogi yang tidak tepat, masalah yang sering muncul ialah ketika analogi kunci-gembok atau serangan nukleofil dapat menutupi fleksibilitas, distribusi elektron, dan peluang mekanistik. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Talanquer, 2013; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Talanquer, 2013; Taber, 2002a)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas	Melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur
Miskonsepsi	Rumus struktur dianggap gambar geometris literal, panah mekanisme menunjukkan atom berpindah mengikuti panah, dan	Minta alasan atas pertanyaan: Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
	semua isomer dianggap memiliki sifat yang sama	
Sumber	Analogi kunci-gembok atau serangan nukleofil dapat menutupi fleksibilitas, distribusi elektron, dan peluang mekanistik	Periksa peran analogi yang tidak tepat bersama sumber penguat lain.

4.6.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Indikator yang paling berguna muncul ketika peserta didik diminta memprediksi dan memberikan alasan. Untuk sumber analogi yang tidak tepat, diagnosis sebaiknya dimulai dengan peta hipotesis: gagasan apa yang mungkin dimiliki, bukti respons apa yang mendukungnya, dan sumber mana yang mungkin berperan. Peta ini mencegah guru mencari satu kesalahan yang telah diperkirakan sebelumnya. Instrumen dapat menggabungkan pilihan jawaban, alasan, tingkat keyakinan, gambar, tugas prediksi, dan wawancara singkat. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Butir diagnostik perlu menghindari petunjuk bahasa yang terlalu jelas dan harus menilai konsep pada lebih dari satu konteks. Soal numerik dapat dipasangkan dengan soal konseptual yang mempunyai struktur sama. Diagram dapat diminta diterjemahkan ke dalam persamaan dan penjelasan verbal. Dalam praktikum, peserta didik diminta membedakan apa yang diamati, apa yang dihitung, dan apa yang diinferensikan. Kombinasi tersebut mengungkap konsistensi model mental. (Brandriet & Bretz, 2014; Gkitzia et al., 2020)

Hasil diagnosis tidak berhenti pada persentase jawaban salah. Guru perlu mengelompokkan pola alasan, memeriksa konsep prasyarat, serta menelusuri bahan ajar dan praktik yang mungkin menguatkannya. Tindak lanjut dilakukan melalui konferensi singkat, diskusi kelas, revisi bahan, dan asesmen ulang. Dengan cara ini, diagnosis berfungsi sebagai bagian dari desain pembelajaran, bukan sekadar pelabelan peserta didik. (Taber, 2002a; Duit & Treagust, 2003)

4.6.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran

Intervensi yang efektif harus menargetkan hubungan konsep, bukan hanya mengganti kalimat salah dengan kalimat benar. Guru perlu melakukan analisis konsep sebelum memilih contoh, analogi, gambar, rumus, dan kegiatan. Analisis mencakup atribut kritis, noncontoh, prasyarat, representasi, kemungkinan salah tafsir, serta batas model. Pada sumber analogi yang tidak tepat, perhatian khusus diberikan pada memilih analogi berdasarkan tujuan, memetakan korespondensi, membahas titik putus, menggunakan lebih dari satu analogi, dan mengakhiri

dengan model ilmiah. Pencegahan harus tampak dalam tujuan, urutan, aktivitas, dan asesmen. (Duit, 1991; Orgill & Bodner, 2004)

Desain pembelajaran yang kuat menghubungkan tiga lapisan. Lapisan pertama adalah fenomena atau data yang memberi alasan untuk belajar. Lapisan kedua adalah model yang menjelaskan fenomena. Lapisan ketiga adalah simbol dan perhitungan yang memadatkan hubungan. Perpindahan antar lapisan tidak boleh diasumsikan terjadi otomatis. Guru perlu memodelkan proses penerjemahan, menanyakan makna setiap simbol, dan menilai konsistensi penjelasan. (Johnstone, 2000; Gkitzia et al., 2020)

Pencegahan juga memerlukan pengelolaan bahasa dan metakognisi. Peserta didik diberi kesempatan menandai kata bermakna ganda, menyatakan tingkat keyakinan, dan menuliskan perubahan pemahaman. Guru dapat menggunakan kalimat seperti “model ini berguna untuk menjelaskan..., tetapi tidak menunjukkan...”. Kebiasaan tersebut membangun kewaspadaan epistemik dan mengurangi kecenderungan memperlakukan model, analogi, atau aturan sebagai realitas harfiah. (Koriat, 1997; Meyer & Pietzner, 2022)

4.6.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual

Remediasi dimulai dengan mengakui bahwa konsepsi awal memiliki alasan bagi peserta didik. Guru tidak cukup menyatakan “itu salah”, melainkan meminta peserta didik mengartikulasikan prediksi dan dasar pikirnya. Setelah itu disajikan kasus yang membedakan daya jelas konsepsi awal dan model ilmiah. Anomali harus dapat dipahami, relevan, dan diikuti penjelasan alternatif; jika tidak, peserta didik dapat mengabaikannya sebagai pengecualian. (Vosniadou, 1994; Duit & Treagust, 2003)

Tahap berikutnya adalah rekonstruksi. Peserta didik menyusun model baru melalui contoh beragam, noncontoh, peta konsep, dan translasi representasi. Guru menekankan hubungan yang berubah, bukan hanya jawaban. Pada sumber analogi yang tidak tepat, rekonstruksi harus sekaligus memperbaiki sumber penguat—misalnya istilah, gambar, lembar kerja, atau pola asesmen. Tanpa perubahan lingkungan belajar, konsepsi lama mudah kembali aktif. (Smith et al., 1994; Mortimer, 1995)

Tahap terakhir adalah konsolidasi dan transfer. Peserta didik menggunakan konsep pada situasi baru, menjelaskan batasnya, membandingkan dengan konsep berdekatan, dan mengevaluasi informasi dari sumber lain. Asesmen ulang dilakukan setelah jeda untuk melihat ketahanan perubahan. Remediasi dinilai berhasil apabila peserta didik tidak hanya memilih jawaban ilmiah, tetapi dapat memberikan alasan yang konsisten dan menilai kewajaran representasi serta hasil. (Taber, 2002a; Treagust, 1988)

4.6.20 Sintesis Subbab

Sumber analogi yang tidak tepat berkontribusi terhadap miskonsepsi melalui mekanisme berikut: atribut analog yang mudah dibayangkan dipindahkan secara berlebihan kepada konsep kimia sehingga gambaran bantu berubah menjadi penjelasan literal. Pengaruhnya terlihat pada seluruh domain kimia, tetapi bentuk konkret berbeda menurut tingkat

representasi, prasyarat, dan aktivitas. Karena itu, guru harus menghindari kesimpulan bahwa satu strategi dapat memperbaiki semua miskonsepsi. Intervensi perlu mempertimbangkan isi konsep dan sumber yang menguatkannya. (Duit, 1991; Orgill & Bodner, 2004; Raviolo & Garritz, 2009; Talanquer, 2013)

Inti diagnosis adalah membedakan gejala, konsepsi, dan sumber. Gejala merupakan respons yang tampak; konsepsi adalah hubungan makna yang digunakan; sumber adalah kondisi yang membentuk atau menguatkan hubungan tersebut. Perbedaan ini memungkinkan tindakan yang presisi. Jawaban salah akibat ketidaktelitian tidak memerlukan konflik konseptual, sedangkan miskonsepsi berkeyakinan tinggi tidak cukup diatasi dengan latihan tambahan. (Hasan et al., 1999; Brandriet & Bretz, 2014)

Implikasi utamanya adalah memilih analogi berdasarkan tujuan, memetakan korespondensi, membahas titik putus, menggunakan lebih dari satu analogi, dan mengakhiri dengan model ilmiah. Pencegahan terbaik bukan menghilangkan seluruh penyederhanaan, pengalaman, atau media, melainkan mengelolanya secara epistemik: tujuan dinyatakan, batas dibahas, hubungan antarrepresentasi dibangun, dan bukti digunakan untuk mengevaluasi model. Prinsip ini menjadi jembatan menuju subbab berikutnya, karena sumber miskonsepsi selalu berinteraksi dengan sumber lain dalam ekosistem pembelajaran. (Taber, 2001b; Duit & Treagust, 2003)

4.6.21 Checklist Audit Sumber

Checklist berikut digunakan untuk menilai apakah analogi yang tidak tepat berpotensi membentuk atau menguatkan miskonsepsi. Setiap butir sebaiknya dijawab berdasarkan bukti konkret dari materi, rekaman pembelajaran, respons peserta didik, atau hasil asesmen. Jawaban “ya” bukan vonis bahwa miskonsepsi pasti terjadi, tetapi penanda perlunya pemeriksaan lebih lanjut. (Duit, 1991; Orgill & Bodner, 2004)

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
1	Apakah analogi yang tidak tepat menggunakan istilah, model, atau aturan tanpa menjelaskan batas dan syarat?	☐
2	Apakah hubungan antara fenomena, partikel, simbol, grafik, dan perhitungan dinyatakan secara eksplisit?	☐
3	Apakah contoh dan noncontoh cukup bervariasi untuk memperjelas atribut kritis?	☐
4	Apakah peserta didik diminta memberikan alasan, bukan hanya jawaban atau hasil hitung?	☐

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
5	Apakah terdapat peluang untuk membandingkan prediksi dengan bukti dan merevisi model?	☐
6	Apakah konsep prasyarat diperiksa sebelum materi lanjutan diperkenalkan?	☐
7	Apakah bahasa atau visual berpotensi dibaca secara literal atau antropomorfis?	☐
8	Apakah asesmen memberi penghargaan pada pemahaman, translasi representasi, dan transfer?	☐
9	Apakah sumber lain—buku, media, praktikum, atau teman—mengulang gagasan yang sama?	☐
10	Apakah perubahan pemahaman diperiksa kembali setelah jeda dan pada konteks baru?	☐

4.7 Praktikum yang Tidak Terhubung dengan Konsep

Apabila ditelaah lebih jauh, kegiatan laboratorium yang menekankan pelaksanaan prosedur dan hasil akhir tanpa membangun hubungan eksplisit dengan pertanyaan, model partikel, data, dan penjelasan ilmiah. Sumber ini tidak bekerja sebagai penyebab tunggal yang langsung menghasilkan satu jawaban salah. Ia menyediakan kerangka interpretasi yang menentukan informasi mana yang diperhatikan, istilah mana yang dianggap penting, dan hubungan sebab-akibat apa yang terasa masuk akal. Dalam kimia, kerangka semacam itu sangat berpengaruh karena banyak entitas dan proses tidak dapat diamati secara langsung. Peserta didik harus bergerak dari gejala makroskopik menuju model submikroskopik dan notasi simbolik. Apabila jembatan tersebut tidak dibangun, pemahaman mudah diisi oleh gagasan yang paling tersedia secara mental. (Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007; Reid & Shah, 2007)

Mekanisme utamanya dapat diringkas sebagai berikut: perhatian peserta didik terserap oleh alat, urutan kerja, keselamatan, dan pencatatan sehingga pengamatan tidak diintegrasikan ke dalam jaringan konsep. Proses ini menghasilkan konsepsi yang sering kali koheren dari sudut pandang peserta didik. Karena koheren, konsepsi tersebut tidak selalu terasa sebagai kesalahan. Ia dapat digunakan untuk menjawab soal rutin, menjelaskan pengalaman tertentu, dan bahkan memperoleh penguatan dari teman, guru, atau sumber belajar. Oleh sebab itu, koreksi yang hanya menyampaikan definisi ilmiah belum tentu cukup. Guru perlu memahami

asal, fungsi, dan jaringan gagasan yang menopang konsepsi tersebut. (Reid & Shah, 2007; Keiner & Graulich, 2021)

Ciri yang patut dicermati adalah peserta didik berhasil memperoleh hasil eksperimen tetapi tidak dapat menjelaskan sebabnya, memprediksi variasi, atau menghubungkan data dengan persamaan dan model. Miskonsepsi tidak sama dengan lupa, salah hitung, atau tidak pernah belajar. Miskonsepsi mempunyai struktur alasan tertentu dan sering disertai tingkat keyakinan. Peserta didik mungkin mengganti kata yang digunakan, tetapi mempertahankan pola penalaran yang sama. Untuk itu, analisis sumber miskonsepsi perlu menghubungkan respons peserta didik dengan konteks pembelajaran, representasi yang digunakan, urutan materi, serta jenis umpan balik yang pernah diterima. (Keiner & Graulich, 2021; Lo & Greenberg, 2026)

Prinsip pencegahan yang relevan adalah menetapkan tujuan konseptual, menggunakan prediksi-observasi-penjelasan, mengurangi prosedur resep, dan mengintegrasikan prapraktikum serta pascapraktikum. Tujuannya bukan meniadakan seluruh pengetahuan awal atau menyederhanakan materi secara ekstrem, melainkan membangun jalur perubahan konseptual. Jalur tersebut harus membuat peserta didik menyadari batas gagasan lama, memahami daya jelas model ilmiah, dan mampu menggunakan konsep pada konteks baru. Bab ini karena itu menempatkan setiap sumber miskonsepsi sebagai bagian dari ekosistem belajar yang dapat didiagnosis dan diperbaiki secara sistematis. (Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007; Lo & Greenberg, 2026)

4.7.1 Kedudukan Praktikum yang Tidak Terhubung dengan Konsep sebagai Sumber Miskonsepsi

Hal penting yang perlu ditegaskan ialah bahwa sumber praktikum yang tidak terhubung dengan konsep perlu dibedakan dari miskonsepsi yang tampak pada jawaban. Sumber adalah kondisi yang menyediakan bahan, arah, atau penguatan bagi pembentukan konsepsi; miskonsepsi adalah struktur pemahaman yang tidak selaras dengan pengetahuan ilmiah yang diterima. Perbedaan ini mencegah guru menyimpulkan bahwa setiap jawaban salah pasti berasal dari faktor yang sama. Dua peserta didik dapat memberikan jawaban identik, tetapi satu berangkat dari makna bahasa, sedangkan yang lain meniru diagram atau aturan yang pernah dipelajari. (Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007; Reid & Shah, 2007)

Kedudukan sumber juga bersifat probabilistik. Kegiatan laboratorium yang menekankan pelaksanaan prosedur dan hasil akhir tanpa membangun hubungan eksplisit dengan pertanyaan, model partikel, data, dan penjelasan ilmiah tidak otomatis menghasilkan miskonsepsi pada semua peserta didik. Pengaruhnya bergantung pada pengetahuan prasyarat, perhatian, kualitas penjelasan, frekuensi pengulangan, konteks sosial, dan kesempatan memperoleh umpan balik. Peserta didik yang memiliki jaringan konsep kuat dapat menafsirkan sumber yang kurang sempurna secara kritis, sedangkan peserta didik lain mungkin mengintegrasikannya secara literal. Karena itu, pencegahan harus memperkuat

kemampuan interpretasi, bukan hanya menyaring materi. (Reid & Shah, 2007; Keiner & Graulich, 2021)

Dalam kimia, kerentanan tersebut meningkat karena makna harus dikoordinasikan antara fenomena, partikel, simbol, model, grafik, dan perhitungan. Sumber yang tampak kecil—misalnya satu kata, warna, panah, atau contoh—dapat mengubah hubungan antartingkat representasi. Kesalahan itu kemudian menjalar. Kekeliruan membedakan partikel dengan zat dapat memengaruhi ikatan, larutan, stoikiometri, kesetimbangan, dan elektrokimia. Oleh sebab itu, analisis sumber perlu memeriksa tidak hanya isi pernyataan, tetapi juga fungsi representasi dan hubungan yang dibangun. (Johnstone, 2000; Taber, 2001a)

4.7.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan

Dari sudut pandang kognitif, perhatian peserta didik terserap oleh alat, urutan kerja, keselamatan, dan pencatatan sehingga pengamatan tidak diintegrasikan ke dalam jaringan konsep. Pada tahap awal, peserta didik memilih petunjuk yang paling menonjol. Petunjuk itu dihubungkan dengan skema yang telah tersedia. Ketika hasilnya cukup berhasil untuk menjawab pertanyaan atau menjelaskan satu pengalaman, hubungan tersebut menjadi lebih mudah diaktifkan kembali. Pengulangan tanpa koreksi meningkatkan kelancaran pemrosesan, dan kelancaran sering keliru ditafsirkan sebagai kebenaran. (Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007; Koriati, 1997)

Penguatan dapat terjadi melalui empat jalur. Pertama, konsistensi internal: gagasan terasa cocok dengan asumsi lain yang telah dimiliki. Kedua, konsistensi sosial: teman, guru, buku, atau media menggunakan ungkapan serupa. Ketiga, keberhasilan instrumental: algoritma atau aturan menghasilkan jawaban yang dinilai benar. Keempat, ketiadaan anomali yang diproses secara sadar. Peserta didik mungkin telah melihat data yang tidak sesuai, tetapi menafsirkannya sebagai pengecualian atau kesalahan eksperimen. Jalur-jalur ini menjelaskan ketahanan miskonsepsi. (Smith et al., 1994; Duit & Treagust, 2003)

Hubungan antara sumber dan konsepsi juga dapat berubah sepanjang waktu. Sebuah penyederhanaan yang awalnya membantu dapat menjadi hambatan pada materi lanjutan. Sebaliknya, pengalaman yang semula menyesatkan dapat berfungsi sebagai titik awal diskusi ketika guru meminta prediksi, menghadirkan bukti pembandingan, dan membangun model yang lebih luas. Dengan demikian, persoalannya bukan hanya apakah sumber itu benar atau salah, melainkan bagaimana sumber tersebut diposisikan, dibatasi, dan direvisi dalam urutan belajar. (Keiner & Graulich, 2021; Lo & Greenberg, 2026)

4.7.3 Indikator pada Respons Peserta Didik

Diagnosis tidak cukup dilakukan dengan menanyakan definisi. Indikator pertama adalah konsistensi alasan. Respons yang sama muncul pada pertanyaan berbeda karena peserta didik menggunakan aturan inti yang sama. Indikator kedua adalah transfer yang salah: aturan yang benar pada satu konteks diterapkan pada konteks lain tanpa memeriksa syarat. Indikator ketiga adalah ketergantungan pada fitur permukaan. Perubahan angka, gambar, atau istilah

dapat mengubah jawaban meskipun struktur kimianya tetap. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Indikator lain adalah tingkat keyakinan yang tidak sejalan dengan kualitas alasan. Peserta didik dapat sangat yakin karena jawaban terasa familiar, pernah memperoleh nilai, atau cocok dengan sumber yang dianggap otoritatif. Keadaan ini berbeda dari tebakan atau pengetahuan yang belum lengkap. Penggunaan tingkat keyakinan, alasan terbuka, dan tugas translasi representasi membantu memisahkan miskonsepsi kuat dari ketidakpastian biasa. (Brandriet & Bretz, 2014; Koriati, 1997)

Guru juga perlu mengamati bahasa spontan, gambar, pilihan simbol, urutan langkah, dan tindakan selama praktikum. Konsepsi yang tidak tampak pada definisi sering muncul ketika peserta didik harus menjelaskan mengapa, memprediksi perubahan, atau membangun diagram partikel. Bukti terbaik biasanya berasal dari triangulasi: jawaban tertulis, wawancara singkat, representasi visual, dan kinerja pada kasus baru. (Gkitzia et al., 2020; Taber, 2002a)

4.7.4 Pembedaan dari Kesalahan Lain

Kesalahan aritmetika, salah baca satuan, kelalaian, atau keterbatasan kosakata dapat menghasilkan jawaban salah tanpa membentuk miskonsepsi. Karena itu, guru perlu menanyakan apakah peserta didik mempunyai hubungan konseptual alternatif yang digunakan secara konsisten. Kesalahan satu kali yang segera disadari setelah ditunjukkan berbeda dari gagasan yang dipertahankan melalui penjelasan dan contoh. Pembedaan ini menentukan jenis intervensi: latihan prosedural, dukungan bahasa, atau perubahan konseptual. (Nakhleh, 1992; Treagust, 1988)

Pengetahuan parsial juga tidak selalu merupakan miskonsepsi. Peserta didik mungkin mengetahui bahwa katalis mempercepat reaksi tetapi belum memahami jalur alternatif dan energi aktivasi. Keadaan tersebut menjadi miskonsepsi ketika ia menambahkan hubungan keliru, misalnya katalis menaikkan energi pereaksi atau mengubah tetapan kesetimbangan. Diagnosis harus mengidentifikasi apa yang benar, apa yang belum ada, dan apa yang secara aktif salah. (Taber, 2001b; Talanquer, 2015)

Dalam konteks praktikum yang tidak terhubung dengan konsep, pembedaan tersebut makin penting karena satu respons dapat memiliki beberapa asal. Guru sebaiknya menelusuri kapan gagasan pertama kali digunakan, sumber apa yang dianggap meyakinkan, dan pada konteks mana gagasan berubah. Data itu memberi dasar untuk intervensi yang tepat sasaran dan mencegah tindakan umum seperti mengulang ceramah atau menambah soal tanpa memperbaiki penyebab. (Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007; Reid & Shah, 2007)

4.7.5 Materi, Zat, dan Perubahan

Pada topik materi, zat, dan perubahan, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa materi tersusun atas partikel, identitas zat ditentukan oleh jenis dan susunan partikelnya, serta perubahan fisika perlu dibedakan dari perubahan kimia berdasarkan perubahan identitas kimia. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model

partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan praktikum yang tidak terhubung dengan konsep, masalah yang sering muncul ialah ketika praktikum perubahan materi berhenti pada daftar gejala tanpa menautkan massa, partikel, dan identitas zat. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Ke mana partikel air pergi ketika pakaian mengering, dan apakah jumlah materi benar-benar berkurang?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan massa sistem terbuka dan tertutup, menyusun diagram partikel sebelum-sesudah, serta membedakan bukti observasional dari inferensi tentang partikel. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Lo & Greenberg, 2026; Gkitzia et al., 2011)

4.7.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron

Pada topik struktur atom dan konfigurasi elektron, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa model atom adalah representasi teoretis dengan domain berlaku tertentu; elektron tidak berada pada lintasan planet yang kaku, dan konfigurasi elektron berkaitan dengan keadaan energi serta probabilitas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan

noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Reid & Shah, 2007; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan praktikum yang tidak terhubung dengan konsep, masalah yang sering muncul ialah ketika demonstrasi spektrum atau nyala dilakukan sebagai tontonan tanpa menghubungkan data dengan tingkat energi. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Reid & Shah, 2007; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah elektron mempunyai lintasan pasti seperti planet, dan apa yang sebenarnya dinyatakan oleh orbital?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan beberapa model atom, menjelaskan fungsi dan batas setiap model, serta menggunakan peta perubahan model berdasarkan bukti eksperimen. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Keiner & Graulich, 2021; Meyer & Pietzner, 2022)

4.7.7 Sistem Periodik dan Periodisitas

Pada topik sistem periodik dan periodisitas, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penjarangan, dan jarak elektron; kecenderungan periodik bersifat pola dengan pengecualian yang harus dipahami secara kausal. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat

hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Keiner & Graulich, 2021; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan praktikum yang tidak terhubung dengan konsep, masalah yang sering muncul ialah ketika pengamatan warna unsur atau reaktivitas tidak diolah menjadi pola periodik berbasis struktur elektron. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Reid & Shah, 2007; Meyer & Pietzner, 2022)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penyarungan, dan jarak elektron	Menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian
Miskonsepsi	Tren periodik dihafal sebagai arah panah mutlak, nomor periode dianggap jumlah elektron valensi, dan ukuran	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
	atom ditentukan hanya oleh jumlah kulit	meskipun jumlah elektronnya bertambah?
Sumber	Pengamatan warna unsur atau reaktivitas tidak diolah menjadi pola periodik berbasis struktur elektron	Periksa peran praktikum yang tidak terhubung dengan konsep bersama sumber penguat lain.

4.7.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul

Pada topik ikatan kimia, struktur zat, dan gaya antarmolekul, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa ikatan dan gaya antarmolekul harus dibedakan; struktur zat ditentukan oleh distribusi elektron, interaksi elektrostatik, energi sistem, dan organisasi partikel pada berbagai skala. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Lo & Greenberg, 2026; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan praktikum yang tidak terhubung dengan konsep, masalah yang sering muncul ialah ketika pembuatan model molekul menjadi aktivitas merakit tanpa membandingkan model dengan sifat zat nyata. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Keiner & Graulich, 2021; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang diputus ketika air mendidih: ikatan O–H atau interaksi antarmolekul?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan struktur diskrit, kisi ionik, logam, dan jaringan kovalen sambil menghubungkan struktur dengan sifat. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Reid & Shah, 2007; Meyer & Pietzner, 2022)

4.7.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi

Pada topik mol, stoikiometri, dan persamaan reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa mol adalah satuan jumlah zat yang menghubungkan entitas pada tingkat partikel dengan besaran makroskopik; koefisien reaksi menyatakan perbandingan jumlah entitas atau mol, bukan perbandingan massa secara langsung. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan praktikum yang tidak terhubung dengan konsep, masalah yang sering muncul ialah ketika titrasi atau reaksi kuantitatif menjadi latihan membaca buret dan menghitung tanpa model rasio partikel. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Reid & Shah, 2007; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa satu mol oksigen dan satu mol besi mengandung jumlah entitas yang sama tetapi bermassa berbeda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan persamaan reaksi, model partikel, tabel jumlah mol, dan alasan kuantitatif pada setiap langkah perhitungan.

Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Lo & Greenberg, 2026; Taber, 2002a)

4.7.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit

Pada topik larutan, konsentrasi, kelarutan, dan elektrolit, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel; konsentrasi berbeda dari kekuatan, kelarutan bergantung pada kondisi, dan konduktivitas memerlukan pembawa muatan yang dapat bergerak. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Reid & Shah, 2007; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan praktikum yang tidak terhubung dengan konsep, masalah yang sering muncul ialah ketika uji daya hantar hanya mengelompokkan nyala lampu tanpa membahas jenis dan mobilitas pembawa muatan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Reid & Shah, 2007; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar.

Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Keiner & Graulich, 2021; Meyer & Pietzner, 2022)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel	Menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi
Miskonsepsi	Larutan jenuh dianggap tidak memiliki ruang, zat terlarut lenyap, asam kuat selalu pekat, dan semua senyawa ionik selalu menghantarkan listrik	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?
Sumber	Uji daya hantar hanya mengelompokkan nyala lampu tanpa membahas jenis dan mobilitas pembawa muatan	Periksa peran praktikum yang tidak terhubung dengan konsep bersama sumber penguat lain.

4.7.11 Termokimia dan Termodinamika

Pada topik termokimia dan termodinamika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa kalor adalah energi yang berpindah karena perbedaan suhu, suhu berkaitan dengan distribusi energi kinetik, dan spontanitas tidak identik dengan kecepatan reaksi. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Keiner & Graulich, 2021; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan praktikum yang tidak terhubung dengan konsep, masalah yang sering muncul ialah ketika kalorimetri berakhir pada substitusi angka tanpa menentukan sistem, asumsi kehilangan kalor, dan makna tanda. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun,

penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Dapatkah proses endoterm berlangsung spontan, dan apakah spontan berarti terjadi seketika?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menetapkan sistem-lingkungan, menggambar diagram energi, membedakan aspek termodinamika dari kinetika, dan menafsirkan tanda besaran. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Reid & Shah, 2007; Taber, 2002a)

4.7.12 Laju Reaksi dan Kinetika

Pada topik laju reaksi dan kinetika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa laju reaksi ditentukan oleh mekanisme, frekuensi serta orientasi tumbukan efektif, distribusi energi, dan konsentrasi spesies yang terlibat dalam tahap elementer. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Lo & Greenberg, 2026; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan praktikum yang tidak terhubung dengan konsep, masalah yang sering muncul ialah ketika praktikum laju sekadar mencatat waktu tanpa memodelkan konsentrasi, tumbukan, mekanisme, dan ketidakpastian. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul

berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Reid & Shah, 2007; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa kenaikan suhu dapat meningkatkan laju jauh lebih besar daripada sekadar kenaikan kecepatan rata-rata partikel?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan data laju, grafik distribusi energi, mekanisme reaksi, serta model tumbukan dengan asumsi yang dinyatakan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007; Meyer & Pietzner, 2022)

4.7.13 Keseimbangan Kimia

Pada topik keseimbangan kimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa keseimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan praktikum yang tidak terhubung dengan konsep, masalah yang sering muncul ialah ketika pergeseran warna keseimbangan diamati tanpa menghubungkan Q , K , laju, dan komposisi partikel. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Lo & Greenberg, 2026; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis Q dan K. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Lo & Greenberg, 2026; Meyer & Pietzner, 2022)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Kesetimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu	Menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis q dan k
Miskonsepsi	Reaksi berhenti pada kesetimbangan, konsentrasi pereaksi dan produk harus sama, dan katalis menggeser kesetimbangan	Minta alasan atas pertanyaan: Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?
Sumber	Pergeseran warna kesetimbangan diamati tanpa menghubungkan q, k, laju, dan komposisi partikel	Periksa peran praktikum yang tidak terhubung dengan konsep bersama sumber penguat lain.

4.7.14 Asam, Basa, dan pH

Pada topik asam, basa, dan pH, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa asam-basa bergantung pada kerangka teori dan pasangan reaksi; kekuatan berbeda dari konsentrasi, sedangkan pH berskala logaritmik dan bergantung pada kondisi larutan. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Reid & Shah, 2007; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan praktikum yang tidak terhubung dengan konsep, masalah yang sering muncul ialah ketika titrasi asam-basa hanya mencari titik akhir dan pH tanpa menghubungkan spesies dominan serta kesetimbangan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah larutan asam lemah yang pekat dapat memiliki pH lebih rendah daripada larutan asam kuat yang sangat encer?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan derajat ionisasi dan konsentrasi, menggunakan garis bilangan logaritmik, serta menguji berbagai pasangan asam-basa. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Keiner & Graulich, 2021; Taber, 2002a)

4.7.15 Redoks dan Elektrokimia

Pada topik redoks dan elektrokimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa oksidasi-reduksi melibatkan perubahan bilangan oksidasi dan transfer elektron secara konseptual; potensial sel adalah besaran intensif dan arah aliran elektron harus dibedakan dari arus konvensional. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Keiner & Graulich, 2021; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan praktikum yang tidak terhubung dengan konsep, masalah yang sering muncul ialah ketika sel elektrokimia dirakit mengikuti gambar tanpa melacak reaksi setengah sel, muatan, dan aliran ion. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Lo & Greenberg, 2026; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa tanda anoda berbeda antara sel galvanik dan sel elektrolisis, tetapi oksidasi tetap terjadi di anoda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melacak elektron, ion, muatan, dan perubahan bilangan oksidasi pada diagram sel yang diberi label lengkap. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007; Taber, 2002a)

4.7.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi

Pada topik kimia organik dan mekanisme reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas; panah lengkung merepresentasikan perpindahan pasangan elektron, bukan gerak atom secara bebas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Lo & Greenberg, 2026; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan praktikum yang tidak terhubung dengan konsep, masalah yang sering muncul ialah ketika sintesis organik dinilai dari produk atau aroma tanpa menautkan kondisi, mekanisme, pemurnian, dan bukti struktur. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Reid & Shah, 2007; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Lo & Greenberg, 2026; Meyer & Pietzner, 2022)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas	Melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur
Miskonsepsi	Rumus struktur dianggap gambar geometris literal, panah mekanisme menunjukkan atom berpindah mengikuti panah, dan semua isomer dianggap memiliki sifat yang sama	Minta alasan atas pertanyaan: Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?
Sumber	Sintesis organik dinilai dari produk atau aroma tanpa menautkan kondisi, mekanisme, pemurnian, dan bukti struktur	Periksa peran praktikum yang tidak terhubung dengan konsep bersama sumber penguat lain.

4.7.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Indikator yang paling berguna muncul ketika peserta didik diminta memprediksi dan memberikan alasan. Untuk sumber praktikum yang tidak terhubung dengan konsep, diagnosis sebaiknya dimulai dengan peta hipotesis: gagasan apa yang mungkin dimiliki, bukti respons apa yang mendukungnya, dan sumber mana yang mungkin berperan. Peta ini mencegah guru mencari satu kesalahan yang telah diperkirakan sebelumnya. Instrumen dapat menggabungkan pilihan jawaban, alasan, tingkat keyakinan, gambar, tugas prediksi, dan wawancara singkat. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Butir diagnostik perlu menghindari petunjuk bahasa yang terlalu jelas dan harus menilai konsep pada lebih dari satu konteks. Soal numerik dapat dipasangkan dengan soal konseptual yang mempunyai struktur sama. Diagram dapat diminta diterjemahkan ke dalam persamaan dan penjelasan verbal. Dalam praktikum, peserta didik diminta membedakan apa yang diamati, apa yang dihitung, dan apa yang diinferensikan. Kombinasi tersebut mengungkap konsistensi model mental. (Brandriet & Bretz, 2014; Gkitzia et al., 2020)

Hasil diagnosis tidak berhenti pada persentase jawaban salah. Guru perlu mengelompokkan pola alasan, memeriksa konsep prasyarat, serta menelusuri bahan ajar dan praktik yang mungkin menguatkannya. Tindak lanjut dilakukan melalui konferensi singkat, diskusi kelas, revisi bahan, dan asesmen ulang. Dengan cara ini, diagnosis berfungsi sebagai bagian dari

desain pembelajaran, bukan sekadar pelabelan peserta didik. (Taber, 2002a; Duit & Treagust, 2003)

4.7.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran

Pencegahan perlu dimulai sebelum aturan atau model disajikan sebagai bentuk jadi. Guru perlu melakukan analisis konsep sebelum memilih contoh, analogi, gambar, rumus, dan kegiatan. Analisis mencakup atribut kritis, noncontoh, prasyarat, representasi, kemungkinan salah tafsir, serta batas model. Pada sumber praktikum yang tidak terhubung dengan konsep, perhatian khusus diberikan pada menetapkan tujuan konseptual, menggunakan prediksi-observasi-penjelasan, mengurangi prosedur resep, dan mengintegrasikan prapraktikum serta pascapraktikum. Pencegahan harus tampak dalam tujuan, urutan, aktivitas, dan asesmen. (Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007; Reid & Shah, 2007)

Desain pembelajaran yang kuat menghubungkan tiga lapisan. Lapisan pertama adalah fenomena atau data yang memberi alasan untuk belajar. Lapisan kedua adalah model yang menjelaskan fenomena. Lapisan ketiga adalah simbol dan perhitungan yang memadatkan hubungan. Perpindahan antar lapisan tidak boleh diasumsikan terjadi otomatis. Guru perlu memodelkan proses penerjemahan, menanyakan makna setiap simbol, dan menilai konsistensi penjelasan. (Johnstone, 2000; Gkitzia et al., 2020)

Pencegahan juga memerlukan pengelolaan bahasa dan metakognisi. Peserta didik diberi kesempatan menandai kata bermakna ganda, menyatakan tingkat keyakinan, dan menuliskan perubahan pemahaman. Guru dapat menggunakan kalimat seperti “model ini berguna untuk menjelaskan..., tetapi tidak menunjukkan...”. Kebiasaan tersebut membangun kewaspadaan epistemik dan mengurangi kecenderungan memperlakukan model, analogi, atau aturan sebagai realitas harfiah. (Koriat, 1997; Meyer & Pietzner, 2022)

4.7.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual

Remediasi dimulai dengan mengakui bahwa konsepsi awal memiliki alasan bagi peserta didik. Guru tidak cukup menyatakan “itu salah”, melainkan meminta peserta didik mengartikulasikan prediksi dan dasar pikirnya. Setelah itu disajikan kasus yang membedakan daya jelas konsepsi awal dan model ilmiah. Anomali harus dapat dipahami, relevan, dan diikuti penjelasan alternatif; jika tidak, peserta didik dapat mengabaikannya sebagai pengecualian. (Vosniadou, 1994; Duit & Treagust, 2003)

Tahap berikutnya adalah rekonstruksi. Peserta didik menyusun model baru melalui contoh beragam, noncontoh, peta konsep, dan translasi representasi. Guru menekankan hubungan yang berubah, bukan hanya jawaban. Pada sumber praktikum yang tidak terhubung dengan konsep, rekonstruksi harus sekaligus memperbaiki sumber penguat—misalnya istilah, gambar, lembar kerja, atau pola asesmen. Tanpa perubahan lingkungan belajar, konsepsi lama mudah kembali aktif. (Smith et al., 1994; Mortimer, 1995)

Tahap terakhir adalah konsolidasi dan transfer. Peserta didik menggunakan konsep pada situasi baru, menjelaskan batasnya, membandingkan dengan konsep berdekatan, dan

mengevaluasi informasi dari sumber lain. Asesmen ulang dilakukan setelah jeda untuk melihat ketahanan perubahan. Remediasi dinilai berhasil apabila peserta didik tidak hanya memilih jawaban ilmiah, tetapi dapat memberikan alasan yang konsisten dan menilai kewajaran representasi serta hasil. (Taber, 2002a; Treagust, 1988)

4.7.20 Sintesis Subbab

Sumber praktikum yang tidak terhubung dengan konsep berkontribusi terhadap miskonsepsi melalui mekanisme berikut: perhatian peserta didik terserap oleh alat, urutan kerja, keselamatan, dan pencatatan sehingga pengamatan tidak diintegrasikan ke dalam jaringan konsep. Pengaruhnya terlihat pada seluruh domain kimia, tetapi bentuk konkret berbeda menurut tingkat representasi, prasyarat, dan aktivitas. Karena itu, guru harus menghindari kesimpulan bahwa satu strategi dapat memperbaiki semua miskonsepsi. Intervensi perlu mempertimbangkan isi konsep dan sumber yang menguatkannya. (Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007; Reid & Shah, 2007; Keiner & Graulich, 2021; Lo & Greenberg, 2026)

Inti diagnosis adalah membedakan gejala, konsepsi, dan sumber. Gejala merupakan respons yang tampak; konsepsi adalah hubungan makna yang digunakan; sumber adalah kondisi yang membentuk atau menguatkan hubungan tersebut. Pembedaan ini memungkinkan tindakan yang presisi. Jawaban salah akibat ketidaktelitian tidak memerlukan konflik konseptual, sedangkan miskonsepsi berkeyakinan tinggi tidak cukup diatasi dengan latihan tambahan. (Hasan et al., 1999; Brandriet & Bretz, 2014)

Implikasi utamanya adalah menetapkan tujuan konseptual, menggunakan prediksi-observasi-penjelasan, mengurangi prosedur resep, dan mengintegrasikan prapraktikum serta pascapraktikum. Pencegahan terbaik bukan menghilangkan seluruh penyederhanaan, pengalaman, atau media, melainkan mengelolanya secara epistemik: tujuan dinyatakan, batas dibahas, hubungan antarrepresentasi dibangun, dan bukti digunakan untuk mengevaluasi model. Prinsip ini menjadi jembatan menuju subbab berikutnya, karena sumber miskonsepsi selalu berinteraksi dengan sumber lain dalam ekosistem pembelajaran. (Taber, 2001b; Duit & Treagust, 2003)

4.7.21 Checklist Audit Sumber

Checklist berikut digunakan untuk menilai apakah praktikum yang tidak terhubung dengan konsep berpotensi membentuk atau menguatkan miskonsepsi. Setiap butir sebaiknya dijawab berdasarkan bukti konkret dari materi, rekaman pembelajaran, respons peserta didik, atau hasil asesmen. Jawaban “ya” bukan vonis bahwa miskonsepsi pasti terjadi, tetapi penanda perlunya pemeriksaan lebih lanjut. (Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007; Reid & Shah, 2007)

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
1	Apakah praktikum yang tidak terhubung dengan konsep menggunakan istilah, model, atau aturan tanpa menjelaskan batas dan syarat?	☐
2	Apakah hubungan antara fenomena, partikel, simbol, grafik, dan perhitungan dinyatakan secara eksplisit?	☐
3	Apakah contoh dan noncontoh cukup bervariasi untuk memperjelas atribut kritis?	☐
4	Apakah peserta didik diminta memberikan alasan, bukan hanya jawaban atau hasil hitung?	☐
5	Apakah terdapat peluang untuk membandingkan prediksi dengan bukti dan merevisi model?	☐
6	Apakah konsep prasyarat diperiksa sebelum materi lanjutan diperkenalkan?	☐
7	Apakah bahasa atau visual berpotensi dibaca secara literal atau antropomorfis?	☐
8	Apakah asesmen memberi penghargaan pada pemahaman, translasi representasi, dan transfer?	☐
9	Apakah sumber lain—buku, media, praktikum, atau teman—mengulang gagasan yang sama?	☐
10	Apakah perubahan pemahaman diperiksa kembali setelah jeda dan pada konteks baru?	☐

4.8 Rumus dan Algoritma tanpa Pemahaman

Dalam pembelajaran kimia, penggunaan langkah hitung, aturan manipulasi simbol, dan pola penyelesaian yang dapat menghasilkan jawaban numerik tanpa makna konseptual. Sumber ini tidak bekerja sebagai penyebab tunggal yang langsung menghasilkan satu jawaban salah. Ia menyediakan kerangka interpretasi yang menentukan informasi mana yang diperhatikan, istilah mana yang dianggap penting, dan hubungan sebab-akibat apa yang terasa masuk akal. Dalam kimia, kerangka semacam itu sangat berpengaruh karena banyak entitas dan proses tidak dapat diamati secara langsung. Peserta didik harus bergerak dari gejala makroskopik

menuju model submikroskopik dan notasi simbolik. Apabila jembatan tersebut tidak dibangun, pemahaman mudah diisi oleh gagasan yang paling tersedia secara mental. (Nurrenbern & Pickering, 1987; Sawrey, 1990)

Mekanisme utamanya dapat diringkas sebagai berikut: keberhasilan prosedural memberi rasa benar, sedangkan asumsi, satuan, batas penerapan, dan representasi kimia di balik perhitungan tidak diproses. Proses ini menghasilkan konsepsi yang sering kali koheren dari sudut pandang peserta didik. Karena koheren, konsepsi tersebut tidak selalu terasa sebagai kesalahan. Ia dapat digunakan untuk menjawab soal rutin, menjelaskan pengalaman tertentu, dan bahkan memperoleh penguatan dari teman, guru, atau sumber belajar. Oleh sebab itu, koreksi yang hanya menyampaikan definisi ilmiah belum tentu cukup. Guru perlu memahami asal, fungsi, dan jaringan gagasan yang menopang konsepsi tersebut. (Sawrey, 1990; Pickering, 1990)

Ciri yang patut dicermati adalah jawaban numerik benar disertai alasan salah, rumus dipilih berdasarkan kata kunci, dan peserta didik gagal menafsirkan hasil atau menilai kewajaran. Miskonsepsi tidak sama dengan lupa, salah hitung, atau tidak pernah belajar. Miskonsepsi mempunyai struktur alasan tertentu dan sering disertai tingkat keyakinan. Peserta didik mungkin mengganti kata yang digunakan, tetapi mempertahankan pola penalaran yang sama. Untuk itu, analisis sumber miskonsepsi perlu menghubungkan respons peserta didik dengan konteks pembelajaran, representasi yang digunakan, urutan materi, serta jenis umpan balik yang pernah diterima. (Pickering, 1990; Cracolice et al., 2008)

Prinsip pencegahan yang relevan adalah menghubungkan setiap rumus dengan definisi dan model, meminta estimasi serta penjelasan, menggunakan pasangan soal konseptual-algoritmik, dan menilai proses penalaran. Tujuannya bukan meniadakan seluruh pengetahuan awal atau menyederhanakan materi secara ekstrem, melainkan membangun jalur perubahan konseptual. Jalur tersebut harus membuat peserta didik menyadari batas gagasan lama, memahami daya jelas model ilmiah, dan mampu menggunakan konsep pada konteks baru. Bab ini karena itu menempatkan setiap sumber miskonsepsi sebagai bagian dari ekosistem belajar yang dapat didiagnosis dan diperbaiki secara sistematis. (Nurrenbern & Pickering, 1987; Cracolice et al., 2008)

4.8.1 Kedudukan Rumus dan Algoritma tanpa Pemahaman sebagai Sumber Miskonsepsi

Dalam konteks kelas, sumber rumus dan algoritma tanpa pemahaman perlu dibedakan dari miskonsepsi yang tampak pada jawaban. Sumber adalah kondisi yang menyediakan bahan, arah, atau penguatan bagi pembentukan konsepsi; miskonsepsi adalah struktur pemahaman yang tidak selaras dengan pengetahuan ilmiah yang diterima. Pembedaan ini mencegah guru menyimpulkan bahwa setiap jawaban salah pasti berasal dari faktor yang sama. Dua peserta didik dapat memberikan jawaban identik, tetapi satu berangkat dari makna bahasa, sedangkan yang lain meniru diagram atau aturan yang pernah dipelajari. (Nurrenbern & Pickering, 1987; Sawrey, 1990)

Kedudukan sumber juga bersifat probabilistik. Penggunaan langkah hitung, aturan manipulasi simbol, dan pola penyelesaian yang dapat menghasilkan jawaban numerik tanpa makna konseptual tidak otomatis menghasilkan miskonsepsi pada semua peserta didik. Pengaruhnya bergantung pada pengetahuan prasyarat, perhatian, kualitas penjelasan, frekuensi pengulangan, konteks sosial, dan kesempatan memperoleh umpan balik. Peserta didik yang memiliki jaringan konsep kuat dapat menafsirkan sumber yang kurang sempurna secara kritis, sedangkan peserta didik lain mungkin mengintegrasikannya secara literal. Karena itu, pencegahan harus memperkuat kemampuan interpretasi, bukan hanya menyaring materi. (Sawrey, 1990; Pickering, 1990)

Dalam kimia, kerentanan tersebut meningkat karena makna harus dikoordinasikan antara fenomena, partikel, simbol, model, grafik, dan perhitungan. Sumber yang tampak kecil—misalnya satu kata, warna, panah, atau contoh—dapat mengubah hubungan antartingkat representasi. Kesalahan itu kemudian menjalar. Kekeliruan membedakan partikel dengan zat dapat memengaruhi ikatan, larutan, stoikiometri, kesetimbangan, dan elektrokimia. Oleh sebab itu, analisis sumber perlu memeriksa tidak hanya isi pernyataan, tetapi juga fungsi representasi dan hubungan yang dibangun. (Johnstone, 2000; Taber, 2001a)

4.8.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan

Masalah ini menjadi penting karena keberhasilan prosedural memberi rasa benar, sedangkan asumsi, satuan, batas penerapan, dan representasi kimia di balik perhitungan tidak diproses. Pada tahap awal, peserta didik memilih petunjuk yang paling menonjol. Petunjuk itu dihubungkan dengan skema yang telah tersedia. Ketika hasilnya cukup berhasil untuk menjawab pertanyaan atau menjelaskan satu pengalaman, hubungan tersebut menjadi lebih mudah diaktifkan kembali. Pengulangan tanpa koreksi meningkatkan kelancaran pemrosesan, dan kelancaran sering keliru ditafsirkan sebagai kebenaran. (Nurrenbern & Pickering, 1987; Koriati, 1997)

Penguatan dapat terjadi melalui empat jalur. Pertama, konsistensi internal: gagasan terasa cocok dengan asumsi lain yang telah dimiliki. Kedua, konsistensi sosial: teman, guru, buku, atau media menggunakan ungkapan serupa. Ketiga, keberhasilan instrumental: algoritma atau aturan menghasilkan jawaban yang dinilai benar. Keempat, ketiadaan anomali yang diproses secara sadar. Peserta didik mungkin telah melihat data yang tidak sesuai, tetapi menafsirkannya sebagai pengecualian atau kesalahan eksperimen. Jalur-jalur ini menjelaskan ketahanan miskonsepsi. (Smith et al., 1994; Duit & Treagust, 2003)

Hubungan antara sumber dan konsepsi juga dapat berubah sepanjang waktu. Sebuah penyederhanaan yang awalnya membantu dapat menjadi hambatan pada materi lanjutan. Sebaliknya, pengalaman yang semula menyesatkan dapat berfungsi sebagai titik awal diskusi ketika guru meminta prediksi, menghadirkan bukti pembandingan, dan membangun model yang lebih luas. Dengan demikian, persoalannya bukan hanya apakah sumber itu benar atau salah, melainkan bagaimana sumber tersebut diposisikan, dibatasi, dan direvisi dalam urutan belajar. (Pickering, 1990; Cracolice et al., 2008)

4.8.3 Indikator pada Respons Peserta Didik

Indikator yang paling berguna muncul ketika peserta didik diminta memprediksi dan memberikan alasan. Indikator pertama adalah konsistensi alasan. Respons yang sama muncul pada pertanyaan berbeda karena peserta didik menggunakan aturan inti yang sama. Indikator kedua adalah transfer yang salah: aturan yang benar pada satu konteks diterapkan pada konteks lain tanpa memeriksa syarat. Indikator ketiga adalah ketergantungan pada fitur permukaan. Perubahan angka, gambar, atau istilah dapat mengubah jawaban meskipun struktur kimianya tetap. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Indikator lain adalah tingkat keyakinan yang tidak sejalan dengan kualitas alasan. Peserta didik dapat sangat yakin karena jawaban terasa familiar, pernah memperoleh nilai, atau cocok dengan sumber yang dianggap otoritatif. Keadaan ini berbeda dari tebakan atau pengetahuan yang belum lengkap. Penggunaan tingkat keyakinan, alasan terbuka, dan tugas translasi representasi membantu memisahkan miskonsepsi kuat dari ketidakpastian biasa. (Brandriet & Bretz, 2014; Koriati, 1997)

Guru juga perlu mengamati bahasa spontan, gambar, pilihan simbol, urutan langkah, dan tindakan selama praktikum. Konsepsi yang tidak tampak pada definisi sering muncul ketika peserta didik harus menjelaskan mengapa, memprediksi perubahan, atau membangun diagram partikel. Bukti terbaik biasanya berasal dari triangulasi: jawaban tertulis, wawancara singkat, representasi visual, dan kinerja pada kasus baru. (Gkitzia et al., 2020; Taber, 2002a)

4.8.4 Pembedaan dari Kesalahan Lain

Kesalahan aritmetika, salah baca satuan, kelalaian, atau keterbatasan kosakata dapat menghasilkan jawaban salah tanpa membentuk miskonsepsi. Karena itu, guru perlu menanyakan apakah peserta didik mempunyai hubungan konseptual alternatif yang digunakan secara konsisten. Kesalahan satu kali yang segera disadari setelah ditunjukkan berbeda dari gagasan yang dipertahankan melalui penjelasan dan contoh. Pembedaan ini menentukan jenis intervensi: latihan prosedural, dukungan bahasa, atau perubahan konseptual. (Nakhleh, 1992; Treagust, 1988)

Pengetahuan parsial juga tidak selalu merupakan miskonsepsi. Peserta didik mungkin mengetahui bahwa katalis mempercepat reaksi tetapi belum memahami jalur alternatif dan energi aktivasi. Keadaan tersebut menjadi miskonsepsi ketika ia menambahkan hubungan keliru, misalnya katalis menaikkan energi pereaksi atau mengubah tetapan kesetimbangan. Diagnosis harus mengidentifikasi apa yang benar, apa yang belum ada, dan apa yang secara aktif salah. (Taber, 2001b; Talanquer, 2015)

Dalam konteks rumus dan algoritma tanpa pemahaman, pembedaan tersebut makin penting karena satu respons dapat memiliki beberapa asal. Guru sebaiknya menelusuri kapan gagasan pertama kali digunakan, sumber apa yang dianggap meyakinkan, dan pada konteks mana gagasan berubah. Data itu memberi dasar untuk intervensi yang tepat sasaran dan mencegah

tindakan umum seperti mengulang ceramah atau menambah soal tanpa memperbaiki penyebab. (Nurrenbern & Pickering, 1987; Sawrey, 1990)

4.8.5 Materi, Zat, dan Perubahan

Pada topik materi, zat, dan perubahan, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa materi tersusun atas partikel, identitas zat ditentukan oleh jenis dan susunan partikelnya, serta perubahan fisika perlu dibedakan dari perubahan kimia berdasarkan perubahan identitas kimia. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Nurrenbern & Pickering, 1987; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan rumus dan algoritma tanpa pemahaman, masalah yang sering muncul ialah ketika klasifikasi perubahan dilakukan dengan daftar kata kunci seperti warna, gas, dan dapat balik tanpa analisis identitas zat. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Sawrey, 1990; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Ke mana partikel air pergi ketika pakaian mengering, dan apakah jumlah materi benar-benar berkurang?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan massa sistem terbuka dan tertutup, menyusun diagram partikel sebelum-sesudah, serta membedakan bukti observasional dari inferensi tentang partikel. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Sawrey, 1990; Gkitzia et al., 2011)

4.8.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron

Pada topik struktur atom dan konfigurasi elektron, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa model atom adalah representasi teoretis dengan domain berlaku tertentu; elektron tidak berada pada lintasan planet yang kaku, dan konfigurasi elektron berkaitan dengan keadaan energi serta probabilitas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Sawrey, 1990; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan rumus dan algoritma tanpa pemahaman, masalah yang sering muncul ialah ketika konfigurasi elektron ditulis melalui urutan diagonal tanpa memahami energi orbital, pengecualian, dan elektron valensi. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Cracolice et al., 2008; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah elektron mempunyai lintasan pasti seperti planet, dan apa yang sebenarnya dinyatakan oleh orbital?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan beberapa model atom, menjelaskan fungsi dan batas setiap model, serta menggunakan peta perubahan model berdasarkan bukti eksperimen. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Sawrey, 1990; Taber, 2002a)

4.8.7 Sistem Periodik dan Periodisitas

Pada topik sistem periodik dan periodisitas, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penjarangan, dan jarak elektron; kecenderungan periodik bersifat pola dengan pengecualian yang harus dipahami secara kausal. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Pickering, 1990; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan rumus dan algoritma tanpa pemahaman, masalah yang sering muncul ialah ketika tren periodik dijawab menggunakan arah panah tanpa menimbang muatan inti efektif dan penjarangan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Cracolice et al., 2008; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Nurrenbern & Pickering, 1987; Taber, 2002a)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penyarungan, dan jarak elektron	Menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian
Miskonsepsi	Tren periodik dihafal sebagai arah panah mutlak, nomor periode dianggap jumlah elektron valensi, dan ukuran atom ditentukan hanya oleh jumlah kulit	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?
Sumber	Tren periodik dijawab menggunakan arah panah tanpa menimbang muatan inti efektif dan penyarungan	Periksa peran rumus dan algoritma tanpa pemahaman bersama sumber penguat lain.

4.8.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul

Pada topik ikatan kimia, struktur zat, dan gaya antarmolekul, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa ikatan dan gaya antarmolekul harus dibedakan; struktur zat ditentukan oleh distribusi elektron, interaksi elektrostatis, energi sistem, dan organisasi partikel pada berbagai skala. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Cracolice et al., 2008; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan rumus dan algoritma tanpa pemahaman, masalah yang sering muncul ialah ketika struktur Lewis ditentukan dengan hitung oktet mekanis tanpa menilai muatan formal, resonansi, dan struktur zat. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Cracolice et al., 2008; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang diputus ketika air mendidih: ikatan O–H atau interaksi antarmolekul?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan struktur diskrit, kisi ionik, logam, dan jaringan kovalen sambil menghubungkan struktur dengan sifat. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Pickering, 1990; Taber, 2002a)

4.8.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi

Pada topik mol, stoikiometri, dan persamaan reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa mol adalah satuan jumlah zat yang menghubungkan entitas pada tingkat partikel dengan besaran makroskopik; koefisien reaksi menyatakan perbandingan jumlah entitas atau mol, bukan perbandingan massa secara langsung. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Nurrenbern & Pickering, 1987; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan rumus dan algoritma tanpa pemahaman, masalah yang sering muncul ialah ketika mol dan stoikiometri diselesaikan dengan segitiga rumus atau silang satuan tanpa makna jumlah entitas. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Sawrey, 1990; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa satu mol oksigen dan satu mol besi mengandung jumlah entitas yang sama tetapi bermassa berbeda?” Jawaban sebaiknya

diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan persamaan reaksi, model partikel, tabel jumlah mol, dan alasan kuantitatif pada setiap langkah perhitungan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Cracolice et al., 2008; Gkitzia et al., 2011)

4.8.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit

Pada topik larutan, konsentrasi, kelarutan, dan elektrolit, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel; konsentrasi berbeda dari kekuatan, kelarutan bergantung pada kondisi, dan konduktivitas memerlukan pembawa muatan yang dapat bergerak. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Sawrey, 1990; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan rumus dan algoritma tanpa pemahaman, masalah yang sering muncul ialah ketika $M_1V_1 = M_2V_2$ diterapkan pada semua pencampuran termasuk ketika terjadi reaksi atau perubahan spesiasi. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Pickering, 1990; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga

kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Nurrenbern & Pickering, 1987; Meyer & Pietzner, 2022)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel	Menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi
Miskonsepsi	Larutan jenuh dianggap tidak memiliki ruang, zat terlarut lenyap, asam kuat selalu pekat, dan semua senyawa ionik selalu menghantarkan listrik	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?
Sumber	$M_1v_1 = m_2v_2$ diterapkan pada semua pencampuran termasuk ketika terjadi reaksi atau perubahan spesiasi	Periksa peran rumus dan algoritma tanpa pemahaman bersama sumber penguat lain.

4.8.11 Termokimia dan Termodinamika

Pada topik termokimia dan termodinamika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa kalor adalah energi yang berpindah karena perbedaan suhu, suhu berkaitan dengan distribusi energi kinetik, dan spontanitas tidak identik dengan kecepatan reaksi. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu

dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Pickering, 1990; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan rumus dan algoritma tanpa pemahaman, masalah yang sering muncul ialah ketika $q=mc\Delta T$ dan hukum Hess digunakan tanpa definisi sistem, kapasitas kalor, dan tanda. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Sawrey, 1990; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Dapatkah proses endoterm berlangsung spontan, dan apakah spontan berarti terjadi seketika?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menetapkan sistem-lingkungan, menggambar diagram energi, membedakan aspek termodinamika dari kinetika, dan menafsirkan tanda besaran. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Sawrey, 1990; Meyer & Pietzner, 2022)

4.8.12 Laju Reaksi dan Kinetika

Pada topik laju reaksi dan kinetika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa laju reaksi ditentukan oleh mekanisme, frekuensi serta orientasi tumbukan efektif, distribusi energi, dan konsentrasi spesies yang terlibat dalam tahap elementer. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Cracolice et al., 2008; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan rumus dan algoritma tanpa pemahaman, masalah yang sering muncul ialah ketika orde reaksi, waktu paruh, atau persamaan Arrhenius dipilih dari bentuk soal, bukan model data. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Pickering, 1990; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa kenaikan suhu dapat meningkatkan laju jauh lebih besar daripada sekadar kenaikan kecepatan rata-rata partikel?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan data laju, grafik distribusi energi, mekanisme reaksi, serta model tumbukan dengan asumsi yang dinyatakan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Nurrenbern & Pickering, 1987; Gkitzia et al., 2011)

4.8.13 Keseimbangan Kimia

Pada topik keseimbangan kimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa keseimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Nurrenbern & Pickering, 1987; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan rumus dan algoritma tanpa pemahaman, masalah yang sering muncul ialah ketika tabel ICE diisi sebagai prosedur aritmetika tanpa memahami komposisi awal, perubahan, dan keadaan setimbang. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena

mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Sawrey, 1990; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis Q dan K. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Sawrey, 1990; Gkitzia et al., 2011)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Keseimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu	Menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis q dan k
Miskonsepsi	Reaksi berhenti pada keseimbangan, konsentrasi pereaksi dan produk harus sama, dan katalis menggeser keseimbangan	Minta alasan atas pertanyaan: Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Sumber	Tabel ice diisi sebagai prosedur aritmetika tanpa memahami komposisi awal, perubahan, dan keadaan setimbang	Periksa peran rumus dan algoritma tanpa pemahaman bersama sumber penguat lain.

4.8.14 Asam, Basa, dan pH

Pada topik asam, basa, dan pH, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa asam-basa bergantung pada kerangka teori dan pasangan reaksi; kekuatan berbeda dari konsentrasi, sedangkan pH berskala logaritmik dan bergantung pada kondisi larutan. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Sawrey, 1990; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan rumus dan algoritma tanpa pemahaman, masalah yang sering muncul ialah ketika rumus pH dipilih dari label asam kuat-lemah tanpa menilai konsentrasi, aproksimasi, atau spesies. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Nurrenbern & Pickering, 1987; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah larutan asam lemah yang pekat dapat memiliki pH lebih rendah daripada larutan asam kuat yang sangat encer?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan derajat ionisasi dan konsentrasi, menggunakan garis bilangan logaritmik, serta menguji berbagai pasangan asam-basa. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik

perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Nurrenbern & Pickering, 1987; Meyer & Pietzner, 2022)

4.8.15 Redoks dan Elektrokimia

Pada topik redoks dan elektrokimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa oksidasi-reduksi melibatkan perubahan bilangan oksidasi dan transfer elektron secara konseptual; potensial sel adalah besaran intensif dan arah aliran elektron harus dibedakan dari arus konvensional. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Pickering, 1990; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan rumus dan algoritma tanpa pemahaman, masalah yang sering muncul ialah ketika E sel dihitung dengan aturan tanda dan koefisien tanpa memahami potensial reduksi sebagai besaran intensif. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Pickering, 1990; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa tanda anoda berbeda antara sel galvanik dan sel elektrolisis, tetapi oksidasi tetap terjadi di anoda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melacak elektron, ion, muatan, dan perubahan bilangan oksidasi pada diagram sel yang diberi label lengkap. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram

partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Nurrenbern & Pickering, 1987; Taber, 2002a)

4.8.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi

Pada topik kimia organik dan mekanisme reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas; panah lengkung merepresentasikan perpindahan pasangan elektron, bukan gerak atom secara bebas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Cracolice et al., 2008; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan rumus dan algoritma tanpa pemahaman, masalah yang sering muncul ialah ketika nama reaksi dan panah mekanisme dihafal sebagai algoritma transformasi tanpa penalaran elektron. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Cracolice et al., 2008; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Nurrenbern & Pickering, 1987; Gkitzia et al., 2011)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas	Melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur
Miskonsepsi	Rumus struktur dianggap gambar geometris literal, panah mekanisme menunjukkan atom berpindah mengikuti panah, dan semua isomer dianggap memiliki sifat yang sama	Minta alasan atas pertanyaan: Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?
Sumber	Nama reaksi dan panah mekanisme dihafal sebagai algoritma transformasi tanpa penalaran elektron	Periksa peran rumus dan algoritma tanpa pemahaman bersama sumber penguat lain.

4.8.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis tidak cukup dilakukan dengan menanyakan definisi. Untuk sumber rumus dan algoritma tanpa pemahaman, diagnosis sebaiknya dimulai dengan peta hipotesis: gagasan apa yang mungkin dimiliki, bukti respons apa yang mendukungnya, dan sumber mana yang mungkin berperan. Peta ini mencegah guru mencari satu kesalahan yang telah diperkirakan sebelumnya. Instrumen dapat menggabungkan pilihan jawaban, alasan, tingkat keyakinan, gambar, tugas prediksi, dan wawancara singkat. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Butir diagnostik perlu menghindari petunjuk bahasa yang terlalu jelas dan harus menilai konsep pada lebih dari satu konteks. Soal numerik dapat dipasangkan dengan soal konseptual yang mempunyai struktur sama. Diagram dapat diminta diterjemahkan ke dalam persamaan dan penjelasan verbal. Dalam praktikum, peserta didik diminta membedakan apa yang diamati, apa yang dihitung, dan apa yang diinferensikan. Kombinasi tersebut mengungkap konsistensi model mental. (Brandriet & Bretz, 2014; Gkitzia et al., 2020)

Hasil diagnosis tidak berhenti pada persentase jawaban salah. Guru perlu mengelompokkan pola alasan, memeriksa konsep prasyarat, serta menelusuri bahan ajar dan praktik yang mungkin menguatkannya. Tindak lanjut dilakukan melalui konferensi singkat, diskusi kelas, revisi bahan, dan asesmen ulang. Dengan cara ini, diagnosis berfungsi sebagai bagian dari desain pembelajaran, bukan sekadar pelabelan peserta didik. (Taber, 2002a; Duit & Treagust, 2003)

4.8.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran

Remediasi memerlukan kesempatan bagi peserta didik untuk membandingkan prediksi, bukti, dan model ilmiah. Guru perlu melakukan analisis konsep sebelum memilih contoh, analogi, gambar, rumus, dan kegiatan. Analisis mencakup atribut kritis, noncontoh, prasyarat, representasi, kemungkinan salah tafsir, serta batas model. Pada sumber rumus dan algoritma tanpa pemahaman, perhatian khusus diberikan pada menghubungkan setiap rumus dengan definisi dan model, meminta estimasi serta penjelasan, menggunakan pasangan soal konseptual-algoritmik, dan menilai proses penalaran. Pencegahan harus tampak dalam tujuan, urutan, aktivitas, dan asesmen. (Nurrenbern & Pickering, 1987; Sawrey, 1990)

Desain pembelajaran yang kuat menghubungkan tiga lapisan. Lapisan pertama adalah fenomena atau data yang memberi alasan untuk belajar. Lapisan kedua adalah model yang menjelaskan fenomena. Lapisan ketiga adalah simbol dan perhitungan yang memadatkan hubungan. Perpindahan antar lapisan tidak boleh diasumsikan terjadi otomatis. Guru perlu memodelkan proses penerjemahan, menanyakan makna setiap simbol, dan menilai konsistensi penjelasan. (Johnstone, 2000; Gkitzia et al., 2020)

Pencegahan juga memerlukan pengelolaan bahasa dan metakognisi. Peserta didik diberi kesempatan menandai kata bermakna ganda, menyatakan tingkat keyakinan, dan menuliskan perubahan pemahaman. Guru dapat menggunakan kalimat seperti “model ini berguna untuk menjelaskan..., tetapi tidak menunjukkan...”. Kebiasaan tersebut membangun kewaspadaan epistemik dan mengurangi kecenderungan memperlakukan model, analogi, atau aturan sebagai realitas harfiah. (Koriat, 1997; Meyer & Pietzner, 2022)

4.8.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual

Remediasi dimulai dengan mengakui bahwa konsepsi awal memiliki alasan bagi peserta didik. Guru tidak cukup menyatakan “itu salah”, melainkan meminta peserta didik mengartikulasikan prediksi dan dasar pikirnya. Setelah itu disajikan kasus yang membedakan daya jelas konsepsi awal dan model ilmiah. Anomali harus dapat dipahami, relevan, dan diikuti penjelasan alternatif; jika tidak, peserta didik dapat mengabaikannya sebagai pengecualian. (Vosniadou, 1994; Duit & Treagust, 2003)

Tahap berikutnya adalah rekonstruksi. Peserta didik menyusun model baru melalui contoh beragam, noncontoh, peta konsep, dan translasi representasi. Guru menekankan hubungan yang berubah, bukan hanya jawaban. Pada sumber rumus dan algoritma tanpa pemahaman, rekonstruksi harus sekaligus memperbaiki sumber penguat—misalnya istilah, gambar, lembar kerja, atau pola asesmen. Tanpa perubahan lingkungan belajar, konsepsi lama mudah kembali aktif. (Smith et al., 1994; Mortimer, 1995)

Tahap terakhir adalah konsolidasi dan transfer. Peserta didik menggunakan konsep pada situasi baru, menjelaskan batasnya, membandingkan dengan konsep berdekatan, dan mengevaluasi informasi dari sumber lain. Asesmen ulang dilakukan setelah jeda untuk melihat ketahanan perubahan. Remediasi dinilai berhasil apabila peserta didik tidak hanya

memilih jawaban ilmiah, tetapi dapat memberikan alasan yang konsisten dan menilai kewajaran representasi serta hasil. (Taber, 2002a; Treagust, 1988)

4.8.20 Sintesis Subbab

Sumber rumus dan algoritma tanpa pemahaman berkontribusi terhadap miskonsepsi melalui mekanisme berikut: keberhasilan prosedural memberi rasa benar, sedangkan asumsi, satuan, batas penerapan, dan representasi kimia di balik perhitungan tidak diproses. Pengaruhnya terlihat pada seluruh domain kimia, tetapi bentuk konkret berbeda menurut tingkat representasi, prasyarat, dan aktivitas. Karena itu, guru harus menghindari kesimpulan bahwa satu strategi dapat memperbaiki semua miskonsepsi. Intervensi perlu mempertimbangkan isi konsep dan sumber yang menguatkannya. (Nurrenbern & Pickering, 1987; Sawrey, 1990; Pickering, 1990; Cracolice et al., 2008)

Inti diagnosis adalah membedakan gejala, konsepsi, dan sumber. Gejala merupakan respons yang tampak; konsepsi adalah hubungan makna yang digunakan; sumber adalah kondisi yang membentuk atau menguatkan hubungan tersebut. Pembedaan ini memungkinkan tindakan yang presisi. Jawaban salah akibat ketidaktelitian tidak memerlukan konflik konseptual, sedangkan miskonsepsi berkeyakinan tinggi tidak cukup diatasi dengan latihan tambahan. (Hasan et al., 1999; Brandriet & Bretz, 2014)

Implikasi utamanya adalah menghubungkan setiap rumus dengan definisi dan model, meminta estimasi serta penjelasan, menggunakan pasangan soal konseptual-algoritmik, dan menilai proses penalaran. Pencegahan terbaik bukan menghilangkan seluruh penyederhanaan, pengalaman, atau media, melainkan mengelolanya secara epistemik: tujuan dinyatakan, batas dibahas, hubungan antarrepresentasi dibangun, dan bukti digunakan untuk mengevaluasi model. Prinsip ini menjadi jembatan menuju subbab berikutnya, karena sumber miskonsepsi selalu berinteraksi dengan sumber lain dalam ekosistem pembelajaran. (Taber, 2001b; Duit & Treagust, 2003)

4.8.21 Checklist Audit Sumber

Checklist berikut digunakan untuk menilai apakah rumus dan algoritma tanpa pemahaman berpotensi membentuk atau menguatkan miskonsepsi. Setiap butir sebaiknya dijawab berdasarkan bukti konkret dari materi, rekaman pembelajaran, respons peserta didik, atau hasil asesmen. Jawaban “ya” bukan vonis bahwa miskonsepsi pasti terjadi, tetapi penanda perlunya pemeriksaan lebih lanjut. (Nurrenbern & Pickering, 1987; Sawrey, 1990)

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
1	Apakah rumus dan algoritma tanpa pemahaman menggunakan istilah, model, atau aturan tanpa menjelaskan batas dan syarat?	☐

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
2	Apakah hubungan antara fenomena, partikel, simbol, grafik, dan perhitungan dinyatakan secara eksplisit?	☐
3	Apakah contoh dan noncontoh cukup bervariasi untuk memperjelas atribut kritis?	☐
4	Apakah peserta didik diminta memberikan alasan, bukan hanya jawaban atau hasil hitung?	☐
5	Apakah terdapat peluang untuk membandingkan prediksi dengan bukti dan merevisi model?	☐
6	Apakah konsep prasyarat diperiksa sebelum materi lanjutan diperkenalkan?	☐
7	Apakah bahasa atau visual berpotensi dibaca secara literal atau antropomorfis?	☐
8	Apakah asesmen memberi penghargaan pada pemahaman, translasi representasi, dan transfer?	☐
9	Apakah sumber lain—buku, media, praktikum, atau teman—mengulang gagasan yang sama?	☐
10	Apakah perubahan pemahaman diperiksa kembali setelah jeda dan pada konteks baru?	☐

4.9 Penyederhanaan Konsep secara Berlebihan

Apabila ditelaah lebih jauh, reduksi kompleksitas yang menghilangkan syarat, asumsi, pengecualian, skala, atau status model sehingga pendekatan sementara dipahami sebagai hukum universal. Sumber ini tidak bekerja sebagai penyebab tunggal yang langsung menghasilkan satu jawaban salah. Ia menyediakan kerangka interpretasi yang menentukan informasi mana yang diperhatikan, istilah mana yang dianggap penting, dan hubungan sebab-akibat apa yang terasa masuk akal. Dalam kimia, kerangka semacam itu sangat berpengaruh karena banyak entitas dan proses tidak dapat diamati secara langsung. Peserta didik harus bergerak dari gejala makroskopik menuju model submikroskopik dan notasi simbolik. Apabila jembatan tersebut tidak dibangun, pemahaman mudah diisi oleh gagasan yang paling tersedia secara mental. (Taber, 2001a; Taber, 2002a)

Mekanisme utamanya dapat diringkas sebagai berikut: aturan ringkas lebih mudah disimpan dan digunakan daripada penjelasan bersyarat, lalu menghambat revisi ketika peserta didik menghadapi kasus lanjutan. Proses ini menghasilkan konsepsi yang sering kali koheren dari sudut pandang peserta didik. Karena koheren, konsepsi tersebut tidak selalu terasa sebagai kesalahan. Ia dapat digunakan untuk menjawab soal rutin, menjelaskan pengalaman tertentu, dan bahkan memperoleh penguatan dari teman, guru, atau sumber belajar. Oleh sebab itu, koreksi yang hanya menyampaikan definisi ilmiah belum tentu cukup. Guru perlu memahami asal, fungsi, dan jaringan gagasan yang menopang konsepsi tersebut. (Taber, 2002a; Talanquer, 2015)

Ciri yang patut dicermati adalah peserta didik menerapkan satu aturan pada semua kasus, menolak pengecualian, dan menganggap konsep baru bertentangan dengan konsep lama. Miskonsepsi tidak sama dengan lupa, salah hitung, atau tidak pernah belajar. Miskonsepsi mempunyai struktur alasan tertentu dan sering disertai tingkat keyakinan. Peserta didik mungkin mengganti kata yang digunakan, tetapi mempertahankan pola penalaran yang sama. Untuk itu, analisis sumber miskonsepsi perlu menghubungkan respons peserta didik dengan konteks pembelajaran, representasi yang digunakan, urutan materi, serta jenis umpan balik yang pernah diterima. (Talanquer, 2015; Tümay, 2016)

Prinsip pencegahan yang relevan adalah menandai status penyederhanaan, menyebut domain berlaku, menyediakan kasus batas, dan merancang jalur pengembangan konsep secara bertahap. Tujuannya bukan meniadakan seluruh pengetahuan awal atau menyederhanakan materi secara ekstrem, melainkan membangun jalur perubahan konseptual. Jalur tersebut harus membuat peserta didik menyadari batas gagasan lama, memahami daya jelas model ilmiah, dan mampu menggunakan konsep pada konteks baru. Bab ini karena itu menempatkan setiap sumber miskonsepsi sebagai bagian dari ekosistem belajar yang dapat didiagnosis dan diperbaiki secara sistematis. (Taber, 2001a; Tümay, 2016)

4.9.1 Kedudukan Penyederhanaan Konsep secara Berlebihan sebagai Sumber Miskonsepsi

Apabila ditelaah lebih jauh, sumber penyederhanaan konsep secara berlebihan perlu dibedakan dari miskonsepsi yang tampak pada jawaban. Sumber adalah kondisi yang menyediakan bahan, arah, atau penguatan bagi pembentukan konsepsi; miskonsepsi adalah struktur pemahaman yang tidak selaras dengan pengetahuan ilmiah yang diterima. Perbedaan ini mencegah guru menyimpulkan bahwa setiap jawaban salah pasti berasal dari faktor yang sama. Dua peserta didik dapat memberikan jawaban identik, tetapi satu berangkat dari makna bahasa, sedangkan yang lain meniru diagram atau aturan yang pernah dipelajari. (Taber, 2001a; Taber, 2002a)

Kedudukan sumber juga bersifat probabilistik. Reduksi kompleksitas yang menghilangkan syarat, asumsi, pengecualian, skala, atau status model sehingga pendekatan sementara dipahami sebagai hukum universal tidak otomatis menghasilkan miskonsepsi pada semua peserta didik. Pengaruhnya bergantung pada pengetahuan prasyarat, perhatian, kualitas penjelasan, frekuensi pengulangan, konteks sosial, dan kesempatan memperoleh umpan

balik. Peserta didik yang memiliki jaringan konsep kuat dapat menafsirkan sumber yang kurang sempurna secara kritis, sedangkan peserta didik lain mungkin mengintegrasikannya secara literal. Karena itu, pencegahan harus memperkuat kemampuan interpretasi, bukan hanya menyaring materi. (Taber, 2002a; Talanquer, 2015)

Dalam kimia, kerentanan tersebut meningkat karena makna harus dikoordinasikan antara fenomena, partikel, simbol, model, grafik, dan perhitungan. Sumber yang tampak kecil—misalnya satu kata, warna, panah, atau contoh—dapat mengubah hubungan antartingkat representasi. Kesalahan itu kemudian menjalar. Kekeliruan membedakan partikel dengan zat dapat memengaruhi ikatan, larutan, stoikiometri, kesetimbangan, dan elektrokimia. Oleh sebab itu, analisis sumber perlu memeriksa tidak hanya isi pernyataan, tetapi juga fungsi representasi dan hubungan yang dibangun. (Johnstone, 2000; Taber, 2001a)

4.9.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan

Masalah ini menjadi penting karena aturan ringkas lebih mudah disimpan dan digunakan daripada penjelasan bersyarat, lalu menghambat revisi ketika peserta didik menghadapi kasus lanjutan. Pada tahap awal, peserta didik memilih petunjuk yang paling menonjol. Petunjuk itu dihubungkan dengan skema yang telah tersedia. Ketika hasilnya cukup berhasil untuk menjawab pertanyaan atau menjelaskan satu pengalaman, hubungan tersebut menjadi lebih mudah diaktifkan kembali. Pengulangan tanpa koreksi meningkatkan kelancaran pemrosesan, dan kelancaran sering keliru ditafsirkan sebagai kebenaran. (Taber, 2001a; Koriat, 1997)

Penguatan dapat terjadi melalui empat jalur. Pertama, konsistensi internal: gagasan terasa cocok dengan asumsi lain yang telah dimiliki. Kedua, konsistensi sosial: teman, guru, buku, atau media menggunakan ungkapan serupa. Ketiga, keberhasilan instrumental: algoritma atau aturan menghasilkan jawaban yang dinilai benar. Keempat, ketiadaan anomali yang diproses secara sadar. Peserta didik mungkin telah melihat data yang tidak sesuai, tetapi menafsirkannya sebagai pengecualian atau kesalahan eksperimen. Jalur-jalur ini menjelaskan ketahanan miskonsepsi. (Smith et al., 1994; Duit & Treagust, 2003)

Hubungan antara sumber dan konsepsi juga dapat berubah sepanjang waktu. Sebuah penyederhanaan yang awalnya membantu dapat menjadi hambatan pada materi lanjutan. Sebaliknya, pengalaman yang semula menyesatkan dapat berfungsi sebagai titik awal diskusi ketika guru meminta prediksi, menghadirkan bukti pembandingan, dan membangun model yang lebih luas. Dengan demikian, persoalannya bukan hanya apakah sumber itu benar atau salah, melainkan bagaimana sumber tersebut diposisikan, dibatasi, dan direvisi dalam urutan belajar. (Talanquer, 2015; Tümay, 2016)

4.9.3 Indikator pada Respons Peserta Didik

Diagnosis tidak cukup dilakukan dengan menanyakan definisi. Indikator pertama adalah konsistensi alasan. Respons yang sama muncul pada pertanyaan berbeda karena peserta didik menggunakan aturan inti yang sama. Indikator kedua adalah transfer yang salah: aturan yang

benar pada satu konteks diterapkan pada konteks lain tanpa memeriksa syarat. Indikator ketiga adalah ketergantungan pada fitur permukaan. Perubahan angka, gambar, atau istilah dapat mengubah jawaban meskipun struktur kimianya tetap. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Indikator lain adalah tingkat keyakinan yang tidak sejalan dengan kualitas alasan. Peserta didik dapat sangat yakin karena jawaban terasa familiar, pernah memperoleh nilai, atau cocok dengan sumber yang dianggap otoritatif. Keadaan ini berbeda dari tebakan atau pengetahuan yang belum lengkap. Penggunaan tingkat keyakinan, alasan terbuka, dan tugas translasi representasi membantu memisahkan miskonsepsi kuat dari ketidakpastian biasa. (Brandriet & Bretz, 2014; Koriati, 1997)

Guru juga perlu mengamati bahasa spontan, gambar, pilihan simbol, urutan langkah, dan tindakan selama praktikum. Konsepsi yang tidak tampak pada definisi sering muncul ketika peserta didik harus menjelaskan mengapa, memprediksi perubahan, atau membangun diagram partikel. Bukti terbaik biasanya berasal dari triangulasi: jawaban tertulis, wawancara singkat, representasi visual, dan kinerja pada kasus baru. (Gkitzia et al., 2020; Taber, 2002a)

4.9.4 Pembedaan dari Kesalahan Lain

Kesalahan aritmetika, salah baca satuan, kelalaian, atau keterbatasan kosakata dapat menghasilkan jawaban salah tanpa membentuk miskonsepsi. Karena itu, guru perlu menanyakan apakah peserta didik mempunyai hubungan konseptual alternatif yang digunakan secara konsisten. Kesalahan satu kali yang segera disadari setelah ditunjukkan berbeda dari gagasan yang dipertahankan melalui penjelasan dan contoh. Pembedaan ini menentukan jenis intervensi: latihan prosedural, dukungan bahasa, atau perubahan konseptual. (Nakhleh, 1992; Treagust, 1988)

Pengetahuan parsial juga tidak selalu merupakan miskonsepsi. Peserta didik mungkin mengetahui bahwa katalis mempercepat reaksi tetapi belum memahami jalur alternatif dan energi aktivasi. Keadaan tersebut menjadi miskonsepsi ketika ia menambahkan hubungan keliru, misalnya katalis menaikkan energi pereaksi atau mengubah tetapan kesetimbangan. Diagnosis harus mengidentifikasi apa yang benar, apa yang belum ada, dan apa yang secara aktif salah. (Taber, 2001b; Talanquer, 2015)

Dalam konteks penyederhanaan konsep secara berlebihan, pembedaan tersebut makin penting karena satu respons dapat memiliki beberapa asal. Guru sebaiknya menelusuri kapan gagasan pertama kali digunakan, sumber apa yang dianggap meyakinkan, dan pada konteks mana gagasan berubah. Data itu memberi dasar untuk intervensi yang tepat sasaran dan mencegah tindakan umum seperti mengulang ceramah atau menambah soal tanpa memperbaiki penyebab. (Taber, 2001a; Taber, 2002a)

4.9.5 Materi, Zat, dan Perubahan

Pada topik materi, zat, dan perubahan, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa materi tersusun atas partikel, identitas zat ditentukan oleh jenis dan susunan

partikelnya, serta perubahan fisika perlu dibedakan dari perubahan kimia berdasarkan perubahan identitas kimia. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Taber, 2001a; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan penyederhanaan konsep secara berlebihan, masalah yang sering muncul ialah ketika perubahan fisika didefinisikan dapat balik dan perubahan kimia tidak dapat balik, seolah tanpa pengecualian. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Talanquer, 2015; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Ke mana partikel air pergi ketika pakaian mengering, dan apakah jumlah materi benar-benar berkurang?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan massa sistem terbuka dan tertutup, menyusun diagram partikel sebelum-sesudah, serta membedakan bukti observasional dari inferensi tentang partikel. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Taber, 2001a; Taber, 2002a)

4.9.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron

Pada topik struktur atom dan konfigurasi elektron, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa model atom adalah representasi teoretis dengan domain berlaku tertentu; elektron tidak berada pada lintasan planet yang kaku, dan konfigurasi elektron berkaitan dengan keadaan energi serta probabilitas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif.

Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Taber, 2002a; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan penyederhanaan konsep secara berlebihan, masalah yang sering muncul ialah ketika model Bohr dipakai sebagai gambaran final semua atom dan aturan oktet dipakai untuk semua konfigurasi. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Tümay, 2016; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah elektron mempunyai lintasan pasti seperti planet, dan apa yang sebenarnya dinyatakan oleh orbital?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan beberapa model atom, menjelaskan fungsi dan batas setiap model, serta menggunakan peta perubahan model berdasarkan bukti eksperimen. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Talanquer, 2015; Meyer & Pietzner, 2022)

4.9.7 Sistem Periodik dan Periodisitas

Pada topik sistem periodik dan periodisitas, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penjarangan, dan jarak elektron; kecenderungan periodik bersifat pola dengan pengecualian yang harus dipahami secara kausal. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi.

Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Talanquer, 2015; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan penyederhanaan konsep secara berlebihan, masalah yang sering muncul ialah ketika tren periodik disajikan sebagai aturan mutlak tanpa anomali, kondisi, atau sifat yang sedang dibandingkan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Taber, 2001a; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Taber, 2002a; Taber, 2002a)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penyarungan, dan jarak elektron	Menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian
Miskonsepsi	Tren periodik dihafal sebagai arah panah mutlak, nomor periode dianggap jumlah elektron valensi, dan ukuran	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
	atom ditentukan hanya oleh jumlah kulit	meskipun jumlah elektronnya bertambah?
Sumber	Tren periodik disajikan sebagai aturan mutlak tanpa anomali, kondisi, atau sifat yang sedang dibandingkan	Periksa peran penyederhanaan konsep secara berlebihan bersama sumber penguat lain.

4.9.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul

Pada topik ikatan kimia, struktur zat, dan gaya antarmolekul, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa ikatan dan gaya antarmolekul harus dibedakan; struktur zat ditentukan oleh distribusi elektron, interaksi elektrostatik, energi sistem, dan organisasi partikel pada berbagai skala. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Tümay, 2016; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan penyederhanaan konsep secara berlebihan, masalah yang sering muncul ialah ketika semua ikatan digolongkan murni ionik atau kovalen dan stabilitas dijelaskan hanya dengan oktet. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Tümay, 2016; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang diputus ketika air mendidih: ikatan O–H atau interaksi antarmolekul?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan struktur diskrit, kisi ionik, logam, dan jaringan kovalen sambil menghubungkan struktur dengan sifat. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Talanquer, 2015; Taber, 2002a)

4.9.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi

Pada topik mol, stoikiometri, dan persamaan reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa mol adalah satuan jumlah zat yang menghubungkan entitas pada tingkat partikel dengan besaran makroskopik; koefisien reaksi menyatakan perbandingan jumlah entitas atau mol, bukan perbandingan massa secara langsung. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Taber, 2001a; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan penyederhanaan konsep secara berlebihan, masalah yang sering muncul ialah ketika mol direduksi menjadi massa dibagi Mr dan stoikiometri menjadi manipulasi koefisien. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Talanquer, 2015; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa satu mol oksigen dan satu mol besi mengandung jumlah entitas yang sama tetapi bermassa berbeda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan persamaan reaksi, model partikel, tabel jumlah mol, dan alasan kuantitatif pada setiap langkah perhitungan.

Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Taber, 2002a; Gkitzia et al., 2011)

4.9.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit

Pada topik larutan, konsentrasi, kelarutan, dan elektrolit, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel; konsentrasi berbeda dari kekuatan, kelarutan bergantung pada kondisi, dan konduktivitas memerlukan pembawa muatan yang dapat bergerak. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Taber, 2002a; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan penyederhanaan konsep secara berlebihan, masalah yang sering muncul ialah ketika larutan ideal, disosiasi sempurna, dan volume aditif diperlakukan berlaku universal. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Taber, 2001a; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian,

dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Taber, 2002a; Gkitzia et al., 2011)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel	Menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi
Miskonsepsi	Larutan jenuh dianggap tidak memiliki ruang, zat terlarut lenyap, asam kuat selalu pekat, dan semua senyawa ionik selalu menghantarkan listrik	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?
Sumber	Larutan ideal, disosiasi sempurna, dan volume aditif diperlakukan berlaku universal	Periksa peran penyederhanaan konsep secara berlebihan bersama sumber penguat lain.

4.9.11 Termokimia dan Termodinamika

Pada topik termokimia dan termodinamika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa kalor adalah energi yang berpindah karena perbedaan suhu, suhu berkaitan dengan distribusi energi kinetik, dan spontanitas tidak identik dengan kecepatan reaksi. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Talanquer, 2015; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan penyederhanaan konsep secara berlebihan, masalah yang sering muncul ialah ketika reaksi eksoterm disamakan dengan spontan dan energi aktivasi dianggap bagian dari perubahan entalpi. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri

permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Taber, 2001a; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Dapatkah proses endoterm berlangsung spontan, dan apakah spontan berarti terjadi seketika?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menetapkan sistem-lingkungan, menggambar diagram energi, membedakan aspek termodinamika dari kinetika, dan menafsirkan tanda besaran. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Taber, 2001a; Gkitzia et al., 2011)

4.9.12 Laju Reaksi dan Kinetika

Pada topik laju reaksi dan kinetika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa laju reaksi ditentukan oleh mekanisme, frekuensi serta orientasi tumbukan efektif, distribusi energi, dan konsentrasi spesies yang terlibat dalam tahap elementer. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Tümay, 2016; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan penyederhanaan konsep secara berlebihan, masalah yang sering muncul ialah ketika teori tumbukan direduksi menjadi makin sering bertumbukan maka pasti makin cepat. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Taber, 2001a; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa kenaikan suhu dapat meningkatkan laju jauh lebih besar daripada sekadar kenaikan kecepatan rata-rata partikel?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan data laju, grafik distribusi energi, mekanisme reaksi, serta model tumbukan dengan asumsi yang dinyatakan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Tümay, 2016; Meyer & Pietzner, 2022)

4.9.13 Keseimbangan Kimia

Pada topik keseimbangan kimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa keseimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Taber, 2001a; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan penyederhanaan konsep secara berlebihan, masalah yang sering muncul ialah ketika asas Le Chatelier dijadikan aturan universal tanpa Q, K, batas, dan kondisi keseimbangan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Taber, 2001a; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan

materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis Q dan K. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Taber, 2002a; Taber, 2002a)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Kesetimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu	Menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis q dan k
Miskonsepsi	Reaksi berhenti pada kesetimbangan, konsentrasi pereaksi dan produk harus sama, dan katalis menggeser kesetimbangan	Minta alasan atas pertanyaan: Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?
Sumber	Asas le chatelier dijadikan aturan universal tanpa q, k, batas, dan kondisi kesetimbangan	Periksa peran penyederhanaan konsep secara berlebihan bersama sumber penguat lain.

4.9.14 Asam, Basa, dan pH

Pada topik asam, basa, dan pH, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa asam-basa bergantung pada kerangka teori dan pasangan reaksi; kekuatan berbeda dari konsentrasi, sedangkan pH berskala logaritmik dan bergantung pada kondisi larutan. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan,

menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Taber, 2002a; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan penyederhanaan konsep secara berlebihan, masalah yang sering muncul ialah ketika pH netral selalu ditetapkan 7 dan aktivitas diganti konsentrasi tanpa penandaan konteks. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Tümay, 2016; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah larutan asam lemah yang pekat dapat memiliki pH lebih rendah daripada larutan asam kuat yang sangat encer?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan derajat ionisasi dan konsentrasi, menggunakan garis bilangan logaritmik, serta menguji berbagai pasangan asam-basa. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Tümay, 2016; Meyer & Pietzner, 2022)

4.9.15 Redoks dan Elektrokimia

Pada topik redoks dan elektrokimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa oksidasi-reduksi melibatkan perubahan bilangan oksidasi dan transfer elektron secara konseptual; potensial sel adalah besaran intensif dan arah aliran elektron harus dibedakan dari arus konvensional. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Talanquer, 2015; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan penyederhanaan konsep secara berlebihan, masalah yang sering muncul ialah ketika aturan anoda-katoda dan bilangan oksidasi disederhanakan tanpa konteks sel dan struktur. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Taber, 2002a; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa tanda anoda berbeda antara sel galvanik dan sel elektrolisis, tetapi oksidasi tetap terjadi di anoda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melacak elektron, ion, muatan, dan perubahan bilangan oksidasi pada diagram sel yang diberi label lengkap. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Taber, 2001a; Gkitzia et al., 2011)

4.9.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi

Pada topik kimia organik dan mekanisme reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas; panah lengkung merepresentasikan perpindahan pasangan elektron, bukan gerak atom secara bebas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Tümay, 2016; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan penyederhanaan konsep secara berlebihan, masalah yang sering muncul ialah ketika resonansi dianggap perpindahan cepat antarstruktur dan mekanisme tunggal dianggap selalu eksklusif. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi

kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Tümay, 2016; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Talanquer, 2015; Meyer & Pietzner, 2022)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas	Melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur
Miskonsepsi	Rumus struktur dianggap gambar geometris literal, panah mekanisme menunjukkan atom berpindah mengikuti panah, dan semua isomer dianggap memiliki sifat yang sama	Minta alasan atas pertanyaan: Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Sumber	Resonansi dianggap perpindahan cepat antarstruktur dan mekanisme tunggal dianggap selalu eksklusif	Periksa peran penyederhanaan konsep secara berlebihan bersama sumber penguat lain.

4.9.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Indikator yang paling berguna muncul ketika peserta didik diminta memprediksi dan memberikan alasan. Untuk sumber penyederhanaan konsep secara berlebihan, diagnosis sebaiknya dimulai dengan peta hipotesis: gagasan apa yang mungkin dimiliki, bukti respons apa yang mendukungnya, dan sumber mana yang mungkin berperan. Peta ini mencegah guru mencari satu kesalahan yang telah diperkirakan sebelumnya. Instrumen dapat menggabungkan pilihan jawaban, alasan, tingkat keyakinan, gambar, tugas prediksi, dan wawancara singkat. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Butir diagnostik perlu menghindari petunjuk bahasa yang terlalu jelas dan harus menilai konsep pada lebih dari satu konteks. Soal numerik dapat dipasangkan dengan soal konseptual yang mempunyai struktur sama. Diagram dapat diminta diterjemahkan ke dalam persamaan dan penjelasan verbal. Dalam praktikum, peserta didik diminta membedakan apa yang diamati, apa yang dihitung, dan apa yang diinferensikan. Kombinasi tersebut mengungkap konsistensi model mental. (Brandriet & Bretz, 2014; Gkitzia et al., 2020)

Hasil diagnosis tidak berhenti pada persentase jawaban salah. Guru perlu mengelompokkan pola alasan, memeriksa konsep prasyarat, serta menelusuri bahan ajar dan praktik yang mungkin menguatkannya. Tindak lanjut dilakukan melalui konferensi singkat, diskusi kelas, revisi bahan, dan asesmen ulang. Dengan cara ini, diagnosis berfungsi sebagai bagian dari desain pembelajaran, bukan sekadar pelabelan peserta didik. (Taber, 2002a; Duit & Treagust, 2003)

4.9.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran

Remediasi memerlukan kesempatan bagi peserta didik untuk membandingkan prediksi, bukti, dan model ilmiah. Guru perlu melakukan analisis konsep sebelum memilih contoh, analogi, gambar, rumus, dan kegiatan. Analisis mencakup atribut kritis, noncontoh, prasyarat, representasi, kemungkinan salah tafsir, serta batas model. Pada sumber penyederhanaan konsep secara berlebihan, perhatian khusus diberikan pada menandai status penyederhanaan, menyebut domain berlaku, menyediakan kasus batas, dan merancang jalur pengembangan konsep secara bertahap. Pencegahan harus tampak dalam tujuan, urutan, aktivitas, dan asesmen. (Taber, 2001a; Taber, 2002a)

Desain pembelajaran yang kuat menghubungkan tiga lapisan. Lapisan pertama adalah fenomena atau data yang memberi alasan untuk belajar. Lapisan kedua adalah model yang menjelaskan fenomena. Lapisan ketiga adalah simbol dan perhitungan yang memadatkan hubungan. Perpindahan antar lapisan tidak boleh diasumsikan terjadi otomatis. Guru perlu memodelkan proses penerjemahan, menanyakan makna setiap simbol, dan menilai konsistensi penjelasan. (Johnstone, 2000; Gkitzia et al., 2020)

Pencegahan juga memerlukan pengelolaan bahasa dan metakognisi. Peserta didik diberi kesempatan menandai kata bermakna ganda, menyatakan tingkat keyakinan, dan menuliskan perubahan pemahaman. Guru dapat menggunakan kalimat seperti “model ini berguna untuk menjelaskan..., tetapi tidak menunjukkan...”. Kebiasaan tersebut membangun kewaspadaan epistemik dan mengurangi kecenderungan memperlakukan model, analogi, atau aturan sebagai realitas harfiah. (Koriat, 1997; Meyer & Pietzner, 2022)

4.9.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual

Remediasi dimulai dengan mengakui bahwa konsepsi awal memiliki alasan bagi peserta didik. Guru tidak cukup menyatakan “itu salah”, melainkan meminta peserta didik mengartikulasikan prediksi dan dasar pikirnya. Setelah itu disajikan kasus yang membedakan daya jelas konsepsi awal dan model ilmiah. Anomali harus dapat dipahami, relevan, dan diikuti penjelasan alternatif; jika tidak, peserta didik dapat mengabaikannya sebagai pengecualian. (Vosniadou, 1994; Duit & Treagust, 2003)

Tahap berikutnya adalah rekonstruksi. Peserta didik menyusun model baru melalui contoh beragam, noncontoh, peta konsep, dan translasi representasi. Guru menekankan hubungan yang berubah, bukan hanya jawaban. Pada sumber penyederhanaan konsep secara berlebihan, rekonstruksi harus sekaligus memperbaiki sumber penguat—misalnya istilah, gambar, lembar kerja, atau pola asesmen. Tanpa perubahan lingkungan belajar, konsepsi lama mudah kembali aktif. (Smith et al., 1994; Mortimer, 1995)

Tahap terakhir adalah konsolidasi dan transfer. Peserta didik menggunakan konsep pada situasi baru, menjelaskan batasnya, membandingkan dengan konsep berdekatan, dan mengevaluasi informasi dari sumber lain. Asesmen ulang dilakukan setelah jeda untuk melihat ketahanan perubahan. Remediasi dinilai berhasil apabila peserta didik tidak hanya memilih jawaban ilmiah, tetapi dapat memberikan alasan yang konsisten dan menilai kewajaran representasi serta hasil. (Taber, 2002a; Treagust, 1988)

4.9.20 Sintesis Subbab

Sumber penyederhanaan konsep secara berlebihan berkontribusi terhadap miskonsepsi melalui mekanisme berikut: aturan ringkas lebih mudah disimpan dan digunakan daripada penjelasan bersyarat, lalu menghambat revisi ketika peserta didik menghadapi kasus lanjutan. Pengaruhnya terlihat pada seluruh domain kimia, tetapi bentuk konkret berbeda menurut tingkat representasi, prasyarat, dan aktivitas. Karena itu, guru harus menghindari kesimpulan bahwa satu strategi dapat memperbaiki semua miskonsepsi. Intervensi perlu

mempertimbangkan isi konsep dan sumber yang menguatkannya. (Taber, 2001a; Taber, 2002a; Talanquer, 2015; Tümay, 2016)

Inti diagnosis adalah membedakan gejala, konsepsi, dan sumber. Gejala merupakan respons yang tampak; konsepsi adalah hubungan makna yang digunakan; sumber adalah kondisi yang membentuk atau menguatkan hubungan tersebut. Perbedaan ini memungkinkan tindakan yang presisi. Jawaban salah akibat ketidakteitian tidak memerlukan konflik konseptual, sedangkan miskonsepsi berkeyakinan tinggi tidak cukup diatasi dengan latihan tambahan. (Hasan et al., 1999; Brandriet & Bretz, 2014)

Implikasi utamanya adalah menandai status penyederhanaan, menyebut domain berlaku, menyediakan kasus batas, dan merancang jalur pengembangan konsep secara bertahap. Pencegahan terbaik bukan menghilangkan seluruh penyederhanaan, pengalaman, atau media, melainkan mengelolanya secara epistemik: tujuan dinyatakan, batas dibahas, hubungan antarrepresentasi dibangun, dan bukti digunakan untuk mengevaluasi model. Prinsip ini menjadi jembatan menuju subbab berikutnya, karena sumber miskonsepsi selalu berinteraksi dengan sumber lain dalam ekosistem pembelajaran. (Taber, 2001b; Duit & Treagust, 2003)

4.9.21 Checklist Audit Sumber

Checklist berikut digunakan untuk menilai apakah penyederhanaan konsep secara berlebihan berpotensi membentuk atau menguatkan miskonsepsi. Setiap butir sebaiknya dijawab berdasarkan bukti konkret dari materi, rekaman pembelajaran, respons peserta didik, atau hasil asesmen. Jawaban “ya” bukan vonis bahwa miskonsepsi pasti terjadi, tetapi penanda perlunya pemeriksaan lebih lanjut. (Taber, 2001a; Taber, 2002a)

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
1	Apakah penyederhanaan konsep secara berlebihan menggunakan istilah, model, atau aturan tanpa menjelaskan batas dan syarat?	☐
2	Apakah hubungan antara fenomena, partikel, simbol, grafik, dan perhitungan dinyatakan secara eksplisit?	☐
3	Apakah contoh dan noncontoh cukup bervariasi untuk memperjelas atribut kritis?	☐
4	Apakah peserta didik diminta memberikan alasan, bukan hanya jawaban atau hasil hitung?	☐
5	Apakah terdapat peluang untuk membandingkan prediksi dengan bukti dan merevisi model?	☐

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
6	Apakah konsep prasyarat diperiksa sebelum materi lanjutan diperkenalkan?	☐
7	Apakah bahasa atau visual berpotensi dibaca secara literal atau antropomorfis?	☐
8	Apakah asesmen memberi penghargaan pada pemahaman, translasi representasi, dan transfer?	☐
9	Apakah sumber lain—buku, media, praktikum, atau teman—mengulang gagasan yang sama?	☐
10	Apakah perubahan pemahaman diperiksa kembali setelah jeda dan pada konteks baru?	☐

4.10 Ketidakkonsistenan Istilah Kimia

Apabila ditelaah lebih jauh, perubahan penggunaan kata, simbol, satuan, nama spesies, atau kategori tanpa penjelasan konteks dan kerangka teoretis. Sumber ini tidak bekerja sebagai penyebab tunggal yang langsung menghasilkan satu jawaban salah. Ia menyediakan kerangka interpretasi yang menentukan informasi mana yang diperhatikan, istilah mana yang dianggap penting, dan hubungan sebab-akibat apa yang terasa masuk akal. Dalam kimia, kerangka semacam itu sangat berpengaruh karena banyak entitas dan proses tidak dapat diamati secara langsung. Peserta didik harus bergerak dari gejala makroskopik menuju model submikroskopik dan notasi simbolik. Apabila jembatan tersebut tidak dibangun, pemahaman mudah diisi oleh gagasan yang paling tersedia secara mental. (IUPAC, 2025; Liu & Taber, 2016)

Mekanisme utamanya dapat diringkas sebagai berikut: peserta didik menyatukan istilah yang mirip atau memisahkan istilah yang seharusnya berhubungan karena rujukan dan batasnya tidak stabil antarguru, buku, dan jenjang. Proses ini menghasilkan konsepsi yang sering kali koheren dari sudut pandang peserta didik. Karena koheren, konsepsi tersebut tidak selalu terasa sebagai kesalahan. Ia dapat digunakan untuk menjawab soal rutin, menjelaskan pengalaman tertentu, dan bahkan memperoleh penguatan dari teman, guru, atau sumber belajar. Oleh sebab itu, koreksi yang hanya menyampaikan definisi ilmiah belum tentu cukup. Guru perlu memahami asal, fungsi, dan jaringan gagasan yang menopang konsepsi tersebut. (Liu & Taber, 2016; Markic & Childs, 2016)

Ciri yang patut dicermati adalah satu istilah diberi beberapa arti dalam jawaban, istilah yang berbeda dipakai sebagai sinonim, atau simbol dibaca dengan fungsi yang sama pada semua konteks. Miskonsepsi tidak sama dengan lupa, salah hitung, atau tidak pernah belajar. Miskonsepsi mempunyai struktur alasan tertentu dan sering disertai tingkat keyakinan.

Peserta didik mungkin mengganti kata yang digunakan, tetapi mempertahankan pola penalaran yang sama. Untuk itu, analisis sumber miskonsepsi perlu menghubungkan respons peserta didik dengan konteks pembelajaran, representasi yang digunakan, urutan materi, serta jenis umpan balik yang pernah diterima. (Markic & Childs, 2016; Johnstone & Selepeng, 2001)

Prinsip pencegahan yang relevan adalah menggunakan terminologi IUPAC dan SI secara konsisten, membuat glosarium kontekstual, dan mengajarkan perubahan definisi sebagai perluasan kerangka. Tujuannya bukan meniadakan seluruh pengetahuan awal atau menyederhanakan materi secara ekstrem, melainkan membangun jalur perubahan konseptual. Jalur tersebut harus membuat peserta didik menyadari batas gagasan lama, memahami daya jelas model ilmiah, dan mampu menggunakan konsep pada konteks baru. Bab ini karena itu menempatkan setiap sumber miskonsepsi sebagai bagian dari ekosistem belajar yang dapat didiagnosis dan diperbaiki secara sistematis. (IUPAC, 2025; Johnstone & Selepeng, 2001)

4.10.1 Kedudukan Ketidakkonsistenan Istilah Kimia sebagai Sumber Miskonsepsi

Pada praktiknya, sumber ketidakkonsistenan istilah kimia perlu dibedakan dari miskonsepsi yang tampak pada jawaban. Sumber adalah kondisi yang menyediakan bahan, arah, atau penguatan bagi pembentukan konsepsi; miskonsepsi adalah struktur pemahaman yang tidak selaras dengan pengetahuan ilmiah yang diterima. Pembedaan ini mencegah guru menyimpulkan bahwa setiap jawaban salah pasti berasal dari faktor yang sama. Dua peserta didik dapat memberikan jawaban identik, tetapi satu berangkat dari makna bahasa, sedangkan yang lain meniru diagram atau aturan yang pernah dipelajari. (IUPAC, 2025; Liu & Taber, 2016)

Kedudukan sumber juga bersifat probabilistik. Perubahan penggunaan kata, simbol, satuan, nama spesies, atau kategori tanpa penjelasan konteks dan kerangka teoretis tidak otomatis menghasilkan miskonsepsi pada semua peserta didik. Pengaruhnya bergantung pada pengetahuan prasyarat, perhatian, kualitas penjelasan, frekuensi pengulangan, konteks sosial, dan kesempatan memperoleh umpan balik. Peserta didik yang memiliki jaringan konsep kuat dapat menafsirkan sumber yang kurang sempurna secara kritis, sedangkan peserta didik lain mungkin mengintegrasikannya secara literal. Karena itu, pencegahan harus memperkuat kemampuan interpretasi, bukan hanya menyaring materi. (Liu & Taber, 2016; Markic & Childs, 2016)

Dalam kimia, kerentanan tersebut meningkat karena makna harus dikoordinasikan antara fenomena, partikel, simbol, model, grafik, dan perhitungan. Sumber yang tampak kecil—misalnya satu kata, warna, panah, atau contoh—dapat mengubah hubungan antartingkat representasi. Kesalahan itu kemudian menjalar. Kekeliruan membedakan partikel dengan zat dapat memengaruhi ikatan, larutan, stoikiometri, kesetimbangan, dan elektrokimia. Oleh sebab itu, analisis sumber perlu memeriksa tidak hanya isi pernyataan, tetapi juga fungsi representasi dan hubungan yang dibangun. (Johnstone, 2000; Taber, 2001a)

4.10.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan

Pada praktiknya, peserta didik menyatukan istilah yang mirip atau memisahkan istilah yang seharusnya berhubungan karena rujukan dan batasnya tidak stabil antarguru, buku, dan jenjang. Pada tahap awal, peserta didik memilih petunjuk yang paling menonjol. Petunjuk itu dihubungkan dengan skema yang telah tersedia. Ketika hasilnya cukup berhasil untuk menjawab pertanyaan atau menjelaskan satu pengalaman, hubungan tersebut menjadi lebih mudah diaktifkan kembali. Pengulangan tanpa koreksi meningkatkan kelancaran pemrosesan, dan kelancaran sering keliru ditafsirkan sebagai kebenaran. (IUPAC, 2025; Koriati, 1997)

Penguatan dapat terjadi melalui empat jalur. Pertama, konsistensi internal: gagasan terasa cocok dengan asumsi lain yang telah dimiliki. Kedua, konsistensi sosial: teman, guru, buku, atau media menggunakan ungkapan serupa. Ketiga, keberhasilan instrumental: algoritma atau aturan menghasilkan jawaban yang dinilai benar. Keempat, ketiadaan anomali yang diproses secara sadar. Peserta didik mungkin telah melihat data yang tidak sesuai, tetapi menafsirkannya sebagai pengecualian atau kesalahan eksperimen. Jalur-jalur ini menjelaskan ketahanan miskonsepsi. (Smith et al., 1994; Duit & Treagust, 2003)

Hubungan antara sumber dan konsepsi juga dapat berubah sepanjang waktu. Sebuah penyederhanaan yang awalnya membantu dapat menjadi hambatan pada materi lanjutan. Sebaliknya, pengalaman yang semula menyesatkan dapat berfungsi sebagai titik awal diskusi ketika guru meminta prediksi, menghadirkan bukti pembandingan, dan membangun model yang lebih luas. Dengan demikian, persoalannya bukan hanya apakah sumber itu benar atau salah, melainkan bagaimana sumber tersebut diposisikan, dibatasi, dan direvisi dalam urutan belajar. (Markic & Childs, 2016; Johnstone & Selepeng, 2001)

4.10.3 Indikator pada Respons Peserta Didik

Guru perlu membedakan antara kekurangan informasi dan miskonsepsi yang telah terstruktur. Indikator pertama adalah konsistensi alasan. Respons yang sama muncul pada pertanyaan berbeda karena peserta didik menggunakan aturan inti yang sama. Indikator kedua adalah transfer yang salah: aturan yang benar pada satu konteks diterapkan pada konteks lain tanpa memeriksa syarat. Indikator ketiga adalah ketergantungan pada fitur permukaan. Perubahan angka, gambar, atau istilah dapat mengubah jawaban meskipun struktur kimianya tetap. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Indikator lain adalah tingkat keyakinan yang tidak sejalan dengan kualitas alasan. Peserta didik dapat sangat yakin karena jawaban terasa familiar, pernah memperoleh nilai, atau cocok dengan sumber yang dianggap otoritatif. Keadaan ini berbeda dari tebakan atau pengetahuan yang belum lengkap. Penggunaan tingkat keyakinan, alasan terbuka, dan tugas translasi representasi membantu memisahkan miskonsepsi kuat dari ketidakpastian biasa. (Brandriet & Bretz, 2014; Koriati, 1997)

Guru juga perlu mengamati bahasa spontan, gambar, pilihan simbol, urutan langkah, dan tindakan selama praktikum. Konsepsi yang tidak tampak pada definisi sering muncul ketika peserta didik harus menjelaskan mengapa, memprediksi perubahan, atau membangun diagram partikel. Bukti terbaik biasanya berasal dari triangulasi: jawaban tertulis, wawancara singkat, representasi visual, dan kinerja pada kasus baru. (Gkitzia et al., 2020; Taber, 2002a)

4.10.4 Perbedaan dari Kesalahan Lain

Kesalahan aritmetika, salah baca satuan, kelalaian, atau keterbatasan kosakata dapat menghasilkan jawaban salah tanpa membentuk miskonsepsi. Karena itu, guru perlu menanyakan apakah peserta didik mempunyai hubungan konseptual alternatif yang digunakan secara konsisten. Kesalahan satu kali yang segera disadari setelah ditunjukkan berbeda dari gagasan yang dipertahankan melalui penjelasan dan contoh. Perbedaan ini menentukan jenis intervensi: latihan prosedural, dukungan bahasa, atau perubahan konseptual. (Nakhleh, 1992; Treagust, 1988)

Pengetahuan parsial juga tidak selalu merupakan miskonsepsi. Peserta didik mungkin mengetahui bahwa katalis mempercepat reaksi tetapi belum memahami jalur alternatif dan energi aktivasi. Keadaan tersebut menjadi miskonsepsi ketika ia menambahkan hubungan keliru, misalnya katalis menaikkan energi pereaksi atau mengubah tetapan kesetimbangan. Diagnosis harus mengidentifikasi apa yang benar, apa yang belum ada, dan apa yang secara aktif salah. (Taber, 2001b; Talanquer, 2015)

Dalam konteks ketidakkonsistenan istilah kimia, perbedaan tersebut makin penting karena satu respons dapat memiliki beberapa asal. Guru sebaiknya menelusuri kapan gagasan pertama kali digunakan, sumber apa yang dianggap meyakinkan, dan pada konteks mana gagasan berubah. Data itu memberi dasar untuk intervensi yang tepat sasaran dan mencegah tindakan umum seperti mengulang ceramah atau menambah soal tanpa memperbaiki penyebab. (IUPAC, 2025; Liu & Taber, 2016)

4.10.5 Materi, Zat, dan Perubahan

Pada topik materi, zat, dan perubahan, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa materi tersusun atas partikel, identitas zat ditentukan oleh jenis dan susunan partikelnya, serta perubahan fisika perlu dibedakan dari perubahan kimia berdasarkan perubahan identitas kimia. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (IUPAC, 2025; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan ketidakkonsistenan istilah kimia, masalah yang sering muncul ialah ketika zat, bahan, materi, unsur, senyawa, campuran, dan partikel digunakan bergantian. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan

penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (IUPAC, 2025; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Ke mana partikel air pergi ketika pakaian mengering, dan apakah jumlah materi benar-benar berkurang?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan massa sistem terbuka dan tertutup, menyusun diagram partikel sebelum-sesudah, serta membedakan bukti observasional dari inferensi tentang partikel. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Markic & Childs, 2016; Meyer & Pietzner, 2022)

4.10.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron

Pada topik struktur atom dan konfigurasi elektron, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa model atom adalah representasi teoretis dengan domain berlaku tertentu; elektron tidak berada pada lintasan planet yang kaku, dan konfigurasi elektron berkaitan dengan keadaan energi serta probabilitas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Liu & Taber, 2016; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan ketidakkonsistenan istilah kimia, masalah yang sering muncul ialah ketika kulit, tingkat energi, subkulit, orbital, dan lintasan tidak dibedakan secara konsisten. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau

aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Liu & Taber, 2016; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah elektron mempunyai lintasan pasti seperti planet, dan apa yang sebenarnya dinyatakan oleh orbital?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan beberapa model atom, menjelaskan fungsi dan batas setiap model, serta menggunakan peta perubahan model berdasarkan bukti eksperimen. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (IUPAC, 2025; Gkitzia et al., 2011)

4.10.7 Sistem Periodik dan Periodisitas

Pada topik sistem periodik dan periodisitas, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penyarungan, dan jarak elektron; kecenderungan periodik bersifat pola dengan pengecualian yang harus dipahami secara kausal. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Markic & Childs, 2016; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan ketidakkonsistenan istilah kimia, masalah yang sering muncul ialah ketika golongan, valensi, elektron valensi, bilangan oksidasi, dan muatan ion saling ditukar. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Markic & Childs, 2016; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (IUPAC, 2025; Taber, 2002a)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penyarungan, dan jarak elektron	Menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian
Miskonsepsi	Tren periodik dihafal sebagai arah panah mutlak, nomor periode dianggap jumlah elektron valensi, dan ukuran atom ditentukan hanya oleh jumlah kulit	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?
Sumber	Golongan, valensi, elektron valensi, bilangan oksidasi, dan muatan ion saling ditukar	Periksa peran ketidakkonsistenan istilah kimia bersama sumber penguat lain.

4.10.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul

Pada topik ikatan kimia, struktur zat, dan gaya antarmolekul, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa ikatan dan gaya antarmolekul harus dibedakan; struktur zat ditentukan oleh distribusi elektron, interaksi elektrostatik, energi sistem, dan organisasi partikel pada berbagai skala. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model

partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Johnstone & Selepeng, 2001; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan ketidakkonsistenan istilah kimia, masalah yang sering muncul ialah ketika ikatan, gaya tarik, gaya antarmolekul, energi ikatan, dan kekuatan zat dipakai tanpa batas. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (IUPAC, 2025; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang diputus ketika air mendidih: ikatan O–H atau interaksi antarmolekul?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan struktur diskrit, kisi ionik, logam, dan jaringan kovalen sambil menghubungkan struktur dengan sifat. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (IUPAC, 2025; Meyer & Pietzner, 2022)

4.10.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi

Pada topik mol, stoikiometri, dan persamaan reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa mol adalah satuan jumlah zat yang menghubungkan entitas pada tingkat partikel dengan besaran makroskopik; koefisien reaksi menyatakan perbandingan jumlah entitas atau mol, bukan perbandingan massa secara langsung. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan

representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (IUPAC, 2025; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan ketidakkonsistenan istilah kimia, masalah yang sering muncul ialah ketika jumlah zat, jumlah partikel, mol, massa molar, massa relatif, dan Mr bercampur. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Johnstone & Selepeng, 2001; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa satu mol oksigen dan satu mol besi mengandung jumlah entitas yang sama tetapi bermassa berbeda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan persamaan reaksi, model partikel, tabel jumlah mol, dan alasan kuantitatif pada setiap langkah perhitungan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (IUPAC, 2025; Meyer & Pietzner, 2022)

4.10.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit

Pada topik larutan, konsentrasi, kelarutan, dan elektrolit, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel; konsentrasi berbeda dari kekuatan, kelarutan bergantung pada kondisi, dan konduktivitas memerlukan pembawa muatan yang dapat bergerak. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Liu & Taber, 2016; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan ketidakkonsistenan istilah kimia, masalah yang sering muncul ialah ketika konsentrasi, kadar, molaritas, kekuatan, kelarutan, dan kejenuhan diperlakukan sinonim. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Liu & Taber, 2016; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Liu & Taber, 2016; Gkitzia et al., 2011)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel	Menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi
Miskonsepsi	Larutan jenuh dianggap tidak memiliki ruang, zat terlarut lenyap, asam kuat selalu pekat, dan semua senyawa ionik selalu menghantarkan listrik	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Sumber	Konsentrasi, kadar, molaritas, kekuatan, kelarutan, dan kejenuhan diperlakukan sinonim	Periksa peran ketidakkonsistenan istilah kimia bersama sumber penguat lain.

4.10.11 Termokimia dan Termodinamika

Pada topik termokimia dan termodinamika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa kalor adalah energi yang berpindah karena perbedaan suhu, suhu berkaitan dengan distribusi energi kinetik, dan spontanitas tidak identik dengan kecepatan reaksi. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Markic & Childs, 2016; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan ketidakkonsistenan istilah kimia, masalah yang sering muncul ialah ketika kalor, panas, suhu, energi, entalpi, dan energi internal tidak konsisten. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (IUPAC, 2025; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Dapatkah proses endoterm berlangsung spontan, dan apakah spontan berarti terjadi seketika?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menetapkan sistem-lingkungan, menggambar diagram energi, membedakan aspek termodinamika dari kinetika, dan menafsirkan tanda besaran. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta

ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (IUPAC, 2025; Meyer & Pietzner, 2022)

4.10.12 Laju Reaksi dan Kinetika

Pada topik laju reaksi dan kinetika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa laju reaksi ditentukan oleh mekanisme, frekuensi serta orientasi tumbukan efektif, distribusi energi, dan konsentrasi spesies yang terlibat dalam tahap elementer. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Johnstone & Selepeng, 2001; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan ketidakkonsistenan istilah kimia, masalah yang sering muncul ialah ketika laju, kecepatan, orde, koefisien laju, mekanisme, dan molekularitas disamakan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (IUPAC, 2025; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa kenaikan suhu dapat meningkatkan laju jauh lebih besar daripada sekadar kenaikan kecepatan rata-rata partikel?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan data laju, grafik distribusi energi, mekanisme reaksi, serta model tumbukan dengan asumsi yang dinyatakan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (IUPAC, 2025; Meyer & Pietzner, 2022)

4.10.13 Keseimbangan Kimia

Pada topik keseimbangan kimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa keseimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (IUPAC, 2025; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan ketidakkonsistenan istilah kimia, masalah yang sering muncul ialah ketika keseimbangan, kestabilan, keadaan tunak, reversibel, dan komposisi tetap tercampur. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (IUPAC, 2025; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis Q dan K. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (IUPAC, 2025; Taber, 2002a)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Kesetimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu	Menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis q dan k
Miskonsepsi	Reaksi berhenti pada kesetimbangan, konsentrasi pereaksi dan produk harus sama, dan katalis menggeser kesetimbangan	Minta alasan atas pertanyaan: Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?
Sumber	Kesetimbangan, kestabilan, keadaan tunak, reversibel, dan komposisi tetap tercampur	Periksa peran ketidakkonsistenan istilah kimia bersama sumber penguat lain.

4.10.14 Asam, Basa, dan pH

Pada topik asam, basa, dan pH, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa asam-basa bergantung pada kerangka teori dan pasangan reaksi; kekuatan berbeda dari konsentrasi, sedangkan pH berskala logaritmik dan bergantung pada kondisi larutan. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Liu & Taber, 2016; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan ketidakkonsistenan istilah kimia, masalah yang sering muncul ialah ketika asam kuat, asam pekat, keasaman, pH, netralisasi, dan netral tidak dibedakan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Liu & Taber, 2016; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah larutan asam lemah yang pekat dapat memiliki pH lebih rendah daripada larutan asam kuat yang sangat encer?” Jawaban sebaiknya

diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan derajat ionisasi dan konsentrasi, menggunakan garis bilangan logaritmik, serta menguji berbagai pasangan asam-basa. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Markic & Childs, 2016; Meyer & Pietzner, 2022)

4.10.15 Redoks dan Elektrokimia

Pada topik redoks dan elektrokimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa oksidasi-reduksi melibatkan perubahan bilangan oksidasi dan transfer elektron secara konseptual; potensial sel adalah besaran intensif dan arah aliran elektron harus dibedakan dari arus konvensional. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Markic & Childs, 2016; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan ketidakkonsistenan istilah kimia, masalah yang sering muncul ialah ketika oksidasi, korosi, pembakaran, muatan, bilangan oksidasi, anoda, dan katoda bertukar konteks. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (IUPAC, 2025; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa tanda anoda berbeda antara sel galvanik dan sel elektrolisis, tetapi oksidasi tetap terjadi di anoda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi.

Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melacak elektron, ion, muatan, dan perubahan bilangan oksidasi pada diagram sel yang diberi label lengkap. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Markic & Childs, 2016; Meyer & Pietzner, 2022)

4.10.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi

Pada topik kimia organik dan mekanisme reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas; panah lengkung merepresentasikan perpindahan pasangan elektron, bukan gerak atom secara bebas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Johnstone & Selepeng, 2001; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan ketidakkonsistenan istilah kimia, masalah yang sering muncul ialah ketika isomer, resonansi, tautomer, konformer, gugus fungsi, dan kelas senyawa tidak stabil penggunaannya. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Markic & Childs, 2016; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Markic & Childs, 2016; Taber, 2002a)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas	Melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur
Miskonsepsi	Rumus struktur dianggap gambar geometris literal, panah mekanisme menunjukkan atom berpindah mengikuti panah, dan semua isomer dianggap memiliki sifat yang sama	Minta alasan atas pertanyaan: Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?
Sumber	Isomer, resonansi, tautomer, konformer, gugus fungsi, dan kelas senyawa tidak stabil penggunaannya	Periksa peran ketidakkonsistenan istilah kimia bersama sumber penguat lain.

4.10.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Pola jawaban perlu diperiksa lintas representasi dan lintas konteks. Untuk sumber ketidakkonsistenan istilah kimia, diagnosis sebaiknya dimulai dengan peta hipotesis: gagasan apa yang mungkin dimiliki, bukti respons apa yang mendukungnya, dan sumber mana yang mungkin berperan. Peta ini mencegah guru mencari satu kesalahan yang telah diperkirakan sebelumnya. Instrumen dapat menggabungkan pilihan jawaban, alasan, tingkat keyakinan, gambar, tugas prediksi, dan wawancara singkat. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Butir diagnostik perlu menghindari petunjuk bahasa yang terlalu jelas dan harus menilai konsep pada lebih dari satu konteks. Soal numerik dapat dipasangkan dengan soal konseptual yang mempunyai struktur sama. Diagram dapat diminta diterjemahkan ke dalam persamaan

dan penjelasan verbal. Dalam praktikum, peserta didik diminta membedakan apa yang diamati, apa yang dihitung, dan apa yang diinferensikan. Kombinasi tersebut mengungkap konsistensi model mental. (Brandriet & Bretz, 2014; Gkitzia et al., 2020)

Hasil diagnosis tidak berhenti pada persentase jawaban salah. Guru perlu mengelompokkan pola alasan, memeriksa konsep prasyarat, serta menelusuri bahan ajar dan praktik yang mungkin menguatkannya. Tindak lanjut dilakukan melalui konferensi singkat, diskusi kelas, revisi bahan, dan asesmen ulang. Dengan cara ini, diagnosis berfungsi sebagai bagian dari desain pembelajaran, bukan sekadar pelabelan peserta didik. (Taber, 2002a; Duit & Treagust, 2003)

4.10.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran

Remediasi memerlukan kesempatan bagi peserta didik untuk membandingkan prediksi, bukti, dan model ilmiah. Guru perlu melakukan analisis konsep sebelum memilih contoh, analogi, gambar, rumus, dan kegiatan. Analisis mencakup atribut kritis, noncontoh, prasyarat, representasi, kemungkinan salah tafsir, serta batas model. Pada sumber ketidakkonsistenan istilah kimia, perhatian khusus diberikan pada menggunakan terminologi IUPAC dan SI secara konsisten, membuat glosarium kontekstual, dan mengajarkan perubahan definisi sebagai perluasan kerangka. Pencegahan harus tampak dalam tujuan, urutan, aktivitas, dan asesmen. (IUPAC, 2025; Liu & Taber, 2016)

Desain pembelajaran yang kuat menghubungkan tiga lapisan. Lapisan pertama adalah fenomena atau data yang memberi alasan untuk belajar. Lapisan kedua adalah model yang menjelaskan fenomena. Lapisan ketiga adalah simbol dan perhitungan yang memadatkan hubungan. Perpindahan antar lapisan tidak boleh diasumsikan terjadi otomatis. Guru perlu memodelkan proses penerjemahan, menanyakan makna setiap simbol, dan menilai konsistensi penjelasan. (Johnstone, 2000; Gkitzia et al., 2020)

Pencegahan juga memerlukan pengelolaan bahasa dan metakognisi. Peserta didik diberi kesempatan menandai kata bermakna ganda, menyatakan tingkat keyakinan, dan menuliskan perubahan pemahaman. Guru dapat menggunakan kalimat seperti “model ini berguna untuk menjelaskan..., tetapi tidak menunjukkan...”. Kebiasaan tersebut membangun kewaspadaan epistemik dan mengurangi kecenderungan memperlakukan model, analogi, atau aturan sebagai realitas harfiah. (Koriat, 1997; Meyer & Pietzner, 2022)

4.10.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual

Remediasi dimulai dengan mengakui bahwa konsepsi awal memiliki alasan bagi peserta didik. Guru tidak cukup menyatakan “itu salah”, melainkan meminta peserta didik mengartikulasikan prediksi dan dasar pikirnya. Setelah itu disajikan kasus yang membedakan daya jelas konsepsi awal dan model ilmiah. Anomali harus dapat dipahami, relevan, dan diikuti penjelasan alternatif; jika tidak, peserta didik dapat mengabaikannya sebagai pengecualian. (Vosniadou, 1994; Duit & Treagust, 2003)

Tahap berikutnya adalah rekonstruksi. Peserta didik menyusun model baru melalui contoh beragam, noncontoh, peta konsep, dan translasi representasi. Guru menekankan hubungan yang berubah, bukan hanya jawaban. Pada sumber ketidakkonsistenan istilah kimia, rekonstruksi harus sekaligus memperbaiki sumber penguat—misalnya istilah, gambar, lembar kerja, atau pola asesmen. Tanpa perubahan lingkungan belajar, konsepsi lama mudah kembali aktif. (Smith et al., 1994; Mortimer, 1995)

Tahap terakhir adalah konsolidasi dan transfer. Peserta didik menggunakan konsep pada situasi baru, menjelaskan batasnya, membandingkan dengan konsep berdekatan, dan mengevaluasi informasi dari sumber lain. Asesmen ulang dilakukan setelah jeda untuk melihat ketahanan perubahan. Remediasi dinilai berhasil apabila peserta didik tidak hanya memilih jawaban ilmiah, tetapi dapat memberikan alasan yang konsisten dan menilai kewajaran representasi serta hasil. (Taber, 2002a; Treagust, 1988)

4.10.20 Sintesis Subbab

Sumber ketidakkonsistenan istilah kimia berkontribusi terhadap miskonsepsi melalui mekanisme berikut: peserta didik menyatukan istilah yang mirip atau memisahkan istilah yang seharusnya berhubungan karena rujukan dan batasnya tidak stabil antarguru, buku, dan jenjang. Pengaruhnya terlihat pada seluruh domain kimia, tetapi bentuk konkret berbeda menurut tingkat representasi, prasyarat, dan aktivitas. Karena itu, guru harus menghindari kesimpulan bahwa satu strategi dapat memperbaiki semua miskonsepsi. Intervensi perlu mempertimbangkan isi konsep dan sumber yang menguatkannya. (IUPAC, 2025; Liu & Taber, 2016; Markic & Childs, 2016; Johnstone & Selepeng, 2001)

Inti diagnosis adalah membedakan gejala, konsepsi, dan sumber. Gejala merupakan respons yang tampak; konsepsi adalah hubungan makna yang digunakan; sumber adalah kondisi yang membentuk atau menguatkan hubungan tersebut. Pembedaan ini memungkinkan tindakan yang presisi. Jawaban salah akibat ketidaktelitian tidak memerlukan konflik konseptual, sedangkan miskonsepsi berkeyakinan tinggi tidak cukup diatasi dengan latihan tambahan. (Hasan et al., 1999; Brandriet & Bretz, 2014)

Implikasi utamanya adalah menggunakan terminologi IUPAC dan SI secara konsisten, membuat glosarium kontekstual, dan mengajarkan perubahan definisi sebagai perluasan kerangka. Pencegahan terbaik bukan menghilangkan seluruh penyederhanaan, pengalaman, atau media, melainkan mengelolanya secara epistemik: tujuan dinyatakan, batas dibahas, hubungan antarrepresentasi dibangun, dan bukti digunakan untuk mengevaluasi model. Prinsip ini menjadi jembatan menuju subbab berikutnya, karena sumber miskonsepsi selalu berinteraksi dengan sumber lain dalam ekosistem pembelajaran. (Taber, 2001b; Duit & Treagust, 2003)

4.10.21 Checklist Audit Sumber

Checklist berikut digunakan untuk menilai apakah ketidakkonsistenan istilah kimia berpotensi membentuk atau menguatkan miskonsepsi. Setiap butir sebaiknya dijawab berdasarkan bukti

konkret dari materi, rekaman pembelajaran, respons peserta didik, atau hasil asesmen. Jawaban “ya” bukan vonis bahwa miskonsepsi pasti terjadi, tetapi penanda perlunya pemeriksaan lebih lanjut. (IUPAC, 2025; Liu & Taber, 2016)

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
1	Apakah ketidakkonsistenan istilah kimia menggunakan istilah, model, atau aturan tanpa menjelaskan batas dan syarat?	☐
2	Apakah hubungan antara fenomena, partikel, simbol, grafik, dan perhitungan dinyatakan secara eksplisit?	☐
3	Apakah contoh dan noncontoh cukup bervariasi untuk memperjelas atribut kritis?	☐
4	Apakah peserta didik diminta memberikan alasan, bukan hanya jawaban atau hasil hitung?	☐
5	Apakah terdapat peluang untuk membandingkan prediksi dengan bukti dan merevisi model?	☐
6	Apakah konsep prasyarat diperiksa sebelum materi lanjutan diperkenalkan?	☐
7	Apakah bahasa atau visual berpotensi dibaca secara literal atau antropomorfis?	☐
8	Apakah asesmen memberi penghargaan pada pemahaman, translasi representasi, dan transfer?	☐
9	Apakah sumber lain—buku, media, praktikum, atau teman—mengulang gagasan yang sama?	☐
10	Apakah perubahan pemahaman diperiksa kembali setelah jeda dan pada konteks baru?	☐

4.11 Kesalahan dalam Media Digital dan Internet

Dalam pembelajaran kimia, informasi, animasi, simulasi, video, laman, atau keluaran otomatis yang tidak melalui kendali mutu memadai atau menyajikan model secara menyesatkan. Sumber ini tidak bekerja sebagai penyebab tunggal yang langsung menghasilkan satu jawaban salah. Ia menyediakan kerangka interpretasi yang menentukan informasi mana yang diperhatikan, istilah mana yang dianggap penting, dan hubungan sebab-akibat apa yang

terasa masuk akal. Dalam kimia, kerangka semacam itu sangat berpengaruh karena banyak entitas dan proses tidak dapat diamati secara langsung. Peserta didik harus bergerak dari gejala makroskopik menuju model submikroskopik dan notasi simbolik. Apabila jembatan tersebut tidak dibangun, pemahaman mudah diisi oleh gagasan yang paling tersedia secara mental. (Rosenthal & Sanger, 2012; Meyer & Pietzner, 2022)

Mekanisme utamanya dapat diringkas sebagai berikut: tampilan menarik, kemudahan akses, pengulangan, dan kesan teknologi meningkatkan kredibilitas semu meskipun sumber, asumsi, atau akurasi tidak jelas. Proses ini menghasilkan konsepsi yang sering kali koheren dari sudut pandang peserta didik. Karena koheren, konsepsi tersebut tidak selalu terasa sebagai kesalahan. Ia dapat digunakan untuk menjawab soal rutin, menjelaskan pengalaman tertentu, dan bahkan memperoleh penguatan dari teman, guru, atau sumber belajar. Oleh sebab itu, koreksi yang hanya menyampaikan definisi ilmiah belum tentu cukup. Guru perlu memahami asal, fungsi, dan jaringan gagasan yang menopang konsepsi tersebut. (Meyer & Pietzner, 2022; Metzger & Flanagin, 2013)

Ciri yang patut dicermati adalah peserta didik mengutip visual atau jawaban daring tanpa dapat menjelaskan sumber, mempercayai animasi sebagai rekaman realitas, dan mengabaikan konflik dengan data. Miskonsepsi tidak sama dengan lupa, salah hitung, atau tidak pernah belajar. Miskonsepsi mempunyai struktur alasan tertentu dan sering disertai tingkat keyakinan. Peserta didik mungkin mengganti kata yang digunakan, tetapi mempertahankan pola penalaran yang sama. Untuk itu, analisis sumber miskonsepsi perlu menghubungkan respons peserta didik dengan konteks pembelajaran, representasi yang digunakan, urutan materi, serta jenis umpan balik yang pernah diterima. (Metzger & Flanagin, 2013; Wineburg & McGrew, 2017)

Prinsip pencegahan yang relevan adalah mengajarkan evaluasi sumber, penelusuran lateral, pemeriksaan DOI dan otoritas, triangulasi, serta interpretasi kritis terhadap simulasi dan keluaran AI. Tujuannya bukan meniadakan seluruh pengetahuan awal atau menyederhanakan materi secara ekstrem, melainkan membangun jalur perubahan konseptual. Jalur tersebut harus membuat peserta didik menyadari batas gagasan lama, memahami daya jelas model ilmiah, dan mampu menggunakan konsep pada konteks baru. Bab ini karena itu menempatkan setiap sumber miskonsepsi sebagai bagian dari ekosistem belajar yang dapat didiagnosis dan diperbaiki secara sistematis. (Rosenthal & Sanger, 2012; Wineburg & McGrew, 2017)

4.11.1 Kedudukan Kesalahan dalam Media Digital dan Internet sebagai Sumber Miskonsepsi

Hal penting yang perlu ditegaskan ialah bahwa sumber kesalahan dalam media digital dan internet perlu dibedakan dari miskonsepsi yang tampak pada jawaban. Sumber adalah kondisi yang menyediakan bahan, arah, atau penguatan bagi pembentukan konsepsi; miskonsepsi adalah struktur pemahaman yang tidak selaras dengan pengetahuan ilmiah yang diterima. Pembedaan ini mencegah guru menyimpulkan bahwa setiap jawaban salah pasti berasal dari

faktor yang sama. Dua peserta didik dapat memberikan jawaban identik, tetapi satu berangkat dari makna bahasa, sedangkan yang lain meniru diagram atau aturan yang pernah dipelajari. (Rosenthal & Sanger, 2012; Meyer & Pietzner, 2022)

Kedudukan sumber juga bersifat probabilistik. Informasi, animasi, simulasi, video, laman, atau keluaran otomatis yang tidak melalui kendali mutu memadai atau menyajikan model secara menyesatkan tidak otomatis menghasilkan miskonsepsi pada semua peserta didik. Pengaruhnya bergantung pada pengetahuan prasyarat, perhatian, kualitas penjelasan, frekuensi pengulangan, konteks sosial, dan kesempatan memperoleh umpan balik. Peserta didik yang memiliki jaringan konsep kuat dapat menafsirkan sumber yang kurang sempurna secara kritis, sedangkan peserta didik lain mungkin mengintegrasikannya secara literal. Karena itu, pencegahan harus memperkuat kemampuan interpretasi, bukan hanya menyaring materi. (Meyer & Pietzner, 2022; Metzger & Flanagin, 2013)

Dalam kimia, kerentanan tersebut meningkat karena makna harus dikoordinasikan antara fenomena, partikel, simbol, model, grafik, dan perhitungan. Sumber yang tampak kecil—misalnya satu kata, warna, panah, atau contoh—dapat mengubah hubungan antartingkat representasi. Kesalahan itu kemudian menjalar. Kekeliruan membedakan partikel dengan zat dapat memengaruhi ikatan, larutan, stoikiometri, kesetimbangan, dan elektrokimia. Oleh sebab itu, analisis sumber perlu memeriksa tidak hanya isi pernyataan, tetapi juga fungsi representasi dan hubungan yang dibangun. (Johnstone, 2000; Taber, 2001a)

4.11.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan

Masalah ini menjadi penting karena tampilan menarik, kemudahan akses, pengulangan, dan kesan teknologi meningkatkan kredibilitas semu meskipun sumber, asumsi, atau akurasi tidak jelas. Pada tahap awal, peserta didik memilih petunjuk yang paling menonjol. Petunjuk itu dihubungkan dengan skema yang telah tersedia. Ketika hasilnya cukup berhasil untuk menjawab pertanyaan atau menjelaskan satu pengalaman, hubungan tersebut menjadi lebih mudah diaktifkan kembali. Pengulangan tanpa koreksi meningkatkan kelancaran pemrosesan, dan kelancaran sering keliru ditafsirkan sebagai kebenaran. (Rosenthal & Sanger, 2012; Koriat, 1997)

Penguatan dapat terjadi melalui empat jalur. Pertama, konsistensi internal: gagasan terasa cocok dengan asumsi lain yang telah dimiliki. Kedua, konsistensi sosial: teman, guru, buku, atau media menggunakan ungkapan serupa. Ketiga, keberhasilan instrumental: algoritma atau aturan menghasilkan jawaban yang dinilai benar. Keempat, ketiadaan anomali yang diproses secara sadar. Peserta didik mungkin telah melihat data yang tidak sesuai, tetapi menafsirkannya sebagai pengecualian atau kesalahan eksperimen. Jalur-jalur ini menjelaskan ketahanan miskonsepsi. (Smith et al., 1994; Duit & Treagust, 2003)

Hubungan antara sumber dan konsepsi juga dapat berubah sepanjang waktu. Sebuah penyederhanaan yang awalnya membantu dapat menjadi hambatan pada materi lanjutan. Sebaliknya, pengalaman yang semula menyesatkan dapat berfungsi sebagai titik awal diskusi

ketika guru meminta prediksi, menghadirkan bukti pembanding, dan membangun model yang lebih luas. Dengan demikian, persoalannya bukan hanya apakah sumber itu benar atau salah, melainkan bagaimana sumber tersebut diposisikan, dibatasi, dan direvisi dalam urutan belajar. (Metzger & Flanagin, 2013; Wineburg & McGrew, 2017)

4.11.3 Indikator pada Respons Peserta Didik

Pola jawaban perlu diperiksa lintas representasi dan lintas konteks. Indikator pertama adalah konsistensi alasan. Respons yang sama muncul pada pertanyaan berbeda karena peserta didik menggunakan aturan inti yang sama. Indikator kedua adalah transfer yang salah: aturan yang benar pada satu konteks diterapkan pada konteks lain tanpa memeriksa syarat. Indikator ketiga adalah ketergantungan pada fitur permukaan. Perubahan angka, gambar, atau istilah dapat mengubah jawaban meskipun struktur kimianya tetap. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Indikator lain adalah tingkat keyakinan yang tidak sejalan dengan kualitas alasan. Peserta didik dapat sangat yakin karena jawaban terasa familiar, pernah memperoleh nilai, atau cocok dengan sumber yang dianggap otoritatif. Keadaan ini berbeda dari tebakan atau pengetahuan yang belum lengkap. Penggunaan tingkat keyakinan, alasan terbuka, dan tugas translasi representasi membantu memisahkan miskonsepsi kuat dari ketidakpastian biasa. (Brandriet & Bretz, 2014; Koriati, 1997)

Guru juga perlu mengamati bahasa spontan, gambar, pilihan simbol, urutan langkah, dan tindakan selama praktikum. Konsepsi yang tidak tampak pada definisi sering muncul ketika peserta didik harus menjelaskan mengapa, memprediksi perubahan, atau membangun diagram partikel. Bukti terbaik biasanya berasal dari triangulasi: jawaban tertulis, wawancara singkat, representasi visual, dan kinerja pada kasus baru. (Gkitzia et al., 2020; Taber, 2002a)

4.11.4 Pembedaan dari Kesalahan Lain

Kesalahan aritmetika, salah baca satuan, kelalaian, atau keterbatasan kosakata dapat menghasilkan jawaban salah tanpa membentuk miskonsepsi. Karena itu, guru perlu menanyakan apakah peserta didik mempunyai hubungan konseptual alternatif yang digunakan secara konsisten. Kesalahan satu kali yang segera disadari setelah ditunjukkan berbeda dari gagasan yang dipertahankan melalui penjelasan dan contoh. Pembedaan ini menentukan jenis intervensi: latihan prosedural, dukungan bahasa, atau perubahan konseptual. (Nakhleh, 1992; Treagust, 1988)

Pengetahuan parsial juga tidak selalu merupakan miskonsepsi. Peserta didik mungkin mengetahui bahwa katalis mempercepat reaksi tetapi belum memahami jalur alternatif dan energi aktivasi. Keadaan tersebut menjadi miskonsepsi ketika ia menambahkan hubungan keliru, misalnya katalis menaikkan energi pereaksi atau mengubah tetapan kesetimbangan. Diagnosis harus mengidentifikasi apa yang benar, apa yang belum ada, dan apa yang secara aktif salah. (Taber, 2001b; Talanquer, 2015)

Dalam konteks kesalahan dalam media digital dan internet, perbedaan tersebut makin penting karena satu respons dapat memiliki beberapa asal. Guru sebaiknya menelusuri kapan gagasan pertama kali digunakan, sumber apa yang dianggap meyakinkan, dan pada konteks mana gagasan berubah. Data itu memberi dasar untuk intervensi yang tepat sasaran dan mencegah tindakan umum seperti mengulang ceramah atau menambah soal tanpa memperbaiki penyebab. (Rosenthal & Sanger, 2012; Meyer & Pietzner, 2022)

4.11.5 Materi, Zat, dan Perubahan

Pada topik materi, zat, dan perubahan, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa materi tersusun atas partikel, identitas zat ditentukan oleh jenis dan susunan partikelnya, serta perubahan fisika perlu dibedakan dari perubahan kimia berdasarkan perubahan identitas kimia. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Rosenthal & Sanger, 2012; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan kesalahan dalam media digital dan internet, masalah yang sering muncul ialah ketika laman atau video menyatakan materi hilang saat reaksi tanpa mempertimbangkan sistem terbuka dan gas. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Wineburg & McGrew, 2017; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Ke mana partikel air pergi ketika pakaian mengering, dan apakah jumlah materi benar-benar berkurang?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan massa sistem terbuka dan tertutup, menyusun diagram partikel sebelum-sesudah, serta membedakan bukti observasional dari inferensi tentang partikel. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data,

menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Wineburg & McGrew, 2017; Gkitzia et al., 2011)

4.11.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron

Pada topik struktur atom dan konfigurasi elektron, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa model atom adalah representasi teoretis dengan domain berlaku tertentu; elektron tidak berada pada lintasan planet yang kaku, dan konfigurasi elektron berkaitan dengan keadaan energi serta probabilitas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Meyer & Pietzner, 2022; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan kesalahan dalam media digital dan internet, masalah yang sering muncul ialah ketika animasi atom menampilkan elektron pada lintasan pasti dan inti dalam skala yang menyesatkan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Meyer & Pietzner, 2022; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah elektron mempunyai lintasan pasti seperti planet, dan apa yang sebenarnya dinyatakan oleh orbital?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan beberapa model atom, menjelaskan fungsi dan batas setiap model, serta menggunakan peta perubahan model berdasarkan bukti eksperimen. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau

perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Wineburg & McGrew, 2017; Taber, 2002a)

4.11.7 Sistem Periodik dan Periodisitas

Pada topik sistem periodik dan periodisitas, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penjarangan, dan jarak elektron; kecenderungan periodik bersifat pola dengan pengecualian yang harus dipahami secara kausal. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Metzger & Flanagin, 2013; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan kesalahan dalam media digital dan internet, masalah yang sering muncul ialah ketika infografik tren periodik menyajikan panah dan slogan tanpa data atau pengecualian. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Meyer & Pietzner, 2022; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Metzger & Flanagin, 2013; Gkitzia et al., 2011)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penyarungan, dan jarak elektron	Menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian
Miskonsepsi	Tren periodik dihafal sebagai arah panah mutlak, nomor periode dianggap jumlah elektron valensi, dan ukuran atom ditentukan hanya oleh jumlah kulit	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?
Sumber	Infografik tren periodik menyajikan panah dan slogan tanpa data atau pengecualian	Periksa peran kesalahan dalam media digital dan internet bersama sumber penguat lain.

4.11.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul

Pada topik ikatan kimia, struktur zat, dan gaya antarmolekul, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa ikatan dan gaya antarmolekul harus dibedakan; struktur zat ditentukan oleh distribusi elektron, interaksi elektrostatis, energi sistem, dan organisasi partikel pada berbagai skala. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Wineburg & McGrew, 2017; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan kesalahan dalam media digital dan internet, masalah yang sering muncul ialah ketika model tiga dimensi interaktif menyembunyikan status model serta ukuran dan warna konvensional. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Rosenthal & Sanger, 2012; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang diputus ketika air mendidih: ikatan O–H atau interaksi antarmolekul?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan struktur diskrit, kisi ionik, logam, dan jaringan kovalen sambil menghubungkan struktur dengan sifat. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Meyer & Pietzner, 2022; Meyer & Pietzner, 2022)

4.11.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi

Pada topik mol, stoikiometri, dan persamaan reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa mol adalah satuan jumlah zat yang menghubungkan entitas pada tingkat partikel dengan besaran makroskopik; koefisien reaksi menyatakan perbandingan jumlah entitas atau mol, bukan perbandingan massa secara langsung. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Rosenthal & Sanger, 2012; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan kesalahan dalam media digital dan internet, masalah yang sering muncul ialah ketika kalkulator daring memberi hasil stoikiometri tanpa langkah konseptual, satuan, dan pemeriksaan kewajaran. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Wineburg & McGrew, 2017; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa satu mol oksigen dan satu mol besi mengandung jumlah entitas yang sama tetapi bermassa berbeda?” Jawaban sebaiknya

diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan persamaan reaksi, model partikel, tabel jumlah mol, dan alasan kuantitatif pada setiap langkah perhitungan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Metzger & Flanagan, 2013; Taber, 2002a)

4.11.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit

Pada topik larutan, konsentrasi, kelarutan, dan elektrolit, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel; konsentrasi berbeda dari kekuatan, kelarutan bergantung pada kondisi, dan konduktivitas memerlukan pembawa muatan yang dapat bergerak. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Meyer & Pietzner, 2022; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan kesalahan dalam media digital dan internet, masalah yang sering muncul ialah ketika simulasi larutan menyederhanakan ionisasi atau kelarutan tanpa menyatakan parameter dan asumsi. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Meyer & Pietzner, 2022; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga

kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Meyer & Pietzner, 2022; Taber, 2002a)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel	Menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi
Miskonsepsi	Larutan jenuh dianggap tidak memiliki ruang, zat terlarut lenyap, asam kuat selalu pekat, dan semua senyawa ionik selalu menghantarkan listrik	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?
Sumber	Simulasi larutan menyederhanakan ionisasi atau kelarutan tanpa menyatakan parameter dan asumsi	Periksa peran kesalahan dalam media digital dan internet bersama sumber penguat lain.

4.11.11 Termokimia dan Termodinamika

Pada topik termokimia dan termodinamika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa kalor adalah energi yang berpindah karena perbedaan suhu, suhu berkaitan dengan distribusi energi kinetik, dan spontanitas tidak identik dengan kecepatan reaksi. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu

dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Metzger & Flanagan, 2013; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan kesalahan dalam media digital dan internet, masalah yang sering muncul ialah ketika video termokimia mencampur kalor dengan suhu dan menyebut spontan sebagai cepat. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Metzger & Flanagan, 2013; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Dapatkah proses endoterm berlangsung spontan, dan apakah spontan berarti terjadi seketika?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menetapkan sistem-lingkungan, menggambar diagram energi, membedakan aspek termodinamika dari kinetika, dan menafsirkan tanda besaran. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Meyer & Pietzner, 2022; Gkitzia et al., 2011)

4.11.12 Laju Reaksi dan Kinetika

Pada topik laju reaksi dan kinetika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa laju reaksi ditentukan oleh mekanisme, frekuensi serta orientasi tumbukan efektif, distribusi energi, dan konsentrasi spesies yang terlibat dalam tahap elementer. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Wineburg & McGrew, 2017; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan kesalahan dalam media digital dan internet, masalah yang sering muncul ialah ketika animasi katalis menggambarkan penambahan energi atau jalan fisik tanpa mekanisme. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Wineburg & McGrew, 2017; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa kenaikan suhu dapat meningkatkan laju jauh lebih besar daripada sekadar kenaikan kecepatan rata-rata partikel?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan data laju, grafik distribusi energi, mekanisme reaksi, serta model tumbukan dengan asumsi yang dinyatakan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Wineburg & McGrew, 2017; Gkitzia et al., 2011)

4.11.13 Keseimbangan Kimia

Pada topik keseimbangan kimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa keseimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Rosenthal & Sanger, 2012; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan kesalahan dalam media digital dan internet, masalah yang sering muncul ialah ketika simulasi keseimbangan memakai visual yang mengesankan jumlah sama atau reaksi berhenti. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih

atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Wineburg & McGrew, 2017; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis Q dan K. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Rosenthal & Sanger, 2012; Meyer & Pietzner, 2022)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Kesetimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu	Menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis q dan k
Miskonsepsi	Reaksi berhenti pada kesetimbangan, konsentrasi pereaksi dan produk harus sama, dan katalis menggeser kesetimbangan	Minta alasan atas pertanyaan: Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Sumber	Simulasi kesetimbangan memakai visual yang mengesankan jumlah sama atau reaksi berhenti	Periksa peran kesalahan dalam media digital dan internet bersama sumber penguat lain.

4.11.14 Asam, Basa, dan pH

Pada topik asam, basa, dan pH, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa asam-basa bergantung pada kerangka teori dan pasangan reaksi; kekuatan berbeda dari konsentrasi, sedangkan pH berskala logaritmik dan bergantung pada kondisi larutan. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Meyer & Pietzner, 2022; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan kesalahan dalam media digital dan internet, masalah yang sering muncul ialah ketika kalkulator pH otomatis mengabaikan aktivitas, batas aproksimasi, dan kasus ekstrem. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Rosenthal & Sanger, 2012; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah larutan asam lemah yang pekat dapat memiliki pH lebih rendah daripada larutan asam kuat yang sangat encer?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan derajat ionisasi dan konsentrasi, menggunakan garis bilangan logaritmik, serta menguji berbagai pasangan asam-basa. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan

menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Metzger & Flanagin, 2013; Gkitzia et al., 2011)

4.11.15 Redoks dan Elektrokimia

Pada topik redoks dan elektrokimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa oksidasi-reduksi melibatkan perubahan bilangan oksidasi dan transfer elektron secara konseptual; potensial sel adalah besaran intensif dan arah aliran elektron harus dibedakan dari arus konvensional. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Metzger & Flanagin, 2013; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan kesalahan dalam media digital dan internet, masalah yang sering muncul ialah ketika diagram sel hasil salin-tempel menukar tanda elektroda, arah elektron, dan aliran ion. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Metzger & Flanagin, 2013; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa tanda anoda berbeda antara sel galvanik dan sel elektrolisis, tetapi oksidasi tetap terjadi di anoda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melacak elektron, ion, muatan, dan perubahan bilangan oksidasi pada diagram sel yang diberi label lengkap. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Metzger & Flanagin, 2013; Taber, 2002a)

4.11.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi

Pada topik kimia organik dan mekanisme reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas; panah lengkung merepresentasikan perpindahan pasangan elektron, bukan gerak atom secara bebas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Wineburg & McGrew, 2017; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan kesalahan dalam media digital dan internet, masalah yang sering muncul ialah ketika generator mekanisme atau struktur memberi produk tanpa menjelaskan validitas dan alternatif jalur. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Rosenthal & Sanger, 2012; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Rosenthal & Sanger, 2012; Taber, 2002a)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas	Melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur
Miskonsepsi	Rumus struktur dianggap gambar geometris literal, panah mekanisme menunjukkan atom berpindah mengikuti panah, dan semua isomer dianggap memiliki sifat yang sama	Minta alasan atas pertanyaan: Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?
Sumber	Generator mekanisme atau struktur memberi produk tanpa menjelaskan validitas dan alternatif jalur	Periksa peran kesalahan dalam media digital dan internet bersama sumber penguat lain.

4.11.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Indikator yang paling berguna muncul ketika peserta didik diminta memprediksi dan memberikan alasan. Untuk sumber kesalahan dalam media digital dan internet, diagnosis sebaiknya dimulai dengan peta hipotesis: gagasan apa yang mungkin dimiliki, bukti respons apa yang mendukungnya, dan sumber mana yang mungkin berperan. Peta ini mencegah guru mencari satu kesalahan yang telah diperkirakan sebelumnya. Instrumen dapat menggabungkan pilihan jawaban, alasan, tingkat keyakinan, gambar, tugas prediksi, dan wawancara singkat. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Butir diagnostik perlu menghindari petunjuk bahasa yang terlalu jelas dan harus menilai konsep pada lebih dari satu konteks. Soal numerik dapat dipasangkan dengan soal konseptual yang mempunyai struktur sama. Diagram dapat diminta diterjemahkan ke dalam persamaan dan penjelasan verbal. Dalam praktikum, peserta didik diminta membedakan apa yang diamati, apa yang dihitung, dan apa yang diinferensikan. Kombinasi tersebut mengungkap konsistensi model mental. (Brandriet & Bretz, 2014; Gkitzia et al., 2020)

Hasil diagnosis tidak berhenti pada persentase jawaban salah. Guru perlu mengelompokkan pola alasan, memeriksa konsep prasyarat, serta menelusuri bahan ajar dan praktik yang mungkin menguatkannya. Tindak lanjut dilakukan melalui konferensi singkat, diskusi kelas, revisi bahan, dan asesmen ulang. Dengan cara ini, diagnosis berfungsi sebagai bagian dari

desain pembelajaran, bukan sekadar pelabelan peserta didik. (Taber, 2002a; Duit & Treagust, 2003)

4.11.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran

Strategi pembelajaran harus menggabungkan fenomena, model partikel, simbol, dan argumentasi. Guru perlu melakukan analisis konsep sebelum memilih contoh, analogi, gambar, rumus, dan kegiatan. Analisis mencakup atribut kritis, noncontoh, prasyarat, representasi, kemungkinan salah tafsir, serta batas model. Pada sumber kesalahan dalam media digital dan internet, perhatian khusus diberikan pada mengajarkan evaluasi sumber, penelusuran lateral, pemeriksaan DOI dan otoritas, triangulasi, serta interpretasi kritis terhadap simulasi dan keluaran AI. Pencegahan harus tampak dalam tujuan, urutan, aktivitas, dan asesmen. (Rosenthal & Sanger, 2012; Meyer & Pietzner, 2022)

Desain pembelajaran yang kuat menghubungkan tiga lapisan. Lapisan pertama adalah fenomena atau data yang memberi alasan untuk belajar. Lapisan kedua adalah model yang menjelaskan fenomena. Lapisan ketiga adalah simbol dan perhitungan yang memadatkan hubungan. Perpindahan antar lapisan tidak boleh diasumsikan terjadi otomatis. Guru perlu memodelkan proses penerjemahan, menanyakan makna setiap simbol, dan menilai konsistensi penjelasan. (Johnstone, 2000; Gkitzia et al., 2020)

Pencegahan juga memerlukan pengelolaan bahasa dan metakognisi. Peserta didik diberi kesempatan menandai kata bermakna ganda, menyatakan tingkat keyakinan, dan menuliskan perubahan pemahaman. Guru dapat menggunakan kalimat seperti “model ini berguna untuk menjelaskan..., tetapi tidak menunjukkan...”. Kebiasaan tersebut membangun kewaspadaan epistemik dan mengurangi kecenderungan memperlakukan model, analogi, atau aturan sebagai realitas harfiah. (Koriat, 1997; Meyer & Pietzner, 2022)

4.11.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual

Remediasi dimulai dengan mengakui bahwa konsepsi awal memiliki alasan bagi peserta didik. Guru tidak cukup menyatakan “itu salah”, melainkan meminta peserta didik mengartikulasikan prediksi dan dasar pikirnya. Setelah itu disajikan kasus yang membedakan daya jelas konsepsi awal dan model ilmiah. Anomali harus dapat dipahami, relevan, dan diikuti penjelasan alternatif; jika tidak, peserta didik dapat mengabaikannya sebagai pengecualian. (Vosniadou, 1994; Duit & Treagust, 2003)

Tahap berikutnya adalah rekonstruksi. Peserta didik menyusun model baru melalui contoh beragam, noncontoh, peta konsep, dan translasi representasi. Guru menekankan hubungan yang berubah, bukan hanya jawaban. Pada sumber kesalahan dalam media digital dan internet, rekonstruksi harus sekaligus memperbaiki sumber penguat—misalnya istilah, gambar, lembar kerja, atau pola asesmen. Tanpa perubahan lingkungan belajar, konsepsi lama mudah kembali aktif. (Smith et al., 1994; Mortimer, 1995)

Tahap terakhir adalah konsolidasi dan transfer. Peserta didik menggunakan konsep pada situasi baru, menjelaskan batasnya, membandingkan dengan konsep berdekatan, dan

mengevaluasi informasi dari sumber lain. Asesmen ulang dilakukan setelah jeda untuk melihat ketahanan perubahan. Remediasi dinilai berhasil apabila peserta didik tidak hanya memilih jawaban ilmiah, tetapi dapat memberikan alasan yang konsisten dan menilai kewajaran representasi serta hasil. (Taber, 2002a; Treagust, 1988)

4.11.20 Sintesis Subbab

Sumber kesalahan dalam media digital dan internet berkontribusi terhadap miskonsepsi melalui mekanisme berikut: tampilan menarik, kemudahan akses, pengulangan, dan kesan teknologi meningkatkan kredibilitas semu meskipun sumber, asumsi, atau akurasi tidak jelas. Pengaruhnya terlihat pada seluruh domain kimia, tetapi bentuk konkret berbeda menurut tingkat representasi, prasyarat, dan aktivitas. Karena itu, guru harus menghindari kesimpulan bahwa satu strategi dapat memperbaiki semua miskonsepsi. Intervensi perlu mempertimbangkan isi konsep dan sumber yang menguatkannya. (Rosenthal & Sanger, 2012; Meyer & Pietzner, 2022; Metzger & Flanagan, 2013; Wineburg & McGrew, 2017)

Inti diagnosis adalah membedakan gejala, konsepsi, dan sumber. Gejala merupakan respons yang tampak; konsepsi adalah hubungan makna yang digunakan; sumber adalah kondisi yang membentuk atau menguatkan hubungan tersebut. Pembedaan ini memungkinkan tindakan yang presisi. Jawaban salah akibat ketidaktelitian tidak memerlukan konflik konseptual, sedangkan miskonsepsi berkeyakinan tinggi tidak cukup diatasi dengan latihan tambahan. (Hasan et al., 1999; Brandriet & Bretz, 2014)

Implikasi utamanya adalah mengajarkan evaluasi sumber, penelusuran lateral, pemeriksaan DOI dan otoritas, triangulasi, serta interpretasi kritis terhadap simulasi dan keluaran AI. Pencegahan terbaik bukan menghilangkan seluruh penyederhanaan, pengalaman, atau media, melainkan mengelolanya secara epistemik: tujuan dinyatakan, batas dibahas, hubungan antarrepresentasi dibangun, dan bukti digunakan untuk mengevaluasi model. Prinsip ini menjadi jembatan menuju subbab berikutnya, karena sumber miskonsepsi selalu berinteraksi dengan sumber lain dalam ekosistem pembelajaran. (Taber, 2001b; Duit & Treagust, 2003)

4.11.21 Checklist Audit Sumber

Checklist berikut digunakan untuk menilai apakah kesalahan dalam media digital dan internet berpotensi membentuk atau menguatkan miskonsepsi. Setiap butir sebaiknya dijawab berdasarkan bukti konkret dari materi, rekaman pembelajaran, respons peserta didik, atau hasil asesmen. Jawaban “ya” bukan vonis bahwa miskonsepsi pasti terjadi, tetapi penanda perlunya pemeriksaan lebih lanjut. (Rosenthal & Sanger, 2012; Meyer & Pietzner, 2022)

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
1	Apakah kesalahan dalam media digital dan internet menggunakan istilah, model, atau aturan tanpa menjelaskan batas dan syarat?	☐

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
2	Apakah hubungan antara fenomena, partikel, simbol, grafik, dan perhitungan dinyatakan secara eksplisit?	☐
3	Apakah contoh dan noncontoh cukup bervariasi untuk memperjelas atribut kritis?	☐
4	Apakah peserta didik diminta memberikan alasan, bukan hanya jawaban atau hasil hitung?	☐
5	Apakah terdapat peluang untuk membandingkan prediksi dengan bukti dan merevisi model?	☐
6	Apakah konsep prasyarat diperiksa sebelum materi lanjutan diperkenalkan?	☐
7	Apakah bahasa atau visual berpotensi dibaca secara literal atau antropomorfis?	☐
8	Apakah asesmen memberi penghargaan pada pemahaman, translasi representasi, dan transfer?	☐
9	Apakah sumber lain—buku, media, praktikum, atau teman—mengulang gagasan yang sama?	☐
10	Apakah perubahan pemahaman diperiksa kembali setelah jeda dan pada konteks baru?	☐

4.12 Informasi Kimia dari Media Sosial

Dari sudut pandang kognitif, klaim singkat, testimoni, infografik, video pendek, dan narasi viral mengenai bahan, kesehatan, lingkungan, atau produk yang dikonsumsi dalam jaringan sosial. Sumber ini tidak bekerja sebagai penyebab tunggal yang langsung menghasilkan satu jawaban salah. Ia menyediakan kerangka interpretasi yang menentukan informasi mana yang diperhatikan, istilah mana yang dianggap penting, dan hubungan sebab-akibat apa yang terasa masuk akal. Dalam kimia, kerangka semacam itu sangat berpengaruh karena banyak entitas dan proses tidak dapat diamati secara langsung. Peserta didik harus bergerak dari gejala makroskopik menuju model submikroskopik dan notasi simbolik. Apabila jembatan tersebut tidak dibangun, pemahaman mudah diisi oleh gagasan yang paling tersedia secara mental. (Lewandowsky et al., 2012; Chou et al., 2018)

Mekanisme utamanya dapat diringkas sebagai berikut: emosi, kedekatan sosial, pengulangan, popularitas, dan format ringkas menggantikan evaluasi bukti sehingga istilah kimia dipakai sebagai penanda takut atau aman. Proses ini menghasilkan konsepsi yang sering kali koheren dari sudut pandang peserta didik. Karena koheren, konsepsi tersebut tidak selalu terasa sebagai kesalahan. Ia dapat digunakan untuk menjawab soal rutin, menjelaskan pengalaman tertentu, dan bahkan memperoleh penguatan dari teman, guru, atau sumber belajar. Oleh sebab itu, koreksi yang hanya menyampaikan definisi ilmiah belum tentu cukup. Guru perlu memahami asal, fungsi, dan jaringan gagasan yang menopang konsepsi tersebut. (Chou et al., 2018; Vraga & Bode, 2020)

Ciri yang patut dicermati adalah peserta didik menerima klaim berdasarkan jumlah suka, pengalaman pribadi, atau label alami-kimiawi dan kesulitan membedakan korelasi, mekanisme, dosis, dan risiko. Miskonsepsi tidak sama dengan lupa, salah hitung, atau tidak pernah belajar. Miskonsepsi mempunyai struktur alasan tertentu dan sering disertai tingkat keyakinan. Peserta didik mungkin mengganti kata yang digunakan, tetapi mempertahankan pola penalaran yang sama. Untuk itu, analisis sumber miskonsepsi perlu menghubungkan respons peserta didik dengan konteks pembelajaran, representasi yang digunakan, urutan materi, serta jenis umpan balik yang pernah diterima. (Vraga & Bode, 2020; Pasi & Viviani, 2020)

Prinsip pencegahan yang relevan adalah mengintegrasikan literasi informasi, membandingkan klaim dengan sumber primer atau lembaga resmi, memeriksa konteks, dan melatih penilaian bukti. Tujuannya bukan meniadakan seluruh pengetahuan awal atau menyederhanakan materi secara ekstrem, melainkan membangun jalur perubahan konseptual. Jalur tersebut harus membuat peserta didik menyadari batas gagasan lama, memahami daya jelas model ilmiah, dan mampu menggunakan konsep pada konteks baru. Bab ini karena itu menempatkan setiap sumber miskonsepsi sebagai bagian dari ekosistem belajar yang dapat didiagnosis dan diperbaiki secara sistematis. (Lewandowsky et al., 2012; Pasi & Viviani, 2020)

4.12.1 Kedudukan Informasi Kimia dari Media Sosial sebagai Sumber Miskonsepsi

Apabila ditelaah lebih jauh, sumber informasi kimia dari media sosial perlu dibedakan dari miskonsepsi yang tampak pada jawaban. Sumber adalah kondisi yang menyediakan bahan, arah, atau penguatan bagi pembentukan konsepsi; miskonsepsi adalah struktur pemahaman yang tidak selaras dengan pengetahuan ilmiah yang diterima. Pembedaan ini mencegah guru menyimpulkan bahwa setiap jawaban salah pasti berasal dari faktor yang sama. Dua peserta didik dapat memberikan jawaban identik, tetapi satu berangkat dari makna bahasa, sedangkan yang lain meniru diagram atau aturan yang pernah dipelajari. (Lewandowsky et al., 2012; Chou et al., 2018)

Kedudukan sumber juga bersifat probabilistik. Klaim singkat, testimoni, infografik, video pendek, dan narasi viral mengenai bahan, kesehatan, lingkungan, atau produk yang dikonsumsi dalam jaringan sosial tidak otomatis menghasilkan miskonsepsi pada semua

peserta didik. Pengaruhnya bergantung pada pengetahuan prasyarat, perhatian, kualitas penjelasan, frekuensi pengulangan, konteks sosial, dan kesempatan memperoleh umpan balik. Peserta didik yang memiliki jaringan konsep kuat dapat menafsirkan sumber yang kurang sempurna secara kritis, sedangkan peserta didik lain mungkin mengintegrasikannya secara literal. Karena itu, pencegahan harus memperkuat kemampuan interpretasi, bukan hanya menyaring materi. (Chou et al., 2018; Vraga & Bode, 2020)

Dalam kimia, kerentanan tersebut meningkat karena makna harus dikoordinasikan antara fenomena, partikel, simbol, model, grafik, dan perhitungan. Sumber yang tampak kecil—misalnya satu kata, warna, panah, atau contoh—dapat mengubah hubungan antartingkat representasi. Kesalahan itu kemudian menjalar. Kekeliruan membedakan partikel dengan zat dapat memengaruhi ikatan, larutan, stoikiometri, kesetimbangan, dan elektrokimia. Oleh sebab itu, analisis sumber perlu memeriksa tidak hanya isi pernyataan, tetapi juga fungsi representasi dan hubungan yang dibangun. (Johnstone, 2000; Taber, 2001a)

4.12.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan

Masalah ini menjadi penting karena emosi, kedekatan sosial, pengulangan, popularitas, dan format ringkas menggantikan evaluasi bukti sehingga istilah kimia dipakai sebagai penanda takut atau aman. Pada tahap awal, peserta didik memilih petunjuk yang paling menonjol. Petunjuk itu dihubungkan dengan skema yang telah tersedia. Ketika hasilnya cukup berhasil untuk menjawab pertanyaan atau menjelaskan satu pengalaman, hubungan tersebut menjadi lebih mudah diaktifkan kembali. Pengulangan tanpa koreksi meningkatkan kelancaran pemrosesan, dan kelancaran sering keliru ditafsirkan sebagai kebenaran. (Lewandowsky et al., 2012; Koriati, 1997)

Penguatan dapat terjadi melalui empat jalur. Pertama, konsistensi internal: gagasan terasa cocok dengan asumsi lain yang telah dimiliki. Kedua, konsistensi sosial: teman, guru, buku, atau media menggunakan ungkapan serupa. Ketiga, keberhasilan instrumental: algoritma atau aturan menghasilkan jawaban yang dinilai benar. Keempat, ketiadaan anomali yang diproses secara sadar. Peserta didik mungkin telah melihat data yang tidak sesuai, tetapi menafsirkannya sebagai pengecualian atau kesalahan eksperimen. Jalur-jalur ini menjelaskan ketahanan miskonsepsi. (Smith et al., 1994; Duit & Treagust, 2003)

Hubungan antara sumber dan konsepsi juga dapat berubah sepanjang waktu. Sebuah penyederhanaan yang awalnya membantu dapat menjadi hambatan pada materi lanjutan. Sebaliknya, pengalaman yang semula menyesatkan dapat berfungsi sebagai titik awal diskusi ketika guru meminta prediksi, menghadirkan bukti pembanding, dan membangun model yang lebih luas. Dengan demikian, persoalannya bukan hanya apakah sumber itu benar atau salah, melainkan bagaimana sumber tersebut diposisikan, dibatasi, dan direvisi dalam urutan belajar. (Vraga & Bode, 2020; Pasi & Viviani, 2020)

4.12.3 Indikator pada Respons Peserta Didik

Diagnosis tidak cukup dilakukan dengan menanyakan definisi. Indikator pertama adalah konsistensi alasan. Respons yang sama muncul pada pertanyaan berbeda karena peserta didik menggunakan aturan inti yang sama. Indikator kedua adalah transfer yang salah: aturan yang benar pada satu konteks diterapkan pada konteks lain tanpa memeriksa syarat. Indikator ketiga adalah ketergantungan pada fitur permukaan. Perubahan angka, gambar, atau istilah dapat mengubah jawaban meskipun struktur kimianya tetap. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Indikator lain adalah tingkat keyakinan yang tidak sejalan dengan kualitas alasan. Peserta didik dapat sangat yakin karena jawaban terasa familiar, pernah memperoleh nilai, atau cocok dengan sumber yang dianggap otoritatif. Keadaan ini berbeda dari tebakan atau pengetahuan yang belum lengkap. Penggunaan tingkat keyakinan, alasan terbuka, dan tugas translasi representasi membantu memisahkan miskonsepsi kuat dari ketidakpastian biasa. (Brandriet & Bretz, 2014; Koriati, 1997)

Guru juga perlu mengamati bahasa spontan, gambar, pilihan simbol, urutan langkah, dan tindakan selama praktikum. Konsepsi yang tidak tampak pada definisi sering muncul ketika peserta didik harus menjelaskan mengapa, memprediksi perubahan, atau membangun diagram partikel. Bukti terbaik biasanya berasal dari triangulasi: jawaban tertulis, wawancara singkat, representasi visual, dan kinerja pada kasus baru. (Gkitzia et al., 2020; Taber, 2002a)

4.12.4 Perbedaan dari Kesalahan Lain

Kesalahan aritmetika, salah baca satuan, kelalaian, atau keterbatasan kosakata dapat menghasilkan jawaban salah tanpa membentuk miskonsepsi. Karena itu, guru perlu menanyakan apakah peserta didik mempunyai hubungan konseptual alternatif yang digunakan secara konsisten. Kesalahan satu kali yang segera disadari setelah ditunjukkan berbeda dari gagasan yang dipertahankan melalui penjelasan dan contoh. Perbedaan ini menentukan jenis intervensi: latihan prosedural, dukungan bahasa, atau perubahan konseptual. (Nakhleh, 1992; Treagust, 1988)

Pengetahuan parsial juga tidak selalu merupakan miskonsepsi. Peserta didik mungkin mengetahui bahwa katalis mempercepat reaksi tetapi belum memahami jalur alternatif dan energi aktivasi. Keadaan tersebut menjadi miskonsepsi ketika ia menambahkan hubungan keliru, misalnya katalis menaikkan energi pereaksi atau mengubah tetapan kesetimbangan. Diagnosis harus mengidentifikasi apa yang benar, apa yang belum ada, dan apa yang secara aktif salah. (Taber, 2001b; Talanquer, 2015)

Dalam konteks informasi kimia dari media sosial, perbedaan tersebut makin penting karena satu respons dapat memiliki beberapa asal. Guru sebaiknya menelusuri kapan gagasan pertama kali digunakan, sumber apa yang dianggap meyakinkan, dan pada konteks mana gagasan berubah. Data itu memberi dasar untuk intervensi yang tepat sasaran dan mencegah

tindakan umum seperti mengulang ceramah atau menambah soal tanpa memperbaiki penyebab. (Lewandowsky et al., 2012; Chou et al., 2018)

4.12.5 Materi, Zat, dan Perubahan

Pada topik materi, zat, dan perubahan, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa materi tersusun atas partikel, identitas zat ditentukan oleh jenis dan susunan partikelnya, serta perubahan fisika perlu dibedakan dari perubahan kimia berdasarkan perubahan identitas kimia. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Lewandowsky et al., 2012; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan informasi kimia dari media sosial, masalah yang sering muncul ialah ketika video viral tentang bahan rumah tangga memakai perubahan warna atau gelembung sebagai bukti klaim kimia yang tidak relevan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Lewandowsky et al., 2012; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Ke mana partikel air pergi ketika pakaian mengering, dan apakah jumlah materi benar-benar berkurang?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan massa sistem terbuka dan tertutup, menyusun diagram partikel sebelum-sesudah, serta membedakan bukti observasional dari inferensi tentang partikel. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Lewandowsky et al., 2012; Taber, 2002a)

4.12.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron

Pada topik struktur atom dan konfigurasi elektron, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa model atom adalah representasi teoretis dengan domain berlaku tertentu; elektron tidak berada pada lintasan planet yang kaku, dan konfigurasi elektron berkaitan dengan keadaan energi serta probabilitas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Chou et al., 2018; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan informasi kimia dari media sosial, masalah yang sering muncul ialah ketika konten populer menyebut atom sebagai bola energi atau elektron sebagai partikel yang memilih lintasan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Lewandowsky et al., 2012; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah elektron mempunyai lintasan pasti seperti planet, dan apa yang sebenarnya dinyatakan oleh orbital?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan beberapa model atom, menjelaskan fungsi dan batas setiap model, serta menggunakan peta perubahan model berdasarkan bukti eksperimen. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Chou et al., 2018; Meyer & Pietzner, 2022)

4.12.7 Sistem Periodik dan Periodisitas

Pada topik sistem periodik dan periodisitas, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penjarangan, dan jarak elektron; kecenderungan periodik bersifat pola dengan pengecualian yang harus dipahami secara kausal. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Vraga & Bode, 2020; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan informasi kimia dari media sosial, masalah yang sering muncul ialah ketika unggahan tabel periodik mengaitkan unsur dengan sifat kepribadian atau manfaat tanpa dasar. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Pasi & Viviani, 2020; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Chou et al., 2018; Meyer & Pietzner, 2022)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penyarungan, dan jarak elektron	Menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian
Miskonsepsi	Tren periodik dihafal sebagai arah panah mutlak, nomor periode dianggap jumlah elektron valensi, dan ukuran atom ditentukan hanya oleh jumlah kulit	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?
Sumber	Unggahan tabel periodik mengaitkan unsur dengan sifat kepribadian atau manfaat tanpa dasar	Periksa peran informasi kimia dari media sosial bersama sumber penguat lain.

4.12.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul

Pada topik ikatan kimia, struktur zat, dan gaya antarmolekul, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa ikatan dan gaya antarmolekul harus dibedakan; struktur zat ditentukan oleh distribusi elektron, interaksi elektrostatis, energi sistem, dan organisasi partikel pada berbagai skala. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Pasi & Viviani, 2020; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan informasi kimia dari media sosial, masalah yang sering muncul ialah ketika narasi “bebas bahan kimia” dan “ikatan toksin” memakai istilah ikatan secara metaforis dan menakutkan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Vraga & Bode, 2020; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang diputus ketika air mendidih: ikatan O–H atau interaksi antarmolekul?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau

prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan struktur diskrit, kisi ionik, logam, dan jaringan kovalen sambil menghubungkan struktur dengan sifat. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Vraga & Bode, 2020; Gkitzia et al., 2011)

4.12.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi

Pada topik mol, stoikiometri, dan persamaan reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa mol adalah satuan jumlah zat yang menghubungkan entitas pada tingkat partikel dengan besaran makroskopik; koefisien reaksi menyatakan perbandingan jumlah entitas atau mol, bukan perbandingan massa secara langsung. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Lewandowsky et al., 2012; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan informasi kimia dari media sosial, masalah yang sering muncul ialah ketika klaim dosis atau kandungan menggunakan angka besar tanpa satuan, mol, konsentrasi, dan konteks. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Pasi & Viviani, 2020; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa satu mol oksigen dan satu mol besi mengandung jumlah entitas yang sama tetapi bermassa berbeda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi.

Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan persamaan reaksi, model partikel, tabel jumlah mol, dan alasan kuantitatif pada setiap langkah perhitungan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Vraga & Bode, 2020; Meyer & Pietzner, 2022)

4.12.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit

Pada topik larutan, konsentrasi, kelarutan, dan elektrolit, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel; konsentrasi berbeda dari kekuatan, kelarutan bergantung pada kondisi, dan konduktivitas memerlukan pembawa muatan yang dapat bergerak. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Chou et al., 2018; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan informasi kimia dari media sosial, masalah yang sering muncul ialah ketika klaim air alkali, detoks, atau larutan ajaib mencampur pH, netralisasi, kelarutan, dan efek biologis. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Vraga & Bode, 2020; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Chou et al., 2018; Meyer & Pietzner, 2022)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel	Menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi
Miskonsepsi	Larutan jenuh dianggap tidak memiliki ruang, zat terlarut lenyap, asam kuat selalu pekat, dan semua senyawa ionik selalu menghantarkan listrik	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?
Sumber	Klaim air alkali, detoks, atau larutan ajaib mencampur pH, netralisasi, kelarutan, dan efek biologis	Periksa peran informasi kimia dari media sosial bersama sumber penguat lain.

4.12.11 Termokimia dan Termodinamika

Pada topik termokimia dan termodinamika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa kalor adalah energi yang berpindah karena perbedaan suhu, suhu berkaitan dengan distribusi energi kinetik, dan spontanitas tidak identik dengan kecepatan reaksi. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Vraga & Bode, 2020; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan informasi kimia dari media sosial, masalah yang sering muncul ialah ketika konten kalori dan energi menyamakan energi kimia, panas tubuh, serta sensasi hangat. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Pasi & Viviani, 2020; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Dapatkah proses endoterm berlangsung spontan, dan apakah spontan berarti terjadi seketika?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menetapkan sistem-lingkungan, menggambar diagram energi, membedakan aspek termodinamika dari kinetika, dan menafsirkan tanda besaran. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Pasi & Viviani, 2020; Taber, 2002a)

4.12.12 Laju Reaksi dan Kinetika

Pada topik laju reaksi dan kinetika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa laju reaksi ditentukan oleh mekanisme, frekuensi serta orientasi tumbukan efektif, distribusi energi, dan konsentrasi spesies yang terlibat dalam tahap elementer. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Pasi & Viviani, 2020; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan informasi kimia dari media sosial, masalah yang sering muncul ialah ketika tips mempercepat reaksi atau penyimpanan bahan menggunakan generalisasi suhu dan katalis tanpa kondisi. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih

atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Lewandowsky et al., 2012; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa kenaikan suhu dapat meningkatkan laju jauh lebih besar daripada sekadar kenaikan kecepatan rata-rata partikel?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan data laju, grafik distribusi energi, mekanisme reaksi, serta model tumbukan dengan asumsi yang dinyatakan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Lewandowsky et al., 2012; Meyer & Pietzner, 2022)

4.12.13 Keseimbangan Kimia

Pada topik keseimbangan kimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa keseimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Lewandowsky et al., 2012; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan informasi kimia dari media sosial, masalah yang sering muncul ialah ketika klaim keseimbangan tubuh memakai istilah keseimbangan kimia sebagai slogan homeostasis yang kabur. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam

buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Lewandowsky et al., 2012; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis Q dan K. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Chou et al., 2018; Taber, 2002a)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Kesetimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu	Menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis q dan k
Miskonsepsi	Reaksi berhenti pada kesetimbangan, konsentrasi pereaksi dan produk harus sama, dan katalis menggeser kesetimbangan	Minta alasan atas pertanyaan: Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?
Sumber	Klaim keseimbangan tubuh memakai istilah kesetimbangan kimia sebagai slogan homeostasis yang kabur	Periksa peran informasi kimia dari media sosial bersama sumber penguat lain.

4.12.14 Asam, Basa, dan pH

Pada topik asam, basa, dan pH, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa asam-basa bergantung pada kerangka teori dan pasangan reaksi; kekuatan berbeda dari konsentrasi, sedangkan pH berskala logaritmik dan bergantung pada kondisi larutan. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Chou et al., 2018; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan informasi kimia dari media sosial, masalah yang sering muncul ialah ketika unggahan pH makanan atau kosmetik menafsirkan skala secara linier dan mengabaikan matriks serta dosis. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Lewandowsky et al., 2012; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah larutan asam lemah yang pekat dapat memiliki pH lebih rendah daripada larutan asam kuat yang sangat encer?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan derajat ionisasi dan konsentrasi, menggunakan garis bilangan logaritmik, serta menguji berbagai pasangan asam-basa. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Lewandowsky et al., 2012; Meyer & Pietzner, 2022)

4.12.15 Redoks dan Elektrokimia

Pada topik redoks dan elektrokimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa oksidasi-reduksi melibatkan perubahan bilangan oksidasi dan transfer elektron secara

konseptual; potensial sel adalah besaran intensif dan arah aliran elektron harus dibedakan dari arus konvensional. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Vraga & Bode, 2020; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan informasi kimia dari media sosial, masalah yang sering muncul ialah ketika konten baterai mencampur muatan, arus, elektron, dan ion untuk menjelaskan kapasitas atau bahaya. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Lewandowsky et al., 2012; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa tanda anoda berbeda antara sel galvanik dan sel elektrolisis, tetapi oksidasi tetap terjadi di anoda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melacak elektron, ion, muatan, dan perubahan bilangan oksidasi pada diagram sel yang diberi label lengkap. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Pasi & Viviani, 2020; Taber, 2002a)

4.12.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi

Pada topik kimia organik dan mekanisme reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas; panah lengkung merepresentasikan perpindahan pasangan elektron, bukan gerak atom secara bebas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan

noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Pasi & Viviani, 2020; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan informasi kimia dari media sosial, masalah yang sering muncul ialah ketika klaim alami, organik, dan sintetis mengubah istilah kimia organik menjadi kategori moral. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Chou et al., 2018; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Lewandowsky et al., 2012; Taber, 2002a)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas	Melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur
Miskonsepsi	Rumus struktur dianggap gambar geometris literal, panah	Minta alasan atas pertanyaan: Apa yang berpindah ketika panah

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
	mekanisme menunjukkan atom berpindah mengikuti panah, dan semua isomer dianggap memiliki sifat yang sama	lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?
Sumber	Klaim alami, organik, dan sintetis mengubah istilah kimia organik menjadi kategori moral	Periksa peran informasi kimia dari media sosial bersama sumber penguat lain.

4.12.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis tidak cukup dilakukan dengan menanyakan definisi. Untuk sumber informasi kimia dari media sosial, diagnosis sebaiknya dimulai dengan peta hipotesis: gagasan apa yang mungkin dimiliki, bukti respons apa yang mendukungnya, dan sumber mana yang mungkin berperan. Peta ini mencegah guru mencari satu kesalahan yang telah diperkirakan sebelumnya. Instrumen dapat menggabungkan pilihan jawaban, alasan, tingkat keyakinan, gambar, tugas prediksi, dan wawancara singkat. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Butir diagnostik perlu menghindari petunjuk bahasa yang terlalu jelas dan harus menilai konsep pada lebih dari satu konteks. Soal numerik dapat dipasangkan dengan soal konseptual yang mempunyai struktur sama. Diagram dapat diminta diterjemahkan ke dalam persamaan dan penjelasan verbal. Dalam praktikum, peserta didik diminta membedakan apa yang diamati, apa yang dihitung, dan apa yang diinferensikan. Kombinasi tersebut mengungkap konsistensi model mental. (Brandriet & Bretz, 2014; Gkitzia et al., 2020)

Hasil diagnosis tidak berhenti pada persentase jawaban salah. Guru perlu mengelompokkan pola alasan, memeriksa konsep prasyarat, serta menelusuri bahan ajar dan praktik yang mungkin menguatkannya. Tindak lanjut dilakukan melalui konferensi singkat, diskusi kelas, revisi bahan, dan asesmen ulang. Dengan cara ini, diagnosis berfungsi sebagai bagian dari desain pembelajaran, bukan sekadar pelabelan peserta didik. (Taber, 2002a; Duit & Treagust, 2003)

4.12.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran

Pencegahan perlu dimulai sebelum aturan atau model disajikan sebagai bentuk jadi. Guru perlu melakukan analisis konsep sebelum memilih contoh, analogi, gambar, rumus, dan kegiatan. Analisis mencakup atribut kritis, noncontoh, prasyarat, representasi, kemungkinan salah tafsir, serta batas model. Pada sumber informasi kimia dari media sosial, perhatian khusus diberikan pada mengintegrasikan literasi informasi, membandingkan klaim dengan sumber primer atau lembaga resmi, memeriksa konteks, dan melatih penilaian bukti.

Pencegahan harus tampak dalam tujuan, urutan, aktivitas, dan asesmen. (Lewandowsky et al., 2012; Chou et al., 2018)

Desain pembelajaran yang kuat menghubungkan tiga lapisan. Lapisan pertama adalah fenomena atau data yang memberi alasan untuk belajar. Lapisan kedua adalah model yang menjelaskan fenomena. Lapisan ketiga adalah simbol dan perhitungan yang memadatkan hubungan. Perpindahan antar lapisan tidak boleh diasumsikan terjadi otomatis. Guru perlu memodelkan proses penerjemahan, menanyakan makna setiap simbol, dan menilai konsistensi penjelasan. (Johnstone, 2000; Gkitzia et al., 2020)

Pencegahan juga memerlukan pengelolaan bahasa dan metakognisi. Peserta didik diberi kesempatan menandai kata bermakna ganda, menyatakan tingkat keyakinan, dan menuliskan perubahan pemahaman. Guru dapat menggunakan kalimat seperti “model ini berguna untuk menjelaskan..., tetapi tidak menunjukkan...”. Kebiasaan tersebut membangun kewaspadaan epistemik dan mengurangi kecenderungan memperlakukan model, analogi, atau aturan sebagai realitas harfiah. (Koriat, 1997; Meyer & Pietzner, 2022)

4.12.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual

Remediasi dimulai dengan mengakui bahwa konsepsi awal memiliki alasan bagi peserta didik. Guru tidak cukup menyatakan “itu salah”, melainkan meminta peserta didik mengartikulasikan prediksi dan dasar pikirnya. Setelah itu disajikan kasus yang membedakan daya jelas konsepsi awal dan model ilmiah. Anomali harus dapat dipahami, relevan, dan diikuti penjelasan alternatif; jika tidak, peserta didik dapat mengabaikannya sebagai pengecualian. (Vosniadou, 1994; Duit & Treagust, 2003)

Tahap berikutnya adalah rekonstruksi. Peserta didik menyusun model baru melalui contoh beragam, noncontoh, peta konsep, dan translasi representasi. Guru menekankan hubungan yang berubah, bukan hanya jawaban. Pada sumber informasi kimia dari media sosial, rekonstruksi harus sekaligus memperbaiki sumber penguat—misalnya istilah, gambar, lembar kerja, atau pola asesmen. Tanpa perubahan lingkungan belajar, konsepsi lama mudah kembali aktif. (Smith et al., 1994; Mortimer, 1995)

Tahap terakhir adalah konsolidasi dan transfer. Peserta didik menggunakan konsep pada situasi baru, menjelaskan batasnya, membandingkan dengan konsep berdekatan, dan mengevaluasi informasi dari sumber lain. Asesmen ulang dilakukan setelah jeda untuk melihat ketahanan perubahan. Remediasi dinilai berhasil apabila peserta didik tidak hanya memilih jawaban ilmiah, tetapi dapat memberikan alasan yang konsisten dan menilai kewajaran representasi serta hasil. (Taber, 2002a; Treagust, 1988)

4.12.20 Sintesis Subbab

Sumber informasi kimia dari media sosial berkontribusi terhadap miskonsepsi melalui mekanisme berikut: emosi, kedekatan sosial, pengulangan, popularitas, dan format ringkas menggantikan evaluasi bukti sehingga istilah kimia dipakai sebagai penanda takut atau aman. Pengaruhnya terlihat pada seluruh domain kimia, tetapi bentuk konkret berbeda menurut

tingkat representasi, prasyarat, dan aktivitas. Karena itu, guru harus menghindari kesimpulan bahwa satu strategi dapat memperbaiki semua miskonsepsi. Intervensi perlu mempertimbangkan isi konsep dan sumber yang menguatkannya. (Lewandowsky et al., 2012; Chou et al., 2018; Vraga & Bode, 2020; Pasi & Viviani, 2020)

Inti diagnosis adalah membedakan gejala, konsepsi, dan sumber. Gejala merupakan respons yang tampak; konsepsi adalah hubungan makna yang digunakan; sumber adalah kondisi yang membentuk atau menguatkan hubungan tersebut. Perbedaan ini memungkinkan tindakan yang presisi. Jawaban salah akibat ketidaktelitian tidak memerlukan konflik konseptual, sedangkan miskonsepsi berkeyakinan tinggi tidak cukup diatasi dengan latihan tambahan. (Hasan et al., 1999; Brandriet & Bretz, 2014)

Implikasi utamanya adalah mengintegrasikan literasi informasi, membandingkan klaim dengan sumber primer atau lembaga resmi, memeriksa konteks, dan melatih penilaian bukti. Pencegahan terbaik bukan menghilangkan seluruh penyederhanaan, pengalaman, atau media, melainkan mengelolanya secara epistemik: tujuan dinyatakan, batas dibahas, hubungan antarrepresentasi dibangun, dan bukti digunakan untuk mengevaluasi model. Prinsip ini menjadi jembatan menuju subbab berikutnya, karena sumber miskonsepsi selalu berinteraksi dengan sumber lain dalam ekosistem pembelajaran. (Taber, 2001b; Duit & Treagust, 2003)

4.12.21 Checklist Audit Sumber

Checklist berikut digunakan untuk menilai apakah informasi kimia dari media sosial berpotensi membentuk atau menguatkan miskonsepsi. Setiap butir sebaiknya dijawab berdasarkan bukti konkret dari materi, rekaman pembelajaran, respons peserta didik, atau hasil asesmen. Jawaban “ya” bukan vonis bahwa miskonsepsi pasti terjadi, tetapi penanda perlunya pemeriksaan lebih lanjut. (Lewandowsky et al., 2012; Chou et al., 2018)

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
1	Apakah informasi kimia dari media sosial menggunakan istilah, model, atau aturan tanpa menjelaskan batas dan syarat?	☐
2	Apakah hubungan antara fenomena, partikel, simbol, grafik, dan perhitungan dinyatakan secara eksplisit?	☐
3	Apakah contoh dan noncontoh cukup bervariasi untuk memperjelas atribut kritis?	☐
4	Apakah peserta didik diminta memberikan alasan, bukan hanya jawaban atau hasil hitung?	☐

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
5	Apakah terdapat peluang untuk membandingkan prediksi dengan bukti dan merevisi model?	☐
6	Apakah konsep prasyarat diperiksa sebelum materi lanjutan diperkenalkan?	☐
7	Apakah bahasa atau visual berpotensi dibaca secara literal atau antropomorfis?	☐
8	Apakah asesmen memberi penghargaan pada pemahaman, translasi representasi, dan transfer?	☐
9	Apakah sumber lain—buku, media, praktikum, atau teman—mengulang gagasan yang sama?	☐
10	Apakah perubahan pemahaman diperiksa kembali setelah jeda dan pada konteks baru?	☐

4.13 Kesalahan Terjemahan Istilah

Dalam pembelajaran kimia, alih bahasa yang mengubah cakupan makna, hubungan gramatikal, status teknis, atau konvensi simbol istilah kimia. Sumber ini tidak bekerja sebagai penyebab tunggal yang langsung menghasilkan satu jawaban salah. Ia menyediakan kerangka interpretasi yang menentukan informasi mana yang diperhatikan, istilah mana yang dianggap penting, dan hubungan sebab-akibat apa yang terasa masuk akal. Dalam kimia, kerangka semacam itu sangat berpengaruh karena banyak entitas dan proses tidak dapat diamati secara langsung. Peserta didik harus bergerak dari gejala makroskopik menuju model submikroskopik dan notasi simbolik. Apabila jembatan tersebut tidak dibangun, pemahaman mudah diisi oleh gagasan yang paling tersedia secara mental. (IUPAC, 2025; Johnstone & Selepeng, 2001)

Mekanisme utamanya dapat diringkas sebagai berikut: padanan yang dekat secara leksikal tetapi berbeda secara konseptual membangkitkan asosiasi bahasa target yang tidak dimaksudkan dalam sumber. Proses ini menghasilkan konsepsi yang sering kali koheren dari sudut pandang peserta didik. Karena koheren, konsepsi tersebut tidak selalu terasa sebagai kesalahan. Ia dapat digunakan untuk menjawab soal rutin, menjelaskan pengalaman tertentu, dan bahkan memperoleh penguatan dari teman, guru, atau sumber belajar. Oleh sebab itu, koreksi yang hanya menyampaikan definisi ilmiah belum tentu cukup. Guru perlu memahami asal, fungsi, dan jaringan gagasan yang menopang konsepsi tersebut. (Johnstone & Selepeng, 2001; Pyburn et al., 2013)

Ciri yang patut dicermati adalah istilah terjemahan menghasilkan penalaran yang konsisten tetapi tidak sesuai definisi teknis, terutama pada kata bermakna ganda dan struktur nominal kompleks. Miskonsepsi tidak sama dengan lupa, salah hitung, atau tidak pernah belajar. Miskonsepsi mempunyai struktur alasan tertentu dan sering disertai tingkat keyakinan. Peserta didik mungkin mengganti kata yang digunakan, tetapi mempertahankan pola penalaran yang sama. Untuk itu, analisis sumber miskonsepsi perlu menghubungkan respons peserta didik dengan konteks pembelajaran, representasi yang digunakan, urutan materi, serta jenis umpan balik yang pernah diterima. (Pyburn et al., 2013; Meyer & Pietzner, 2022)

Prinsip pencegahan yang relevan adalah memeriksa istilah pada sumber terminologi otoritatif, mempertahankan istilah asli saat perlu, memberikan definisi operasional, dan melibatkan ahli bahasa serta bidang. Tujuannya bukan meniadakan seluruh pengetahuan awal atau menyederhanakan materi secara ekstrem, melainkan membangun jalur perubahan konseptual. Jalur tersebut harus membuat peserta didik menyadari batas gagasan lama, memahami daya jelas model ilmiah, dan mampu menggunakan konsep pada konteks baru. Bab ini karena itu menempatkan setiap sumber miskonsepsi sebagai bagian dari ekosistem belajar yang dapat didiagnosis dan diperbaiki secara sistematis. (IUPAC, 2025; Meyer & Pietzner, 2022)

4.13.1 Kedudukan Kesalahan Terjemahan Istilah sebagai Sumber Miskonsepsi

Hal penting yang perlu ditegaskan ialah bahwa sumber kesalahan terjemahan istilah perlu dibedakan dari miskonsepsi yang tampak pada jawaban. Sumber adalah kondisi yang menyediakan bahan, arah, atau penguatan bagi pembentukan konsepsi; miskonsepsi adalah struktur pemahaman yang tidak selaras dengan pengetahuan ilmiah yang diterima. Perbedaan ini mencegah guru menyimpulkan bahwa setiap jawaban salah pasti berasal dari faktor yang sama. Dua peserta didik dapat memberikan jawaban identik, tetapi satu berangkat dari makna bahasa, sedangkan yang lain meniru diagram atau aturan yang pernah dipelajari. (IUPAC, 2025; Johnstone & Selepeng, 2001)

Kedudukan sumber juga bersifat probabilistik. Alih bahasa yang mengubah cakupan makna, hubungan gramatikal, status teknis, atau konvensi simbol istilah kimia tidak otomatis menghasilkan miskonsepsi pada semua peserta didik. Pengaruhnya bergantung pada pengetahuan prasyarat, perhatian, kualitas penjelasan, frekuensi pengulangan, konteks sosial, dan kesempatan memperoleh umpan balik. Peserta didik yang memiliki jaringan konsep kuat dapat menafsirkan sumber yang kurang sempurna secara kritis, sedangkan peserta didik lain mungkin mengintegrasikannya secara literal. Karena itu, pencegahan harus memperkuat kemampuan interpretasi, bukan hanya menyaring materi. (Johnstone & Selepeng, 2001; Pyburn et al., 2013)

Dalam kimia, kerentanan tersebut meningkat karena makna harus dikoordinasikan antara fenomena, partikel, simbol, model, grafik, dan perhitungan. Sumber yang tampak kecil—misalnya satu kata, warna, panah, atau contoh—dapat mengubah hubungan antartingkat representasi. Kesalahan itu kemudian menjalar. Kekeliruan membedakan partikel dengan zat

dapat memengaruhi ikatan, larutan, stoikiometri, kesetimbangan, dan elektrokimia. Oleh sebab itu, analisis sumber perlu memeriksa tidak hanya isi pernyataan, tetapi juga fungsi representasi dan hubungan yang dibangun. (Johnstone, 2000; Taber, 2001a)

4.13.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan

Apabila ditelaah lebih jauh, padanan yang dekat secara leksikal tetapi berbeda secara konseptual membangkitkan asosiasi bahasa target yang tidak dimaksudkan dalam sumber. Pada tahap awal, peserta didik memilih petunjuk yang paling menonjol. Petunjuk itu dihubungkan dengan skema yang telah tersedia. Ketika hasilnya cukup berhasil untuk menjawab pertanyaan atau menjelaskan satu pengalaman, hubungan tersebut menjadi lebih mudah diaktifkan kembali. Pengulangan tanpa koreksi meningkatkan kelancaran pemrosesan, dan kelancaran sering keliru ditafsirkan sebagai kebenaran. (IUPAC, 2025; Koriati, 1997)

Penguatan dapat terjadi melalui empat jalur. Pertama, konsistensi internal: gagasan terasa cocok dengan asumsi lain yang telah dimiliki. Kedua, konsistensi sosial: teman, guru, buku, atau media menggunakan ungkapan serupa. Ketiga, keberhasilan instrumental: algoritma atau aturan menghasilkan jawaban yang dinilai benar. Keempat, ketiadaan anomali yang diproses secara sadar. Peserta didik mungkin telah melihat data yang tidak sesuai, tetapi menafsirkannya sebagai pengecualian atau kesalahan eksperimen. Jalur-jalur ini menjelaskan ketahanan miskonsepsi. (Smith et al., 1994; Duit & Treagust, 2003)

Hubungan antara sumber dan konsepsi juga dapat berubah sepanjang waktu. Sebuah penyederhanaan yang awalnya membantu dapat menjadi hambatan pada materi lanjutan. Sebaliknya, pengalaman yang semula menyesatkan dapat berfungsi sebagai titik awal diskusi ketika guru meminta prediksi, menghadirkan bukti pembandingan, dan membangun model yang lebih luas. Dengan demikian, persoalannya bukan hanya apakah sumber itu benar atau salah, melainkan bagaimana sumber tersebut diposisikan, dibatasi, dan direvisi dalam urutan belajar. (Pyburn et al., 2013; Meyer & Pietzner, 2022)

4.13.3 Indikator pada Respons Peserta Didik

Indikator yang paling berguna muncul ketika peserta didik diminta memprediksi dan memberikan alasan. Indikator pertama adalah konsistensi alasan. Respons yang sama muncul pada pertanyaan berbeda karena peserta didik menggunakan aturan inti yang sama. Indikator kedua adalah transfer yang salah: aturan yang benar pada satu konteks diterapkan pada konteks lain tanpa memeriksa syarat. Indikator ketiga adalah ketergantungan pada fitur permukaan. Perubahan angka, gambar, atau istilah dapat mengubah jawaban meskipun struktur kimianya tetap. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Indikator lain adalah tingkat keyakinan yang tidak sejalan dengan kualitas alasan. Peserta didik dapat sangat yakin karena jawaban terasa familiar, pernah memperoleh nilai, atau cocok dengan sumber yang dianggap otoritatif. Keadaan ini berbeda dari tebakan atau pengetahuan yang belum lengkap. Penggunaan tingkat keyakinan, alasan terbuka, dan tugas translasi

representasi membantu memisahkan miskonsepsi kuat dari ketidakpastian biasa. (Brandriet & Bretz, 2014; Koriati, 1997)

Guru juga perlu mengamati bahasa spontan, gambar, pilihan simbol, urutan langkah, dan tindakan selama praktikum. Konsepsi yang tidak tampak pada definisi sering muncul ketika peserta didik harus menjelaskan mengapa, memprediksi perubahan, atau membangun diagram partikel. Bukti terbaik biasanya berasal dari triangulasi: jawaban tertulis, wawancara singkat, representasi visual, dan kinerja pada kasus baru. (Gkitzia et al., 2020; Taber, 2002a)

4.13.4 Perbedaan dari Kesalahan Lain

Kesalahan aritmetika, salah baca satuan, kelalaian, atau keterbatasan kosakata dapat menghasilkan jawaban salah tanpa membentuk miskonsepsi. Karena itu, guru perlu menanyakan apakah peserta didik mempunyai hubungan konseptual alternatif yang digunakan secara konsisten. Kesalahan satu kali yang segera disadari setelah ditunjukkan berbeda dari gagasan yang dipertahankan melalui penjelasan dan contoh. Perbedaan ini menentukan jenis intervensi: latihan prosedural, dukungan bahasa, atau perubahan konseptual. (Nakhleh, 1992; Treagust, 1988)

Pengetahuan parsial juga tidak selalu merupakan miskonsepsi. Peserta didik mungkin mengetahui bahwa katalis mempercepat reaksi tetapi belum memahami jalur alternatif dan energi aktivasi. Keadaan tersebut menjadi miskonsepsi ketika ia menambahkan hubungan keliru, misalnya katalis menaikkan energi pereaksi atau mengubah tetapan kesetimbangan. Diagnosis harus mengidentifikasi apa yang benar, apa yang belum ada, dan apa yang secara aktif salah. (Taber, 2001b; Talanquer, 2015)

Dalam konteks kesalahan terjemahan istilah, perbedaan tersebut makin penting karena satu respons dapat memiliki beberapa asal. Guru sebaiknya menelusuri kapan gagasan pertama kali digunakan, sumber apa yang dianggap meyakinkan, dan pada konteks mana gagasan berubah. Data itu memberi dasar untuk intervensi yang tepat sasaran dan mencegah tindakan umum seperti mengulang ceramah atau menambah soal tanpa memperbaiki penyebab. (IUPAC, 2025; Johnstone & Selepeng, 2001)

4.13.5 Materi, Zat, dan Perubahan

Pada topik materi, zat, dan perubahan, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa materi tersusun atas partikel, identitas zat ditentukan oleh jenis dan susunan partikelnya, serta perubahan fisika perlu dibedakan dari perubahan kimia berdasarkan perubahan identitas kimia. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (IUPAC, 2025; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan kesalahan terjemahan istilah, masalah yang sering muncul ialah ketika *physical change* diterjemahkan secara sempit sebagai perubahan yang mudah dikembalikan, bukan perubahan tanpa identitas kimia baru. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Johnstone & Selepeng, 2001; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Ke mana partikel air pergi ketika pakaian mengering, dan apakah jumlah materi benar-benar berkurang?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan massa sistem terbuka dan tertutup, menyusun diagram partikel sebelum-sesudah, serta membedakan bukti observasional dari inferensi tentang partikel. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Johnstone & Selepeng, 2001; Meyer & Pietzner, 2022)

4.13.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron

Pada topik struktur atom dan konfigurasi elektron, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa model atom adalah representasi teoretis dengan domain berlaku tertentu; elektron tidak berada pada lintasan planet yang kaku, dan konfigurasi elektron berkaitan dengan keadaan energi serta probabilitas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Johnstone & Selepeng, 2001; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan kesalahan terjemahan istilah, masalah yang sering muncul ialah ketika *shell*, *orbital*, *ground state*, dan *excited state* diterjemahkan dengan padanan yang

membawa gambaran benda atau emosi. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Johnstone & Selepeng, 2001; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah elektron mempunyai lintasan pasti seperti planet, dan apa yang sebenarnya dinyatakan oleh orbital?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan beberapa model atom, menjelaskan fungsi dan batas setiap model, serta menggunakan peta perubahan model berdasarkan bukti eksperimen. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (IUPAC, 2025; Gkitzia et al., 2011)

4.13.7 Sistem Periodik dan Periodisitas

Pada topik sistem periodik dan periodisitas, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penjarangan, dan jarak elektron; kecenderungan periodik bersifat pola dengan pengecualian yang harus dipahami secara kausal. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Pyburn et al., 2013; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan kesalahan terjemahan istilah, masalah yang sering muncul ialah ketika *effective nuclear charge*, *shielding*, *affinity*, dan *periodicity* kehilangan hubungan teknis ketika dialihbahasakan bebas. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih

atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (IUPAC, 2025; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Johnstone & Selepeng, 2001; Taber, 2002a)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penyarungan, dan jarak elektron	Menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian
Miskonsepsi	Tren periodik dihafal sebagai arah panah mutlak, nomor periode dianggap jumlah elektron valensi, dan ukuran atom ditentukan hanya oleh jumlah kulit	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?
Sumber	Effective nuclear charge, shielding, affinity, dan periodicity kehilangan hubungan teknis ketika dialihbahasakan bebas	Periksa peran kesalahan terjemahan istilah bersama sumber penguat lain.

4.13.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul

Pada topik ikatan kimia, struktur zat, dan gaya antarmolekul, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa ikatan dan gaya antarmolekul harus dibedakan; struktur zat ditentukan oleh distribusi elektron, interaksi elektrostatik, energi sistem, dan organisasi partikel pada berbagai skala. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Meyer & Pietzner, 2022; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan kesalahan terjemahan istilah, masalah yang sering muncul ialah ketika *bond*, *bonding*, *intermolecular force*, *strength*, dan *stability* memakai padanan yang tumpang tindih. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Meyer & Pietzner, 2022; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang diputus ketika air mendidih: ikatan O–H atau interaksi antarmolekul?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan struktur diskrit, kisi ionik, logam, dan jaringan kovalen sambil menghubungkan struktur dengan sifat. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (IUPAC, 2025; Taber, 2002a)

4.13.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi

Pada topik mol, stoikiometri, dan persamaan reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa mol adalah satuan jumlah zat yang menghubungkan entitas pada tingkat partikel dengan besaran makroskopik; koefisien reaksi menyatakan perbandingan jumlah entitas atau mol, bukan perbandingan massa secara langsung. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (IUPAC, 2025; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan kesalahan terjemahan istilah, masalah yang sering muncul ialah ketika *amount of substance*, *formula unit*, *relative molecular mass*, dan *stoichiometric coefficient* tidak diberi batas operasional. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Meyer & Pietzner, 2022; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa satu mol oksigen dan satu mol besi mengandung jumlah entitas yang sama tetapi bermassa berbeda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan persamaan reaksi, model partikel, tabel jumlah mol, dan alasan kuantitatif pada setiap langkah perhitungan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (IUPAC, 2025; Gkitzia et al., 2011)

4.13.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit

Pada topik larutan, konsentrasi, kelarutan, dan elektrolit, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel; konsentrasi berbeda dari kekuatan, kelarutan bergantung pada kondisi, dan konduktivitas memerlukan pembawa muatan yang dapat bergerak. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Johnstone & Selepeng, 2001; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan kesalahan terjemahan istilah, masalah yang sering muncul ialah ketika *strong*, *concentrated*, *saturated*, *soluble*, dan *dissociated* diterjemahkan dengan kata umum yang berdekatan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Pyburn et al., 2013; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Pyburn et al., 2013; Meyer & Pietzner, 2022)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel	Menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi
Miskonsepsi	Larutan jenuh dianggap tidak memiliki ruang, zat terlarut lenyap, asam kuat selalu pekat, dan semua senyawa ionik selalu menghantarkan listrik	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?
Sumber	Strong, concentrated, saturated, soluble, dan dissociated diterjemahkan dengan kata umum yang berdekatan	Periksa peran kesalahan terjemahan istilah bersama sumber penguat lain.

4.13.11 Termokimia dan Termodinamika

Pada topik termokimia dan termodinamika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa kalor adalah energi yang berpindah karena perbedaan suhu, suhu berkaitan dengan distribusi energi kinetik, dan spontanitas tidak identik dengan kecepatan reaksi. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Pyburn et al., 2013; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan kesalahan terjemahan istilah, masalah yang sering muncul ialah ketika heat, thermal energy, enthalpy, spontaneous, dan favorable sering disepadankan secara tidak cermat. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Meyer & Pietzner, 2022; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Dapatkah proses endoterm berlangsung spontan, dan apakah spontan berarti terjadi seketika?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menetapkan sistem-lingkungan, menggambar diagram energi, membedakan aspek termodinamika dari kinetika, dan menafsirkan tanda besaran. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Pyburn et al., 2013; Taber, 2002a)

4.13.12 Laju Reaksi dan Kinetika

Pada topik laju reaksi dan kinetika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa laju reaksi ditentukan oleh mekanisme, frekuensi serta orientasi tumbukan efektif, distribusi energi, dan konsentrasi spesies yang terlibat dalam tahap elementer. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Meyer & Pietzner, 2022; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan kesalahan terjemahan istilah, masalah yang sering muncul ialah ketika *rate*, *speed*, *order*, *rate-determining step*, dan *molecularity* kehilangan perbedaan epistemik. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Meyer & Pietzner, 2022; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa kenaikan suhu dapat meningkatkan laju jauh lebih besar daripada sekadar kenaikan kecepatan rata-rata partikel?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga

kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan data laju, grafik distribusi energi, mekanisme reaksi, serta model tumbukan dengan asumsi yang dinyatakan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (IUPAC, 2025; Taber, 2002a)

4.13.13 Keseimbangan Kimia

Pada topik keseimbangan kimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa keseimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (IUPAC, 2025; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan kesalahan terjemahan istilah, masalah yang sering muncul ialah ketika equilibrium shift, extent of reaction, steady state, dan reversible dipadatkan menjadi istilah seimbang atau balik. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Pyburn et al., 2013; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan

tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis Q dan K . Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Johnstone & Selepeng, 2001; Meyer & Pietzner, 2022)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Keseimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu	Menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis q dan k
Miskonsepsi	Reaksi berhenti pada keseimbangan, konsentrasi pereaksi dan produk harus sama, dan katalis menggeser keseimbangan	Minta alasan atas pertanyaan: Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?
Sumber	Equilibrium shift, extent of reaction, steady state, dan reversible dipadatkan menjadi istilah seimbang atau balik	Periksa peran kesalahan terjemahan istilah bersama sumber penguat lain.

4.13.14 Asam, Basa, dan pH

Pada topik asam, basa, dan pH, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa asam-basa bergantung pada kerangka teori dan pasangan reaksi; kekuatan berbeda dari konsentrasi, sedangkan pH berskala logaritmik dan bergantung pada kondisi larutan. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu

hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Johnstone & Selepeng, 2001; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan kesalahan terjemahan istilah, masalah yang sering muncul ialah ketika strong acid, acid strength, acidity, neutral, dan buffer capacity diterjemahkan seolah satu dimensi. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Meyer & Pietzner, 2022; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah larutan asam lemah yang pekat dapat memiliki pH lebih rendah daripada larutan asam kuat yang sangat encer?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan derajat ionisasi dan konsentrasi, menggunakan garis bilangan logaritmik, serta menguji berbagai pasangan asam-basa. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (IUPAC, 2025; Meyer & Pietzner, 2022)

4.13.15 Redoks dan Elektrokimia

Pada topik redoks dan elektrokimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa oksidasi-reduksi melibatkan perubahan bilangan oksidasi dan transfer elektron secara konseptual; potensial sel adalah besaran intensif dan arah aliran elektron harus dibedakan dari arus konvensional. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Pyburn et al., 2013; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan kesalahan terjemahan istilah, masalah yang sering muncul ialah ketika oxidation state, charge, electrode potential, current, dan cell notation mengalami perubahan fungsi. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Meyer & Pietzner, 2022; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa tanda anoda berbeda antara sel galvanik dan sel elektrolisis, tetapi oksidasi tetap terjadi di anoda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melacak elektron, ion, muatan, dan perubahan bilangan oksidasi pada diagram sel yang diberi label lengkap. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Johnstone & Selepeng, 2001; Meyer & Pietzner, 2022)

4.13.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi

Pada topik kimia organik dan mekanisme reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas; panah lengkung merepresentasikan perpindahan pasangan elektron, bukan gerak atom secara bebas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Meyer & Pietzner, 2022; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan kesalahan terjemahan istilah, masalah yang sering muncul ialah ketika curved arrow, leaving group, nucleophile, electrophile, dan resonance diterjemahkan

secara antropomorfis. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Johnstone & Selepeng, 2001; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Pyburn et al., 2013; Taber, 2002a)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas	Melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur
Miskonsepsi	Rumus struktur dianggap gambar geometris literal, panah mekanisme menunjukkan atom berpindah mengikuti panah, dan semua isomer dianggap memiliki sifat yang sama	Minta alasan atas pertanyaan: Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Sumber	Curved arrow, leaving group, nucleophile, electrophile, dan resonance diterjemahkan secara antropomorfis	Periksa peran kesalahan terjemahan istilah bersama sumber penguat lain.

4.13.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Diagnosis tidak cukup dilakukan dengan menanyakan definisi. Untuk sumber kesalahan terjemahan istilah, diagnosis sebaiknya dimulai dengan peta hipotesis: gagasan apa yang mungkin dimiliki, bukti respons apa yang mendukungnya, dan sumber mana yang mungkin berperan. Peta ini mencegah guru mencari satu kesalahan yang telah diperkirakan sebelumnya. Instrumen dapat menggabungkan pilihan jawaban, alasan, tingkat keyakinan, gambar, tugas prediksi, dan wawancara singkat. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Butir diagnostik perlu menghindari petunjuk bahasa yang terlalu jelas dan harus menilai konsep pada lebih dari satu konteks. Soal numerik dapat dipasangkan dengan soal konseptual yang mempunyai struktur sama. Diagram dapat diminta diterjemahkan ke dalam persamaan dan penjelasan verbal. Dalam praktikum, peserta didik diminta membedakan apa yang diamati, apa yang dihitung, dan apa yang diinferensikan. Kombinasi tersebut mengungkap konsistensi model mental. (Brandriet & Bretz, 2014; Gkitzia et al., 2020)

Hasil diagnosis tidak berhenti pada persentase jawaban salah. Guru perlu mengelompokkan pola alasan, memeriksa konsep prasyarat, serta menelusuri bahan ajar dan praktik yang mungkin menguatkannya. Tindak lanjut dilakukan melalui konferensi singkat, diskusi kelas, revisi bahan, dan asesmen ulang. Dengan cara ini, diagnosis berfungsi sebagai bagian dari desain pembelajaran, bukan sekadar pelabelan peserta didik. (Taber, 2002a; Duit & Treagust, 2003)

4.13.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran

Intervensi yang efektif harus menargetkan hubungan konsep, bukan hanya mengganti kalimat salah dengan kalimat benar. Guru perlu melakukan analisis konsep sebelum memilih contoh, analogi, gambar, rumus, dan kegiatan. Analisis mencakup atribut kritis, noncontoh, prasyarat, representasi, kemungkinan salah tafsir, serta batas model. Pada sumber kesalahan terjemahan istilah, perhatian khusus diberikan pada memeriksa istilah pada sumber terminologi otoritatif, mempertahankan istilah asli saat perlu, memberikan definisi operasional, dan melibatkan ahli bahasa serta bidang. Pencegahan harus tampak dalam tujuan, urutan, aktivitas, dan asesmen. (IUPAC, 2025; Johnstone & Selepeng, 2001)

Desain pembelajaran yang kuat menghubungkan tiga lapisan. Lapisan pertama adalah fenomena atau data yang memberi alasan untuk belajar. Lapisan kedua adalah model yang

menjelaskan fenomena. Lapisan ketiga adalah simbol dan perhitungan yang memadatkan hubungan. Perpindahan antar lapisan tidak boleh diasumsikan terjadi otomatis. Guru perlu memodelkan proses penerjemahan, menanyakan makna setiap simbol, dan menilai konsistensi penjelasan. (Johnstone, 2000; Gkitzia et al., 2020)

Pencegahan juga memerlukan pengelolaan bahasa dan metakognisi. Peserta didik diberi kesempatan menandai kata bermakna ganda, menyatakan tingkat keyakinan, dan menuliskan perubahan pemahaman. Guru dapat menggunakan kalimat seperti “model ini berguna untuk menjelaskan..., tetapi tidak menunjukkan...”. Kebiasaan tersebut membangun kewaspadaan epistemik dan mengurangi kecenderungan memperlakukan model, analogi, atau aturan sebagai realitas harfiah. (Koriat, 1997; Meyer & Pietzner, 2022)

4.13.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual

Remediasi dimulai dengan mengakui bahwa konsepsi awal memiliki alasan bagi peserta didik. Guru tidak cukup menyatakan “itu salah”, melainkan meminta peserta didik mengartikulasikan prediksi dan dasar pikirnya. Setelah itu disajikan kasus yang membedakan daya jelas konsepsi awal dan model ilmiah. Anomali harus dapat dipahami, relevan, dan diikuti penjelasan alternatif; jika tidak, peserta didik dapat mengabaikannya sebagai pengecualian. (Vosniadou, 1994; Duit & Treagust, 2003)

Tahap berikutnya adalah rekonstruksi. Peserta didik menyusun model baru melalui contoh beragam, noncontoh, peta konsep, dan translasi representasi. Guru menekankan hubungan yang berubah, bukan hanya jawaban. Pada sumber kesalahan terjemahan istilah, rekonstruksi harus sekaligus memperbaiki sumber penguat—misalnya istilah, gambar, lembar kerja, atau pola asesmen. Tanpa perubahan lingkungan belajar, konsepsi lama mudah kembali aktif. (Smith et al., 1994; Mortimer, 1995)

Tahap terakhir adalah konsolidasi dan transfer. Peserta didik menggunakan konsep pada situasi baru, menjelaskan batasnya, membandingkan dengan konsep berdekatan, dan mengevaluasi informasi dari sumber lain. Asesmen ulang dilakukan setelah jeda untuk melihat ketahanan perubahan. Remediasi dinilai berhasil apabila peserta didik tidak hanya memilih jawaban ilmiah, tetapi dapat memberikan alasan yang konsisten dan menilai kewajaran representasi serta hasil. (Taber, 2002a; Treagust, 1988)

4.13.20 Sintesis Subbab

Sumber kesalahan terjemahan istilah berkontribusi terhadap miskonsepsi melalui mekanisme berikut: padanan yang dekat secara leksikal tetapi berbeda secara konseptual membangkitkan asosiasi bahasa target yang tidak dimaksudkan dalam sumber. Pengaruhnya terlihat pada seluruh domain kimia, tetapi bentuk konkret berbeda menurut tingkat representasi, prasyarat, dan aktivitas. Karena itu, guru harus menghindari kesimpulan bahwa satu strategi dapat memperbaiki semua miskonsepsi. Intervensi perlu mempertimbangkan isi konsep dan sumber yang menguatkannya. (IUPAC, 2025; Johnstone & Selepeng, 2001; Pyburn et al., 2013; Meyer & Pietzner, 2022)

Inti diagnosis adalah membedakan gejala, konsepsi, dan sumber. Gejala merupakan respons yang tampak; konsepsi adalah hubungan makna yang digunakan; sumber adalah kondisi yang membentuk atau menguatkan hubungan tersebut. Pembedaan ini memungkinkan tindakan yang presisi. Jawaban salah akibat ketidaktelitian tidak memerlukan konflik konseptual, sedangkan miskonsepsi berkeyakinan tinggi tidak cukup diatasi dengan latihan tambahan. (Hasan et al., 1999; Brandriet & Bretz, 2014)

Implikasi utamanya adalah memeriksa istilah pada sumber terminologi otoritatif, mempertahankan istilah asli saat perlu, memberikan definisi operasional, dan melibatkan ahli bahasa serta bidang. Pencegahan terbaik bukan menghilangkan seluruh penyederhanaan, pengalaman, atau media, melainkan mengelolanya secara epistemik: tujuan dinyatakan, batas dibahas, hubungan antarrepresentasi dibangun, dan bukti digunakan untuk mengevaluasi model. Prinsip ini menjadi jembatan menuju subbab berikutnya, karena sumber miskonsepsi selalu berinteraksi dengan sumber lain dalam ekosistem pembelajaran. (Taber, 2001b; Duit & Treagust, 2003)

4.13.21 Checklist Audit Sumber

Checklist berikut digunakan untuk menilai apakah kesalahan terjemahan istilah berpotensi membentuk atau menguatkan miskonsepsi. Setiap butir sebaiknya dijawab berdasarkan bukti konkret dari materi, rekaman pembelajaran, respons peserta didik, atau hasil asesmen. Jawaban “ya” bukan vonis bahwa miskonsepsi pasti terjadi, tetapi penanda perlunya pemeriksaan lebih lanjut. (IUPAC, 2025; Johnstone & Selepeng, 2001)

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
1	Apakah kesalahan terjemahan istilah menggunakan istilah, model, atau aturan tanpa menjelaskan batas dan syarat?	☐
2	Apakah hubungan antara fenomena, partikel, simbol, grafik, dan perhitungan dinyatakan secara eksplisit?	☐
3	Apakah contoh dan noncontoh cukup bervariasi untuk memperjelas atribut kritis?	☐
4	Apakah peserta didik diminta memberikan alasan, bukan hanya jawaban atau hasil hitung?	☐
5	Apakah terdapat peluang untuk membandingkan prediksi dengan bukti dan merevisi model?	☐
6	Apakah konsep prasyarat diperiksa sebelum materi lanjutan diperkenalkan?	☐

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
7	Apakah bahasa atau visual berpotensi dibaca secara literal atau antropomorfis?	☐
8	Apakah asesmen memberi penghargaan pada pemahaman, translasi representasi, dan transfer?	☐
9	Apakah sumber lain—buku, media, praktikum, atau teman—mengulang gagasan yang sama?	☐
10	Apakah perubahan pemahaman diperiksa kembali setelah jeda dan pada konteks baru?	☐

4.14 Kurangnya Pengetahuan Prasyarat

Dalam konteks kelas, ketidakcukupan konsep, keterampilan matematis, literasi simbolik, atau pengalaman representasional yang dibutuhkan untuk membangun konsep baru. Sumber ini tidak bekerja sebagai penyebab tunggal yang langsung menghasilkan satu jawaban salah. Ia menyediakan kerangka interpretasi yang menentukan informasi mana yang diperhatikan, istilah mana yang dianggap penting, dan hubungan sebab-akibat apa yang terasa masuk akal. Dalam kimia, kerangka semacam itu sangat berpengaruh karena banyak entitas dan proses tidak dapat diamati secara langsung. Peserta didik harus bergerak dari gejala makroskopik menuju model submikroskopik dan notasi simbolik. Apabila jembatan tersebut tidak dibangun, pemahaman mudah diisi oleh gagasan yang paling tersedia secara mental. (Ausubel, 1968; Johnstone, 2000)

Mekanisme utamanya dapat diringkas sebagai berikut: kesenjangan prasyarat diisi dengan aturan hafalan, intuisi, atau analogi sehingga pengetahuan baru menempel secara dangkal dan mudah salah transfer. Proses ini menghasilkan konsepsi yang sering kali koheren dari sudut pandang peserta didik. Karena koheren, konsepsi tersebut tidak selalu terasa sebagai kesalahan. Ia dapat digunakan untuk menjawab soal rutin, menjelaskan pengalaman tertentu, dan bahkan memperoleh penguatan dari teman, guru, atau sumber belajar. Oleh sebab itu, koreksi yang hanya menyampaikan definisi ilmiah belum tentu cukup. Guru perlu memahami asal, fungsi, dan jaringan gagasan yang menopang konsepsi tersebut. (Johnstone, 2000; Sevia & Talanquer, 2014)

Ciri yang patut dicermati adalah kesulitan tampak pada banyak topik lanjutan, jawaban berubah ketika representasi diubah, dan peserta didik tidak dapat menjelaskan langkah dasar yang diasumsikan telah dikuasai. Miskonsepsi tidak sama dengan lupa, salah hitung, atau tidak pernah belajar. Miskonsepsi mempunyai struktur alasan tertentu dan sering disertai tingkat keyakinan. Peserta didik mungkin mengganti kata yang digunakan, tetapi mempertahankan pola penalaran yang sama. Untuk itu, analisis sumber miskonsepsi perlu

menghubungkan respons peserta didik dengan konteks pembelajaran, representasi yang digunakan, urutan materi, serta jenis umpan balik yang pernah diterima. (Sevian & Talanquer, 2014; Gkitzia et al., 2020)

Prinsip pencegahan yang relevan adalah memetakan dependensi konsep, melakukan asesmen diagnostik awal, menyediakan penguatan terarah, dan menata ulang beban belajar. Tujuannya bukan meniadakan seluruh pengetahuan awal atau menyederhanakan materi secara ekstrem, melainkan membangun jalur perubahan konseptual. Jalur tersebut harus membuat peserta didik menyadari batas gagasan lama, memahami daya jelas model ilmiah, dan mampu menggunakan konsep pada konteks baru. Bab ini karena itu menempatkan setiap sumber miskonsepsi sebagai bagian dari ekosistem belajar yang dapat didiagnosis dan diperbaiki secara sistematis. (Ausubel, 1968; Gkitzia et al., 2020)

4.14.1 Kedudukan Kurangnya Pengetahuan Prasyarat sebagai Sumber Miskonsepsi

Kajian pendidikan kimia menunjukkan bahwa sumber kurangnya pengetahuan prasyarat perlu dibedakan dari miskonsepsi yang tampak pada jawaban. Sumber adalah kondisi yang menyediakan bahan, arah, atau penguatan bagi pembentukan konsepsi; miskonsepsi adalah struktur pemahaman yang tidak selaras dengan pengetahuan ilmiah yang diterima. Perbedaan ini mencegah guru menyimpulkan bahwa setiap jawaban salah pasti berasal dari faktor yang sama. Dua peserta didik dapat memberikan jawaban identik, tetapi satu berangkat dari makna bahasa, sedangkan yang lain meniru diagram atau aturan yang pernah dipelajari. (Ausubel, 1968; Johnstone, 2000)

Kedudukan sumber juga bersifat probabilistik. Ketidakcukupan konsep, keterampilan matematis, literasi simbolik, atau pengalaman representasional yang dibutuhkan untuk membangun konsep baru tidak otomatis menghasilkan miskonsepsi pada semua peserta didik. Pengaruhnya bergantung pada pengetahuan prasyarat, perhatian, kualitas penjelasan, frekuensi pengulangan, konteks sosial, dan kesempatan memperoleh umpan balik. Peserta didik yang memiliki jaringan konsep kuat dapat menafsirkan sumber yang kurang sempurna secara kritis, sedangkan peserta didik lain mungkin mengintegrasikannya secara literal. Karena itu, pencegahan harus memperkuat kemampuan interpretasi, bukan hanya menyaring materi. (Johnstone, 2000; Sevian & Talanquer, 2014)

Dalam kimia, kerentanan tersebut meningkat karena makna harus dikoordinasikan antara fenomena, partikel, simbol, model, grafik, dan perhitungan. Sumber yang tampak kecil—misalnya satu kata, warna, panah, atau contoh—dapat mengubah hubungan antartingkat representasi. Kesalahan itu kemudian menjalar. Kekeliruan membedakan partikel dengan zat dapat memengaruhi ikatan, larutan, stoikiometri, kesetimbangan, dan elektrokimia. Oleh sebab itu, analisis sumber perlu memeriksa tidak hanya isi pernyataan, tetapi juga fungsi representasi dan hubungan yang dibangun. (Johnstone, 2000; Taber, 2001a)

4.14.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan

Dalam konteks kelas, kesenjangan prasyarat diisi dengan aturan hafalan, intuisi, atau analogi sehingga pengetahuan baru menempel secara dangkal dan mudah salah transfer. Pada tahap awal, peserta didik memilih petunjuk yang paling menonjol. Petunjuk itu dihubungkan dengan skema yang telah tersedia. Ketika hasilnya cukup berhasil untuk menjawab pertanyaan atau menjelaskan satu pengalaman, hubungan tersebut menjadi lebih mudah diaktifkan kembali. Pengulangan tanpa koreksi meningkatkan kelancaran pemrosesan, dan kelancaran sering keliru ditafsirkan sebagai kebenaran. (Ausubel, 1968; Koriat, 1997)

Penguatan dapat terjadi melalui empat jalur. Pertama, konsistensi internal: gagasan terasa cocok dengan asumsi lain yang telah dimiliki. Kedua, konsistensi sosial: teman, guru, buku, atau media menggunakan ungkapan serupa. Ketiga, keberhasilan instrumental: algoritma atau aturan menghasilkan jawaban yang dinilai benar. Keempat, ketiadaan anomali yang diproses secara sadar. Peserta didik mungkin telah melihat data yang tidak sesuai, tetapi menafsirkannya sebagai pengecualian atau kesalahan eksperimen. Jalur-jalur ini menjelaskan ketahanan miskonsepsi. (Smith et al., 1994; Duit & Treagust, 2003)

Hubungan antara sumber dan konsepsi juga dapat berubah sepanjang waktu. Sebuah penyederhanaan yang awalnya membantu dapat menjadi hambatan pada materi lanjutan. Sebaliknya, pengalaman yang semula menyesatkan dapat berfungsi sebagai titik awal diskusi ketika guru meminta prediksi, menghadirkan bukti pembanding, dan membangun model yang lebih luas. Dengan demikian, persoalannya bukan hanya apakah sumber itu benar atau salah, melainkan bagaimana sumber tersebut diposisikan, dibatasi, dan direvisi dalam urutan belajar. (Sevian & Talanquer, 2014; Gkitzia et al., 2020)

4.14.3 Indikator pada Respons Peserta Didik

Indikator yang paling berguna muncul ketika peserta didik diminta memprediksi dan memberikan alasan. Indikator pertama adalah konsistensi alasan. Respons yang sama muncul pada pertanyaan berbeda karena peserta didik menggunakan aturan inti yang sama. Indikator kedua adalah transfer yang salah: aturan yang benar pada satu konteks diterapkan pada konteks lain tanpa memeriksa syarat. Indikator ketiga adalah ketergantungan pada fitur permukaan. Perubahan angka, gambar, atau istilah dapat mengubah jawaban meskipun struktur kimianya tetap. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Indikator lain adalah tingkat keyakinan yang tidak sejalan dengan kualitas alasan. Peserta didik dapat sangat yakin karena jawaban terasa familiar, pernah memperoleh nilai, atau cocok dengan sumber yang dianggap otoritatif. Keadaan ini berbeda dari tebakan atau pengetahuan yang belum lengkap. Penggunaan tingkat keyakinan, alasan terbuka, dan tugas translasi representasi membantu memisahkan miskonsepsi kuat dari ketidakpastian biasa. (Brandriet & Bretz, 2014; Koriat, 1997)

Guru juga perlu mengamati bahasa spontan, gambar, pilihan simbol, urutan langkah, dan tindakan selama praktikum. Konsepsi yang tidak tampak pada definisi sering muncul ketika

peserta didik harus menjelaskan mengapa, memprediksi perubahan, atau membangun diagram partikel. Bukti terbaik biasanya berasal dari triangulasi: jawaban tertulis, wawancara singkat, representasi visual, dan kinerja pada kasus baru. (Gkitzia et al., 2020; Taber, 2002a)

4.14.4 Perbedaan dari Kesalahan Lain

Kesalahan aritmetika, salah baca satuan, kelalaian, atau keterbatasan kosakata dapat menghasilkan jawaban salah tanpa membentuk miskonsepsi. Karena itu, guru perlu menanyakan apakah peserta didik mempunyai hubungan konseptual alternatif yang digunakan secara konsisten. Kesalahan satu kali yang segera disadari setelah ditunjukkan berbeda dari gagasan yang dipertahankan melalui penjelasan dan contoh. Perbedaan ini menentukan jenis intervensi: latihan prosedural, dukungan bahasa, atau perubahan konseptual. (Nakhleh, 1992; Treagust, 1988)

Pengetahuan parsial juga tidak selalu merupakan miskonsepsi. Peserta didik mungkin mengetahui bahwa katalis mempercepat reaksi tetapi belum memahami jalur alternatif dan energi aktivasi. Keadaan tersebut menjadi miskonsepsi ketika ia menambahkan hubungan keliru, misalnya katalis menaikkan energi pereaksi atau mengubah tetapan kesetimbangan. Diagnosis harus mengidentifikasi apa yang benar, apa yang belum ada, dan apa yang secara aktif salah. (Taber, 2001b; Talanquer, 2015)

Dalam konteks kurangnya pengetahuan prasyarat, perbedaan tersebut makin penting karena satu respons dapat memiliki beberapa asal. Guru sebaiknya menelusuri kapan gagasan pertama kali digunakan, sumber apa yang dianggap meyakinkan, dan pada konteks mana gagasan berubah. Data itu memberi dasar untuk intervensi yang tepat sasaran dan mencegah tindakan umum seperti mengulang ceramah atau menambah soal tanpa memperbaiki penyebab. (Ausubel, 1968; Johnstone, 2000)

4.14.5 Materi, Zat, dan Perubahan

Pada topik materi, zat, dan perubahan, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa materi tersusun atas partikel, identitas zat ditentukan oleh jenis dan susunan partikelnya, serta perubahan fisika perlu dibedakan dari perubahan kimia berdasarkan perubahan identitas kimia. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Ausubel, 1968; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan kurangnya pengetahuan prasyarat, masalah yang sering muncul ialah ketika konservasi massa dan model partikel belum kokoh ketika perubahan materi serta reaksi diajarkan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan

hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Johnstone, 2000; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Ke mana partikel air pergi ketika pakaian mengering, dan apakah jumlah materi benar-benar berkurang?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan massa sistem terbuka dan tertutup, menyusun diagram partikel sebelum-sesudah, serta membedakan bukti observasional dari inferensi tentang partikel. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Ausubel, 1968; Meyer & Pietzner, 2022)

4.14.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron

Pada topik struktur atom dan konfigurasi elektron, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa model atom adalah representasi teoretis dengan domain berlaku tertentu; elektron tidak berada pada lintasan planet yang kaku, dan konfigurasi elektron berkaitan dengan keadaan energi serta probabilitas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Johnstone, 2000; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan kurangnya pengetahuan prasyarat, masalah yang sering muncul ialah ketika muatan, gaya elektrostatik, probabilitas, dan grafik energi belum dikuasai sebelum struktur atom lanjutan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam

buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Gkitzia et al., 2020; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah elektron mempunyai lintasan pasti seperti planet, dan apa yang sebenarnya dinyatakan oleh orbital?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan beberapa model atom, menjelaskan fungsi dan batas setiap model, serta menggunakan peta perubahan model berdasarkan bukti eksperimen. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Sevian & Talanquer, 2014; Gkitzia et al., 2011)

4.14.7 Sistem Periodik dan Periodisitas

Pada topik sistem periodik dan periodisitas, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penjarangan, dan jarak elektron; kecenderungan periodik bersifat pola dengan pengecualian yang harus dipahami secara kausal. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Sevian & Talanquer, 2014; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan kurangnya pengetahuan prasyarat, masalah yang sering muncul ialah ketika konfigurasi elektron dan aljabar perbandingan belum matang sebelum tren periodik. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Sevian & Talanquer, 2014; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Gkitzia et al., 2020; Gkitzia et al., 2011)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penyarungan, dan jarak elektron	Menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian
Miskonsepsi	Tren periodik dihafal sebagai arah panah mutlak, nomor periode dianggap jumlah elektron valensi, dan ukuran atom ditentukan hanya oleh jumlah kulit	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?
Sumber	Konfigurasi elektron dan aljabar perbandingan belum matang sebelum tren periodik	Periksa peran kurangnya pengetahuan prasyarat bersama sumber penguat lain.

4.14.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul

Pada topik ikatan kimia, struktur zat, dan gaya antarmolekul, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa ikatan dan gaya antarmolekul harus dibedakan; struktur zat ditentukan oleh distribusi elektron, interaksi elektrostatik, energi sistem, dan organisasi partikel pada berbagai skala. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model

partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Gkitzia et al., 2020; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan kurangnya pengetahuan prasyarat, masalah yang sering muncul ialah ketika struktur atom, energi, muatan, dan representasi spasial belum kokoh sebelum ikatan dan geometri. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Johnstone, 2000; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang diputus ketika air mendidih: ikatan O–H atau interaksi antarmolekul?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan struktur diskrit, kisi ionik, logam, dan jaringan kovalen sambil menghubungkan struktur dengan sifat. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Ausubel, 1968; Taber, 2002a)

4.14.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi

Pada topik mol, stoikiometri, dan persamaan reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa mol adalah satuan jumlah zat yang menghubungkan entitas pada tingkat partikel dengan besaran makroskopik; koefisien reaksi menyatakan perbandingan jumlah entitas atau mol, bukan perbandingan massa secara langsung. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan

representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Ausubel, 1968; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan kurangnya pengetahuan prasyarat, masalah yang sering muncul ialah ketika rasio, proporsi, satuan, persamaan reaksi, dan konsep partikel belum dikuasai sebelum stoikiometri. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Sevian & Talanquer, 2014; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa satu mol oksigen dan satu mol besi mengandung jumlah entitas yang sama tetapi bermassa berbeda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan persamaan reaksi, model partikel, tabel jumlah mol, dan alasan kuantitatif pada setiap langkah perhitungan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Sevian & Talanquer, 2014; Taber, 2002a)

4.14.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit

Pada topik larutan, konsentrasi, kelarutan, dan elektrolit, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel; konsentrasi berbeda dari kekuatan, kelarutan bergantung pada kondisi, dan konduktivitas memerlukan pembawa muatan yang dapat bergerak. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk,

jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Johnstone, 2000; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan kurangnya pengetahuan prasyarat, masalah yang sering muncul ialah ketika pecahan, konsentrasi, interaksi partikel, dan kesetimbangan belum cukup sebelum larutan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Gkitzia et al., 2020; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Ausubel, 1968; Meyer & Pietzner, 2022)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel	Menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi
Miskonsepsi	Larutan jenuh dianggap tidak memiliki ruang, zat terlarut lenyap, asam kuat selalu pekat,	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
	dan semua senyawa ionik selalu menghantarkan listrik	listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?
Sumber	Pecahan, konsentrasi, interaksi partikel, dan kesetimbangan belum cukup sebelum larutan	Periksa peran kurangnya pengetahuan prasyarat bersama sumber penguat lain.

4.14.11 Termokimia dan Termodinamika

Pada topik termokimia dan termodinamika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa kalor adalah energi yang berpindah karena perbedaan suhu, suhu berkaitan dengan distribusi energi kinetik, dan spontanitas tidak identik dengan kecepatan reaksi. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Sevian & Talanquer, 2014; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan kurangnya pengetahuan prasyarat, masalah yang sering muncul ialah ketika sistem, tanda, fungsi keadaan, aljabar, dan grafik belum siap sebelum termokimia. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Sevian & Talanquer, 2014; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Dapatkah proses endoterm berlangsung spontan, dan apakah spontan berarti terjadi seketika?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menetapkan sistem-lingkungan, menggambar diagram energi, membedakan aspek termodinamika dari kinetika, dan

menafsirkan tanda besaran. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Gkitzia et al., 2020; Taber, 2002a)

4.14.12 Laju Reaksi dan Kinetika

Pada topik laju reaksi dan kinetika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa laju reaksi ditentukan oleh mekanisme, frekuensi serta orientasi tumbukan efektif, distribusi energi, dan konsentrasi spesies yang terlibat dalam tahap elementer. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Gkitzia et al., 2020; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan kurangnya pengetahuan prasyarat, masalah yang sering muncul ialah ketika grafik, logaritma, peluang, dan mekanisme belum dikuasai sebelum kinetika. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Gkitzia et al., 2020; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa kenaikan suhu dapat meningkatkan laju jauh lebih besar daripada sekadar kenaikan kecepatan rata-rata partikel?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan data laju, grafik distribusi energi, mekanisme reaksi, serta model tumbukan dengan asumsi yang dinyatakan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam

beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Johnstone, 2000; Taber, 2002a)

4.14.13 Keseimbangan Kimia

Pada topik keseimbangan kimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa keseimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Ausubel, 1968; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan kurangnya pengetahuan prasyarat, masalah yang sering muncul ialah ketika reaksi reversibel, laju, konsentrasi, dan kuosien belum matang sebelum keseimbangan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Ausubel, 1968; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis Q dan K. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Johnstone, 2000; Taber, 2002a)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Keseimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu	Menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis q dan k
Miskonsepsi	Reaksi berhenti pada keseimbangan, konsentrasi pereaksi dan produk harus sama, dan katalis menggeser keseimbangan	Minta alasan atas pertanyaan: Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?
Sumber	Reaksi reversibel, laju, konsentrasi, dan kuosien belum matang sebelum keseimbangan	Periksa peran kurangnya pengetahuan prasyarat bersama sumber penguat lain.

4.14.14 Asam, Basa, dan pH

Pada topik asam, basa, dan pH, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa asam-basa bergantung pada kerangka teori dan pasangan reaksi; kekuatan berbeda dari konsentrasi, sedangkan pH berskala logaritmik dan bergantung pada kondisi larutan. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Johnstone, 2000; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan kurangnya pengetahuan prasyarat, masalah yang sering muncul ialah ketika logaritma, molaritas, ionisasi, dan keseimbangan belum kokoh sebelum pH dan buffer. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Johnstone, 2000; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah larutan asam lemah yang pekat dapat memiliki pH lebih rendah daripada larutan asam kuat yang sangat encer?” Jawaban sebaiknya

diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan derajat ionisasi dan konsentrasi, menggunakan garis bilangan logaritmik, serta menguji berbagai pasangan asam-basa. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Sevian & Talanquer, 2014; Taber, 2002a)

4.14.15 Redoks dan Elektrokimia

Pada topik redoks dan elektrokimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa oksidasi-reduksi melibatkan perubahan bilangan oksidasi dan transfer elektron secara konseptual; potensial sel adalah besaran intensif dan arah aliran elektron harus dibedakan dari arus konvensional. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Sevian & Talanquer, 2014; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan kurangnya pengetahuan prasyarat, masalah yang sering muncul ialah ketika muatan, energi, reaksi setengah, dan stoikiometri elektron belum siap sebelum elektrokimia. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Gkitzia et al., 2020; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa tanda anoda berbeda antara sel galvanik dan sel elektrolisis, tetapi oksidasi tetap terjadi di anoda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi.

Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melacak elektron, ion, muatan, dan perubahan bilangan oksidasi pada diagram sel yang diberi label lengkap. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Sevian & Talanquer, 2014; Taber, 2002a)

4.14.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi

Pada topik kimia organik dan mekanisme reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas; panah lengkung merepresentasikan perpindahan pasangan elektron, bukan gerak atom secara bebas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Gkitzia et al., 2020; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan kurangnya pengetahuan prasyarat, masalah yang sering muncul ialah ketika ikatan, polaritas, asam-basa, stereokimia, dan representasi belum kokoh sebelum mekanisme organik. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Sevian & Talanquer, 2014; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Sevian & Talanquer, 2014; Taber, 2002a)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas	Melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur
Miskonsepsi	Rumus struktur dianggap gambar geometris literal, panah mekanisme menunjukkan atom berpindah mengikuti panah, dan semua isomer dianggap memiliki sifat yang sama	Minta alasan atas pertanyaan: Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?
Sumber	Ikatan, polaritas, asam-basa, stereokimia, dan representasi belum kokoh sebelum mekanisme organik	Periksa peran kurangnya pengetahuan prasyarat bersama sumber penguat lain.

4.14.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Pola jawaban perlu diperiksa lintas representasi dan lintas konteks. Untuk sumber kurangnya pengetahuan prasyarat, diagnosis sebaiknya dimulai dengan peta hipotesis: gagasan apa yang mungkin dimiliki, bukti respons apa yang mendukungnya, dan sumber mana yang mungkin berperan. Peta ini mencegah guru mencari satu kesalahan yang telah diperkirakan sebelumnya. Instrumen dapat menggabungkan pilihan jawaban, alasan, tingkat keyakinan, gambar, tugas prediksi, dan wawancara singkat. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Butir diagnostik perlu menghindari petunjuk bahasa yang terlalu jelas dan harus menilai konsep pada lebih dari satu konteks. Soal numerik dapat dipasangkan dengan soal konseptual yang mempunyai struktur sama. Diagram dapat diminta diterjemahkan ke dalam persamaan

dan penjelasan verbal. Dalam praktikum, peserta didik diminta membedakan apa yang diamati, apa yang dihitung, dan apa yang diinferensikan. Kombinasi tersebut mengungkap konsistensi model mental. (Brandriet & Bretz, 2014; Gkitzia et al., 2020)

Hasil diagnosis tidak berhenti pada persentase jawaban salah. Guru perlu mengelompokkan pola alasan, memeriksa konsep prasyarat, serta menelusuri bahan ajar dan praktik yang mungkin menguatkannya. Tindak lanjut dilakukan melalui konferensi singkat, diskusi kelas, revisi bahan, dan asesmen ulang. Dengan cara ini, diagnosis berfungsi sebagai bagian dari desain pembelajaran, bukan sekadar pelabelan peserta didik. (Taber, 2002a; Duit & Treagust, 2003)

4.14.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran

Pencegahan perlu dimulai sebelum aturan atau model disajikan sebagai bentuk jadi. Guru perlu melakukan analisis konsep sebelum memilih contoh, analogi, gambar, rumus, dan kegiatan. Analisis mencakup atribut kritis, noncontoh, prasyarat, representasi, kemungkinan salah tafsir, serta batas model. Pada sumber kurangnya pengetahuan prasyarat, perhatian khusus diberikan pada memetakan dependensi konsep, melakukan asesmen diagnostik awal, menyediakan penguatan terarah, dan menata ulang beban belajar. Pencegahan harus tampak dalam tujuan, urutan, aktivitas, dan asesmen. (Ausubel, 1968; Johnstone, 2000)

Desain pembelajaran yang kuat menghubungkan tiga lapisan. Lapisan pertama adalah fenomena atau data yang memberi alasan untuk belajar. Lapisan kedua adalah model yang menjelaskan fenomena. Lapisan ketiga adalah simbol dan perhitungan yang memadatkan hubungan. Perpindahan antar lapisan tidak boleh diasumsikan terjadi otomatis. Guru perlu memodelkan proses penerjemahan, menanyakan makna setiap simbol, dan menilai konsistensi penjelasan. (Johnstone, 2000; Gkitzia et al., 2020)

Pencegahan juga memerlukan pengelolaan bahasa dan metakognisi. Peserta didik diberi kesempatan menandai kata bermakna ganda, menyatakan tingkat keyakinan, dan menuliskan perubahan pemahaman. Guru dapat menggunakan kalimat seperti “model ini berguna untuk menjelaskan..., tetapi tidak menunjukkan...”. Kebiasaan tersebut membangun kewaspadaan epistemik dan mengurangi kecenderungan memperlakukan model, analogi, atau aturan sebagai realitas harfiah. (Koriat, 1997; Meyer & Pietzner, 2022)

4.14.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual

Remediasi dimulai dengan mengakui bahwa konsepsi awal memiliki alasan bagi peserta didik. Guru tidak cukup menyatakan “itu salah”, melainkan meminta peserta didik mengartikulasikan prediksi dan dasar pikirnya. Setelah itu disajikan kasus yang membedakan daya jelas konsepsi awal dan model ilmiah. Anomali harus dapat dipahami, relevan, dan diikuti penjelasan alternatif; jika tidak, peserta didik dapat mengabaikannya sebagai pengecualian. (Vosniadou, 1994; Duit & Treagust, 2003)

Tahap berikutnya adalah rekonstruksi. Peserta didik menyusun model baru melalui contoh beragam, noncontoh, peta konsep, dan translasi representasi. Guru menekankan hubungan

yang berubah, bukan hanya jawaban. Pada sumber kurangnya pengetahuan prasyarat, rekonstruksi harus sekaligus memperbaiki sumber penguat—misalnya istilah, gambar, lembar kerja, atau pola asesmen. Tanpa perubahan lingkungan belajar, konsepsi lama mudah kembali aktif. (Smith et al., 1994; Mortimer, 1995)

Tahap terakhir adalah konsolidasi dan transfer. Peserta didik menggunakan konsep pada situasi baru, menjelaskan batasnya, membandingkan dengan konsep berdekatan, dan mengevaluasi informasi dari sumber lain. Asesmen ulang dilakukan setelah jeda untuk melihat ketahanan perubahan. Remediasi dinilai berhasil apabila peserta didik tidak hanya memilih jawaban ilmiah, tetapi dapat memberikan alasan yang konsisten dan menilai kewajaran representasi serta hasil. (Taber, 2002a; Treagust, 1988)

4.14.20 Sintesis Subbab

Sumber kurangnya pengetahuan prasyarat berkontribusi terhadap miskonsepsi melalui mekanisme berikut: kesenjangan prasyarat diisi dengan aturan hafalan, intuisi, atau analogi sehingga pengetahuan baru menempel secara dangkal dan mudah salah transfer. Pengaruhnya terlihat pada seluruh domain kimia, tetapi bentuk konkret berbeda menurut tingkat representasi, prasyarat, dan aktivitas. Karena itu, guru harus menghindari kesimpulan bahwa satu strategi dapat memperbaiki semua miskonsepsi. Intervensi perlu mempertimbangkan isi konsep dan sumber yang menguatkannya. (Ausubel, 1968; Johnstone, 2000; Sevan & Talanquer, 2014; Gkitzia et al., 2020)

Inti diagnosis adalah membedakan gejala, konsepsi, dan sumber. Gejala merupakan respons yang tampak; konsepsi adalah hubungan makna yang digunakan; sumber adalah kondisi yang membentuk atau menguatkan hubungan tersebut. Pembedaan ini memungkinkan tindakan yang presisi. Jawaban salah akibat ketidaktelitian tidak memerlukan konflik konseptual, sedangkan miskonsepsi berkeyakinan tinggi tidak cukup diatasi dengan latihan tambahan. (Hasan et al., 1999; Brandriet & Bretz, 2014)

Implikasi utamanya adalah memetakan dependensi konsep, melakukan asesmen diagnostik awal, menyediakan penguatan terarah, dan menata ulang beban belajar. Pencegahan terbaik bukan menghilangkan seluruh penyederhanaan, pengalaman, atau media, melainkan mengelolanya secara epistemik: tujuan dinyatakan, batas dibahas, hubungan antarrepresentasi dibangun, dan bukti digunakan untuk mengevaluasi model. Prinsip ini menjadi jembatan menuju subbab berikutnya, karena sumber miskonsepsi selalu berinteraksi dengan sumber lain dalam ekosistem pembelajaran. (Taber, 2001b; Duit & Treagust, 2003)

4.14.21 Checklist Audit Sumber

Checklist berikut digunakan untuk menilai apakah kurangnya pengetahuan prasyarat berpotensi membentuk atau menguatkan miskonsepsi. Setiap butir sebaiknya dijawab berdasarkan bukti konkret dari materi, rekaman pembelajaran, respons peserta didik, atau hasil asesmen. Jawaban “ya” bukan vonis bahwa miskonsepsi pasti terjadi, tetapi penanda perlunya pemeriksaan lebih lanjut. (Ausubel, 1968; Johnstone, 2000)

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
1	Apakah kurangnya pengetahuan prasyarat menggunakan istilah, model, atau aturan tanpa menjelaskan batas dan syarat?	☐
2	Apakah hubungan antara fenomena, partikel, simbol, grafik, dan perhitungan dinyatakan secara eksplisit?	☐
3	Apakah contoh dan noncontoh cukup bervariasi untuk memperjelas atribut kritis?	☐
4	Apakah peserta didik diminta memberikan alasan, bukan hanya jawaban atau hasil hitung?	☐
5	Apakah terdapat peluang untuk membandingkan prediksi dengan bukti dan merevisi model?	☐
6	Apakah konsep prasyarat diperiksa sebelum materi lanjutan diperkenalkan?	☐
7	Apakah bahasa atau visual berpotensi dibaca secara literal atau antropomorfis?	☐
8	Apakah asesmen memberi penghargaan pada pemahaman, translasi representasi, dan transfer?	☐
9	Apakah sumber lain—buku, media, praktikum, atau teman—mengulang gagasan yang sama?	☐
10	Apakah perubahan pemahaman diperiksa kembali setelah jeda dan pada konteks baru?	☐

4.15 Faktor Kognitif dan Penalaran

Dari sudut pandang kognitif, cara perhatian, memori kerja, kategori ontologis, skema implisit, heuristik, dan metakognisi membentuk interpretasi terhadap informasi kimia. Sumber ini tidak bekerja sebagai penyebab tunggal yang langsung menghasilkan satu jawaban salah. Ia menyediakan kerangka interpretasi yang menentukan informasi mana yang diperhatikan, istilah mana yang dianggap penting, dan hubungan sebab-akibat apa yang terasa masuk akal. Dalam kimia, kerangka semacam itu sangat berpengaruh karena banyak entitas dan proses tidak dapat diamati secara langsung. Peserta didik harus bergerak dari gejala makroskopik menuju model submikroskopik dan notasi simbolik. Apabila jembatan tersebut tidak

dibangun, pemahaman mudah diisi oleh gagasan yang paling tersedia secara mental. (Chi, 2005; Koriati, 1997)

Mekanisme utamanya dapat diringkas sebagai berikut: peserta didik menyederhanakan sistem kompleks melalui satu variabel, sebab langsung, kategori benda, atau tujuan sehingga proses emergen dan relasional dipahami secara keliru. Proses ini menghasilkan konsepsi yang sering kali koheren dari sudut pandang peserta didik. Karena koheren, konsepsi tersebut tidak selalu terasa sebagai kesalahan. Ia dapat digunakan untuk menjawab soal rutin, menjelaskan pengalaman tertentu, dan bahkan memperoleh penguatan dari teman, guru, atau sumber belajar. Oleh sebab itu, koreksi yang hanya menyampaikan definisi ilmiah belum tentu cukup. Guru perlu memahami asal, fungsi, dan jaringan gagasan yang menopang konsepsi tersebut. (Koriati, 1997; Talanquer, 2015)

Ciri yang patut dicermati adalah jawaban konsisten dengan heuristik tertentu, keyakinan tinggi tidak sejalan dengan bukti, dan miskonsepsi muncul lintas topik meskipun isi berbeda. Miskonsepsi tidak sama dengan lupa, salah hitung, atau tidak pernah belajar. Miskonsepsi mempunyai struktur alasan tertentu dan sering disertai tingkat keyakinan. Peserta didik mungkin mengganti kata yang digunakan, tetapi mempertahankan pola penalaran yang sama. Untuk itu, analisis sumber miskonsepsi perlu menghubungkan respons peserta didik dengan konteks pembelajaran, representasi yang digunakan, urutan materi, serta jenis umpan balik yang pernah diterima. (Talanquer, 2015; Tümay, 2016)

Prinsip pencegahan yang relevan adalah mengurangi beban ekstrinsik, memodelkan penalaran, mendorong metakognisi, membandingkan kasus, dan menata konflik konseptual secara produktif. Tujuannya bukan meniadakan seluruh pengetahuan awal atau menyederhanakan materi secara ekstrem, melainkan membangun jalur perubahan konseptual. Jalur tersebut harus membuat peserta didik menyadari batas gagasan lama, memahami daya jelas model ilmiah, dan mampu menggunakan konsep pada konteks baru. Bab ini karena itu menempatkan setiap sumber miskonsepsi sebagai bagian dari ekosistem belajar yang dapat didiagnosis dan diperbaiki secara sistematis. (Chi, 2005; Tümay, 2016)

4.15.1 Kedudukan Faktor Kognitif dan Penalaran sebagai Sumber Miskonsepsi

Masalah ini menjadi penting karena sumber faktor kognitif dan penalaran perlu dibedakan dari miskonsepsi yang tampak pada jawaban. Sumber adalah kondisi yang menyediakan bahan, arah, atau penguatan bagi pembentukan konsepsi; miskonsepsi adalah struktur pemahaman yang tidak selaras dengan pengetahuan ilmiah yang diterima. Perbedaan ini mencegah guru menyimpulkan bahwa setiap jawaban salah pasti berasal dari faktor yang sama. Dua peserta didik dapat memberikan jawaban identik, tetapi satu berangkat dari makna bahasa, sedangkan yang lain meniru diagram atau aturan yang pernah dipelajari. (Chi, 2005; Koriati, 1997)

Kedudukan sumber juga bersifat probabilistik. Cara perhatian, memori kerja, kategori ontologis, skema implisit, heuristik, dan metakognisi membentuk interpretasi terhadap

informasi kimia tidak otomatis menghasilkan miskonsepsi pada semua peserta didik. Pengaruhnya bergantung pada pengetahuan prasyarat, perhatian, kualitas penjelasan, frekuensi pengulangan, konteks sosial, dan kesempatan memperoleh umpan balik. Peserta didik yang memiliki jaringan konsep kuat dapat menafsirkan sumber yang kurang sempurna secara kritis, sedangkan peserta didik lain mungkin mengintegrasikannya secara literal. Karena itu, pencegahan harus memperkuat kemampuan interpretasi, bukan hanya menyaring materi. (Koriat, 1997; Talanquer, 2015)

Dalam kimia, kerentanan tersebut meningkat karena makna harus dikoordinasikan antara fenomena, partikel, simbol, model, grafik, dan perhitungan. Sumber yang tampak kecil—misalnya satu kata, warna, panah, atau contoh—dapat mengubah hubungan antartingkat representasi. Kesalahan itu kemudian menjalar. Kekeliruan membedakan partikel dengan zat dapat memengaruhi ikatan, larutan, stoikiometri, kesetimbangan, dan elektrokimia. Oleh sebab itu, analisis sumber perlu memeriksa tidak hanya isi pernyataan, tetapi juga fungsi representasi dan hubungan yang dibangun. (Johnstone, 2000; Taber, 2001a)

4.15.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan

Pada praktiknya, peserta didik menyederhanakan sistem kompleks melalui satu variabel, sebab langsung, kategori benda, atau tujuan sehingga proses emergen dan relasional dipahami secara keliru. Pada tahap awal, peserta didik memilih petunjuk yang paling menonjol. Petunjuk itu dihubungkan dengan skema yang telah tersedia. Ketika hasilnya cukup berhasil untuk menjawab pertanyaan atau menjelaskan satu pengalaman, hubungan tersebut menjadi lebih mudah diaktifkan kembali. Pengulangan tanpa koreksi meningkatkan kelancaran pemrosesan, dan kelancaran sering keliru ditafsirkan sebagai kebenaran. (Chi, 2005; Koriat, 1997)

Penguatan dapat terjadi melalui empat jalur. Pertama, konsistensi internal: gagasan terasa cocok dengan asumsi lain yang telah dimiliki. Kedua, konsistensi sosial: teman, guru, buku, atau media menggunakan ungkapan serupa. Ketiga, keberhasilan instrumental: algoritma atau aturan menghasilkan jawaban yang dinilai benar. Keempat, ketiadaan anomali yang diproses secara sadar. Peserta didik mungkin telah melihat data yang tidak sesuai, tetapi menafsirkannya sebagai pengecualian atau kesalahan eksperimen. Jalur-jalur ini menjelaskan ketahanan miskonsepsi. (Smith et al., 1994; Duit & Treagust, 2003)

Hubungan antara sumber dan konsepsi juga dapat berubah sepanjang waktu. Sebuah penyederhanaan yang awalnya membantu dapat menjadi hambatan pada materi lanjutan. Sebaliknya, pengalaman yang semula menyesatkan dapat berfungsi sebagai titik awal diskusi ketika guru meminta prediksi, menghadirkan bukti pembandingan, dan membangun model yang lebih luas. Dengan demikian, persoalannya bukan hanya apakah sumber itu benar atau salah, melainkan bagaimana sumber tersebut diposisikan, dibatasi, dan direvisi dalam urutan belajar. (Talanquer, 2015; Tümay, 2016)

4.15.3 Indikator pada Respons Peserta Didik

Diagnosis tidak cukup dilakukan dengan menanyakan definisi. Indikator pertama adalah konsistensi alasan. Respons yang sama muncul pada pertanyaan berbeda karena peserta didik menggunakan aturan inti yang sama. Indikator kedua adalah transfer yang salah: aturan yang benar pada satu konteks diterapkan pada konteks lain tanpa memeriksa syarat. Indikator ketiga adalah ketergantungan pada fitur permukaan. Perubahan angka, gambar, atau istilah dapat mengubah jawaban meskipun struktur kimianya tetap. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Indikator lain adalah tingkat keyakinan yang tidak sejalan dengan kualitas alasan. Peserta didik dapat sangat yakin karena jawaban terasa familiar, pernah memperoleh nilai, atau cocok dengan sumber yang dianggap otoritatif. Keadaan ini berbeda dari tebakan atau pengetahuan yang belum lengkap. Penggunaan tingkat keyakinan, alasan terbuka, dan tugas translasi representasi membantu memisahkan miskonsepsi kuat dari ketidakpastian biasa. (Brandriet & Bretz, 2014; Koriati, 1997)

Guru juga perlu mengamati bahasa spontan, gambar, pilihan simbol, urutan langkah, dan tindakan selama praktikum. Konsepsi yang tidak tampak pada definisi sering muncul ketika peserta didik harus menjelaskan mengapa, memprediksi perubahan, atau membangun diagram partikel. Bukti terbaik biasanya berasal dari triangulasi: jawaban tertulis, wawancara singkat, representasi visual, dan kinerja pada kasus baru. (Gkitzia et al., 2020; Taber, 2002a)

4.15.4 Perbedaan dari Kesalahan Lain

Kesalahan aritmetika, salah baca satuan, kelalaian, atau keterbatasan kosakata dapat menghasilkan jawaban salah tanpa membentuk miskonsepsi. Karena itu, guru perlu menanyakan apakah peserta didik mempunyai hubungan konseptual alternatif yang digunakan secara konsisten. Kesalahan satu kali yang segera disadari setelah ditunjukkan berbeda dari gagasan yang dipertahankan melalui penjelasan dan contoh. Perbedaan ini menentukan jenis intervensi: latihan prosedural, dukungan bahasa, atau perubahan konseptual. (Nakhleh, 1992; Treagust, 1988)

Pengetahuan parsial juga tidak selalu merupakan miskonsepsi. Peserta didik mungkin mengetahui bahwa katalis mempercepat reaksi tetapi belum memahami jalur alternatif dan energi aktivasi. Keadaan tersebut menjadi miskonsepsi ketika ia menambahkan hubungan keliru, misalnya katalis menaikkan energi pereaksi atau mengubah tetapan kesetimbangan. Diagnosis harus mengidentifikasi apa yang benar, apa yang belum ada, dan apa yang secara aktif salah. (Taber, 2001b; Talanquer, 2015)

Dalam konteks faktor kognitif dan penalaran, perbedaan tersebut makin penting karena satu respons dapat memiliki beberapa asal. Guru sebaiknya menelusuri kapan gagasan pertama kali digunakan, sumber apa yang dianggap meyakinkan, dan pada konteks mana gagasan berubah. Data itu memberi dasar untuk intervensi yang tepat sasaran dan mencegah tindakan

umum seperti mengulang ceramah atau menambah soal tanpa memperbaiki penyebab. (Chi, 2005; Koriati, 1997)

4.15.5 Materi, Zat, dan Perubahan

Pada topik materi, zat, dan perubahan, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa materi tersusun atas partikel, identitas zat ditentukan oleh jenis dan susunan partikelnya, serta perubahan fisika perlu dibedakan dari perubahan kimia berdasarkan perubahan identitas kimia. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Chi, 2005; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan faktor kognitif dan penalaran, masalah yang sering muncul ialah ketika peserta didik menggunakan kategori benda dan skema hilang-muncul untuk proses materi. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Chi, 2005; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Ke mana partikel air pergi ketika pakaian mengering, dan apakah jumlah materi benar-benar berkurang?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan massa sistem terbuka dan tertutup, menyusun diagram partikel sebelum-sesudah, serta membedakan bukti observasional dari inferensi tentang partikel. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Chi, 2005; Meyer & Pietzner, 2022)

4.15.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron

Pada topik struktur atom dan konfigurasi elektron, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa model atom adalah representasi teoretis dengan domain berlaku tertentu; elektron tidak berada pada lintasan planet yang kaku, dan konfigurasi elektron berkaitan dengan keadaan energi serta probabilitas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Koriat, 1997; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan faktor kognitif dan penalaran, masalah yang sering muncul ialah ketika model mental berbasis lintasan dipertahankan karena lebih mudah divisualkan daripada probabilitas. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Tümay, 2016; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah elektron mempunyai lintasan pasti seperti planet, dan apa yang sebenarnya dinyatakan oleh orbital?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan beberapa model atom, menjelaskan fungsi dan batas setiap model, serta menggunakan peta perubahan model berdasarkan bukti eksperimen. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Tümay, 2016; Taber, 2002a)

4.15.7 Sistem Periodik dan Periodisitas

Pada topik sistem periodik dan periodisitas, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penjarangan, dan jarak elektron; kecenderungan periodik bersifat pola dengan pengecualian yang harus dipahami secara kausal. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Talanquer, 2015; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan faktor kognitif dan penalaran, masalah yang sering muncul ialah ketika heuristik satu-variabel membuat satu faktor dipakai untuk menjelaskan semua tren. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Chi, 2005; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Tümay, 2016; Meyer & Pietzner, 2022)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti	Menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
	efektif, penyarungan, dan jarak elektron	inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian
Miskonsepsi	Tren periodik dihafal sebagai arah panah mutlak, nomor periode dianggap jumlah elektron valensi, dan ukuran atom ditentukan hanya oleh jumlah kulit	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?
Sumber	Heuristik satu-variabel membuat satu faktor dipakai untuk menjelaskan semua tren	Periksa peran faktor kognitif dan penalaran bersama sumber penguat lain.

4.15.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul

Pada topik ikatan kimia, struktur zat, dan gaya antarmolekul, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa ikatan dan gaya antarmolekul harus dibedakan; struktur zat ditentukan oleh distribusi elektron, interaksi elektrostatis, energi sistem, dan organisasi partikel pada berbagai skala. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Tümay, 2016; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan faktor kognitif dan penalaran, masalah yang sering muncul ialah ketika penalaran teleologis dan antropomorfis menjelaskan ikatan melalui tujuan kestabilan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Talanquer, 2015; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang diputus ketika air mendidih: ikatan O–H atau interaksi antarmolekul?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah

konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan struktur diskrit, kisi ionik, logam, dan jaringan kovalen sambil menghubungkan struktur dengan sifat. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Talanquer, 2015; Gkitzia et al., 2011)

4.15.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi

Pada topik mol, stoikiometri, dan persamaan reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa mol adalah satuan jumlah zat yang menghubungkan entitas pada tingkat partikel dengan besaran makroskopik; koefisien reaksi menyatakan perbandingan jumlah entitas atau mol, bukan perbandingan massa secara langsung. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Chi, 2005; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan faktor kognitif dan penalaran, masalah yang sering muncul ialah ketika beban memori kerja mendorong penggunaan kata kunci dan algoritma pada stoikiometri. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Talanquer, 2015; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa satu mol oksigen dan satu mol besi mengandung jumlah entitas yang sama tetapi bermassa berbeda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan persamaan reaksi, model partikel, tabel jumlah mol, dan alasan kuantitatif pada setiap langkah perhitungan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Tümay, 2016; Gkitzia et al., 2011)

4.15.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit

Pada topik larutan, konsentrasi, kelarutan, dan elektrolit, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel; konsentrasi berbeda dari kekuatan, kelarutan bergantung pada kondisi, dan konduktivitas memerlukan pembawa muatan yang dapat bergerak. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Koriat, 1997; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan faktor kognitif dan penalaran, masalah yang sering muncul ialah ketika asosiasi permukaan kuat-lemah, penuh-kosong, dan gerak-tidak gerak mengarahkan konsep larutan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Tümay, 2016; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi

digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Tümay, 2016; Meyer & Pietzner, 2022)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel	Menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi
Miskonsepsi	Larutan jenuh dianggap tidak memiliki ruang, zat terlarut lenyap, asam kuat selalu pekat, dan semua senyawa ionik selalu menghantarkan listrik	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?
Sumber	Asosiasi permukaan kuat-lemah, penuh-kosong, dan gerak-tidak gerak mengarahkan konsep larutan	Periksa peran faktor kognitif dan penalaran bersama sumber penguat lain.

4.15.11 Termokimia dan Termodinamika

Pada topik termokimia dan termodinamika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa kalor adalah energi yang berpindah karena perbedaan suhu, suhu berkaitan dengan distribusi energi kinetik, dan spontanitas tidak identik dengan kecepatan reaksi. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Talanquer, 2015; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan faktor kognitif dan penalaran, masalah yang sering muncul ialah ketika kategori zat untuk kalor dan bias sebab langsung mengaburkan proses energi. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan

penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Tümay, 2016; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Dapatkah proses endoterm berlangsung spontan, dan apakah spontan berarti terjadi seketika?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menetapkan sistem-lingkungan, menggambar diagram energi, membedakan aspek termodinamika dari kinetika, dan menafsirkan tanda besaran. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Chi, 2005; Meyer & Pietzner, 2022)

4.15.12 Laju Reaksi dan Kinetika

Pada topik laju reaksi dan kinetika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa laju reaksi ditentukan oleh mekanisme, frekuensi serta orientasi tumbukan efektif, distribusi energi, dan konsentrasi spesies yang terlibat dalam tahap elementer. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Tümay, 2016; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan faktor kognitif dan penalaran, masalah yang sering muncul ialah ketika penalaran linier menganggap perubahan faktor selalu menghasilkan perubahan laju yang sebanding. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan,

metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Tümay, 2016; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa kenaikan suhu dapat meningkatkan laju jauh lebih besar daripada sekadar kenaikan kecepatan rata-rata partikel?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan data laju, grafik distribusi energi, mekanisme reaksi, serta model tumbukan dengan asumsi yang dinyatakan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Chi, 2005; Taber, 2002a)

4.15.13 Keseimbangan Kimia

Pada topik keseimbangan kimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa keseimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Chi, 2005; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan faktor kognitif dan penalaran, masalah yang sering muncul ialah ketika proses emergen direduksi menjadi urutan kejadian tunggal pada keseimbangan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Chi, 2005; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis Q dan K. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Chi, 2005; Meyer & Pietzner, 2022)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Kesetimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu	Menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis q dan k
Miskonsepsi	Reaksi berhenti pada kesetimbangan, konsentrasi pereaksi dan produk harus sama, dan katalis menggeser kesetimbangan	Minta alasan atas pertanyaan: Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?
Sumber	Proses emergen direduksi menjadi urutan kejadian tunggal pada kesetimbangan	Periksa peran faktor kognitif dan penalaran bersama sumber penguat lain.

4.15.14 Asam, Basa, dan pH

Pada topik asam, basa, dan pH, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa asam-basa bergantung pada kerangka teori dan pasangan reaksi; kekuatan berbeda dari

konsentrasi, sedangkan pH berskala logaritmik dan bergantung pada kondisi larutan. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Koriat, 1997; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan faktor kognitif dan penalaran, masalah yang sering muncul ialah ketika skala logaritmik diproses secara linier dan kategori kuat-pekat disatukan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Talanquer, 2015; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah larutan asam lemah yang pekat dapat memiliki pH lebih rendah daripada larutan asam kuat yang sangat encer?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan derajat ionisasi dan konsentrasi, menggunakan garis bilangan logaritmik, serta menguji berbagai pasangan asam-basa. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Talanquer, 2015; Gkitzia et al., 2011)

4.15.15 Redoks dan Elektrokimia

Pada topik redoks dan elektrokimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa oksidasi-reduksi melibatkan perubahan bilangan oksidasi dan transfer elektron secara konseptual; potensial sel adalah besaran intensif dan arah aliran elektron harus dibedakan dari arus konvensional. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan

syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Talanquer, 2015; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan faktor kognitif dan penalaran, masalah yang sering muncul ialah ketika tanda, arah, dan konvensi simbol membebani memori sehingga aturan lokal digeneralisasi. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Chi, 2005; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa tanda anoda berbeda antara sel galvanik dan sel elektrolisis, tetapi oksidasi tetap terjadi di anoda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melacak elektron, ion, muatan, dan perubahan bilangan oksidasi pada diagram sel yang diberi label lengkap. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Talanquer, 2015; Meyer & Pietzner, 2022)

4.15.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi

Pada topik kimia organik dan mekanisme reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas; panah lengkung merepresentasikan perpindahan pasangan elektron, bukan gerak atom secara bebas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Tümay, 2016; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan faktor kognitif dan penalaran, masalah yang sering muncul ialah ketika representasi dua dimensi dan fokus pada fitur permukaan menghambat penalaran mekanistik. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Koriat, 1997; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Talanquer, 2015; Meyer & Pietzner, 2022)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas	Melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur
Miskonsepsi	Rumus struktur dianggap gambar geometris literal, panah mekanisme menunjukkan atom berpindah mengikuti panah, dan semua isomer dianggap memiliki sifat yang sama	Minta alasan atas pertanyaan: Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Sumber	Representasi dua dimensi dan fokus pada fitur permukaan menghambat penalaran mekanistik	Periksa peran faktor kognitif dan penalaran bersama sumber penguat lain.

4.15.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Guru perlu membedakan antara kekurangan informasi dan miskonsepsi yang telah terstruktur. Untuk sumber faktor kognitif dan penalaran, diagnosis sebaiknya dimulai dengan peta hipotesis: gagasan apa yang mungkin dimiliki, bukti respons apa yang mendukungnya, dan sumber mana yang mungkin berperan. Peta ini mencegah guru mencari satu kesalahan yang telah diperkirakan sebelumnya. Instrumen dapat menggabungkan pilihan jawaban, alasan, tingkat keyakinan, gambar, tugas prediksi, dan wawancara singkat. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Butir diagnostik perlu menghindari petunjuk bahasa yang terlalu jelas dan harus menilai konsep pada lebih dari satu konteks. Soal numerik dapat dipasangkan dengan soal konseptual yang mempunyai struktur sama. Diagram dapat diminta diterjemahkan ke dalam persamaan dan penjelasan verbal. Dalam praktikum, peserta didik diminta membedakan apa yang diamati, apa yang dihitung, dan apa yang diinferensikan. Kombinasi tersebut mengungkap konsistensi model mental. (Brandriet & Bretz, 2014; Gkitzia et al., 2020)

Hasil diagnosis tidak berhenti pada persentase jawaban salah. Guru perlu mengelompokkan pola alasan, memeriksa konsep prasyarat, serta menelusuri bahan ajar dan praktik yang mungkin menguatkannya. Tindak lanjut dilakukan melalui konferensi singkat, diskusi kelas, revisi bahan, dan asesmen ulang. Dengan cara ini, diagnosis berfungsi sebagai bagian dari desain pembelajaran, bukan sekadar pelabelan peserta didik. (Taber, 2002a; Duit & Treagust, 2003)

4.15.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran

Intervensi yang efektif harus menargetkan hubungan konsep, bukan hanya mengganti kalimat salah dengan kalimat benar. Guru perlu melakukan analisis konsep sebelum memilih contoh, analogi, gambar, rumus, dan kegiatan. Analisis mencakup atribut kritis, noncontoh, prasyarat, representasi, kemungkinan salah tafsir, serta batas model. Pada sumber faktor kognitif dan penalaran, perhatian khusus diberikan pada mengurangi beban ekstrinsik, memodelkan penalaran, mendorong metakognisi, membandingkan kasus, dan menata konflik konseptual secara produktif. Pencegahan harus tampak dalam tujuan, urutan, aktivitas, dan asesmen. (Chi, 2005; Koriati, 1997)

Desain pembelajaran yang kuat menghubungkan tiga lapisan. Lapisan pertama adalah fenomena atau data yang memberi alasan untuk belajar. Lapisan kedua adalah model yang menjelaskan fenomena. Lapisan ketiga adalah simbol dan perhitungan yang memadatkan hubungan. Perpindahan antar lapisan tidak boleh diasumsikan terjadi otomatis. Guru perlu memodelkan proses penerjemahan, menanyakan makna setiap simbol, dan menilai konsistensi penjelasan. (Johnstone, 2000; Gkitzia et al., 2020)

Pencegahan juga memerlukan pengelolaan bahasa dan metakognisi. Peserta didik diberi kesempatan menandai kata bermakna ganda, menyatakan tingkat keyakinan, dan menuliskan perubahan pemahaman. Guru dapat menggunakan kalimat seperti “model ini berguna untuk menjelaskan..., tetapi tidak menunjukkan...”. Kebiasaan tersebut membangun kewaspadaan epistemik dan mengurangi kecenderungan memperlakukan model, analogi, atau aturan sebagai realitas harfiah. (Koriat, 1997; Meyer & Pietzner, 2022)

4.15.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual

Remediasi dimulai dengan mengakui bahwa konsepsi awal memiliki alasan bagi peserta didik. Guru tidak cukup menyatakan “itu salah”, melainkan meminta peserta didik mengartikulasikan prediksi dan dasar pikirnya. Setelah itu disajikan kasus yang membedakan daya jelas konsepsi awal dan model ilmiah. Anomali harus dapat dipahami, relevan, dan diikuti penjelasan alternatif; jika tidak, peserta didik dapat mengabaikannya sebagai pengecualian. (Vosniadou, 1994; Duit & Treagust, 2003)

Tahap berikutnya adalah rekonstruksi. Peserta didik menyusun model baru melalui contoh beragam, noncontoh, peta konsep, dan translasi representasi. Guru menekankan hubungan yang berubah, bukan hanya jawaban. Pada sumber faktor kognitif dan penalaran, rekonstruksi harus sekaligus memperbaiki sumber penguat—misalnya istilah, gambar, lembar kerja, atau pola asesmen. Tanpa perubahan lingkungan belajar, konsepsi lama mudah kembali aktif. (Smith et al., 1994; Mortimer, 1995)

Tahap terakhir adalah konsolidasi dan transfer. Peserta didik menggunakan konsep pada situasi baru, menjelaskan batasnya, membandingkan dengan konsep berdekatan, dan mengevaluasi informasi dari sumber lain. Asesmen ulang dilakukan setelah jeda untuk melihat ketahanan perubahan. Remediasi dinilai berhasil apabila peserta didik tidak hanya memilih jawaban ilmiah, tetapi dapat memberikan alasan yang konsisten dan menilai kewajaran representasi serta hasil. (Taber, 2002a; Treagust, 1988)

4.15.20 Sintesis Subbab

Sumber faktor kognitif dan penalaran berkontribusi terhadap miskonsepsi melalui mekanisme berikut: peserta didik menyederhanakan sistem kompleks melalui satu variabel, sebab langsung, kategori benda, atau tujuan sehingga proses emergen dan relasional dipahami secara keliru. Pengaruhnya terlihat pada seluruh domain kimia, tetapi bentuk konkret berbeda menurut tingkat representasi, prasyarat, dan aktivitas. Karena itu, guru harus menghindari kesimpulan bahwa satu strategi dapat memperbaiki semua miskonsepsi.

Intervensi perlu mempertimbangkan isi konsep dan sumber yang menguatkannya. (Chi, 2005; Koriati, 1997; Talanquer, 2015; Tümay, 2016)

Inti diagnosis adalah membedakan gejala, konsepsi, dan sumber. Gejala merupakan respons yang tampak; konsepsi adalah hubungan makna yang digunakan; sumber adalah kondisi yang membentuk atau menguatkan hubungan tersebut. Perbedaan ini memungkinkan tindakan yang presisi. Jawaban salah akibat ketidakteitian tidak memerlukan konflik konseptual, sedangkan miskonsepsi berkeyakinan tinggi tidak cukup diatasi dengan latihan tambahan. (Hasan et al., 1999; Brandriet & Bretz, 2014)

Implikasi utamanya adalah mengurangi beban ekstrinsik, memodelkan penalaran, mendorong metakognisi, membandingkan kasus, dan menata konflik konseptual secara produktif. Pencegahan terbaik bukan menghilangkan seluruh penyederhanaan, pengalaman, atau media, melainkan mengelolanya secara epistemik: tujuan dinyatakan, batas dibahas, hubungan antarrepresentasi dibangun, dan bukti digunakan untuk mengevaluasi model. Prinsip ini menjadi jembatan menuju subbab berikutnya, karena sumber miskonsepsi selalu berinteraksi dengan sumber lain dalam ekosistem pembelajaran. (Taber, 2001b; Duit & Treagust, 2003)

4.15.21 Checklist Audit Sumber

Checklist berikut digunakan untuk menilai apakah faktor kognitif dan penalaran berpotensi membentuk atau menguatkan miskonsepsi. Setiap butir sebaiknya dijawab berdasarkan bukti konkret dari materi, rekaman pembelajaran, respons peserta didik, atau hasil asesmen. Jawaban “ya” bukan vonis bahwa miskonsepsi pasti terjadi, tetapi penanda perlunya pemeriksaan lebih lanjut. (Chi, 2005; Koriati, 1997)

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
1	Apakah faktor kognitif dan penalaran menggunakan istilah, model, atau aturan tanpa menjelaskan batas dan syarat?	☐
2	Apakah hubungan antara fenomena, partikel, simbol, grafik, dan perhitungan dinyatakan secara eksplisit?	☐
3	Apakah contoh dan noncontoh cukup bervariasi untuk memperjelas atribut kritis?	☐
4	Apakah peserta didik diminta memberikan alasan, bukan hanya jawaban atau hasil hitung?	☐
5	Apakah terdapat peluang untuk membandingkan prediksi dengan bukti dan merevisi model?	☐

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
6	Apakah konsep prasyarat diperiksa sebelum materi lanjutan diperkenalkan?	☐
7	Apakah bahasa atau visual berpotensi dibaca secara literal atau antropomorfis?	☐
8	Apakah asesmen memberi penghargaan pada pemahaman, translasi representasi, dan transfer?	☐
9	Apakah sumber lain—buku, media, praktikum, atau teman—mengulang gagasan yang sama?	☐
10	Apakah perubahan pemahaman diperiksa kembali setelah jeda dan pada konteks baru?	☐

4.16 Faktor Kurikulum dan Urutan Materi

Hal penting yang perlu ditegaskan ialah bahwa pemilihan cakupan, kedalaman, waktu, urutan, pengulangan, dan hubungan antartopik yang mengarahkan perkembangan konseptual peserta didik. Sumber ini tidak bekerja sebagai penyebab tunggal yang langsung menghasilkan satu jawaban salah. Ia menyediakan kerangka interpretasi yang menentukan informasi mana yang diperhatikan, istilah mana yang dianggap penting, dan hubungan sebab-akibat apa yang terasa masuk akal. Dalam kimia, kerangka semacam itu sangat berpengaruh karena banyak entitas dan proses tidak dapat diamati secara langsung. Peserta didik harus bergerak dari gejala makroskopik menuju model submikroskopik dan notasi simbolik. Apabila jembatan tersebut tidak dibangun, pemahaman mudah diisi oleh gagasan yang paling tersedia secara mental. (Bruner, 1960; Sevan & Talanquer, 2014)

Mekanisme utamanya dapat diringkas sebagai berikut: konsep lanjutan diajarkan sebelum prasyarat matang, model awal tidak direvisi, dan materi terfragmentasi sehingga hubungan kausal serta representasional tidak terbentuk. Proses ini menghasilkan konsepsi yang sering kali koheren dari sudut pandang peserta didik. Karena koheren, konsepsi tersebut tidak selalu terasa sebagai kesalahan. Ia dapat digunakan untuk menjawab soal rutin, menjelaskan pengalaman tertentu, dan bahkan memperoleh penguatan dari teman, guru, atau sumber belajar. Oleh sebab itu, koreksi yang hanya menyampaikan definisi ilmiah belum tentu cukup. Guru perlu memahami asal, fungsi, dan jaringan gagasan yang menopang konsepsi tersebut. (Sevan & Talanquer, 2014; Cooper et al., 2012)

Ciri yang patut dicermati adalah miskonsepsi meningkat pada titik transisi jenjang, peserta didik membawa aturan lama ke kerangka baru, dan topik dipahami sebagai bab terpisah. Miskonsepsi tidak sama dengan lupa, salah hitung, atau tidak pernah belajar. Miskonsepsi

mempunyai struktur alasan tertentu dan sering disertai tingkat keyakinan. Peserta didik mungkin mengganti kata yang digunakan, tetapi mempertahankan pola penalaran yang sama. Untuk itu, analisis sumber miskonsepsi perlu menghubungkan respons peserta didik dengan konteks pembelajaran, representasi yang digunakan, urutan materi, serta jenis umpan balik yang pernah diterima. (Cooper et al., 2012; Elmas et al., 2020)

Prinsip pencegahan yang relevan adalah menggunakan learning progression, kurikulum spiral yang benar, pemetaan prasyarat, pengulangan dengan peningkatan kompleksitas, dan keselarasan tujuan-aktivitas-asesmen. Tujuannya bukan meniadakan seluruh pengetahuan awal atau menyederhanakan materi secara ekstrem, melainkan membangun jalur perubahan konseptual. Jalur tersebut harus membuat peserta didik menyadari batas gagasan lama, memahami daya jelas model ilmiah, dan mampu menggunakan konsep pada konteks baru. Bab ini karena itu menempatkan setiap sumber miskonsepsi sebagai bagian dari ekosistem belajar yang dapat didiagnosis dan diperbaiki secara sistematis. (Bruner, 1960; Elmas et al., 2020)

4.16.1 Kedudukan Faktor Kurikulum dan Urutan Materi sebagai Sumber Miskonsepsi

Apabila ditelaah lebih jauh, sumber faktor kurikulum dan urutan materi perlu dibedakan dari miskonsepsi yang tampak pada jawaban. Sumber adalah kondisi yang menyediakan bahan, arah, atau penguatan bagi pembentukan konsepsi; miskonsepsi adalah struktur pemahaman yang tidak selaras dengan pengetahuan ilmiah yang diterima. Perbedaan ini mencegah guru menyimpulkan bahwa setiap jawaban salah pasti berasal dari faktor yang sama. Dua peserta didik dapat memberikan jawaban identik, tetapi satu berangkat dari makna bahasa, sedangkan yang lain meniru diagram atau aturan yang pernah dipelajari. (Bruner, 1960; Sevia & Talanquer, 2014)

Kedudukan sumber juga bersifat probabilistik. Pemilihan cakupan, kedalaman, waktu, urutan, pengulangan, dan hubungan antartopik yang mengarahkan perkembangan konseptual peserta didik tidak otomatis menghasilkan miskonsepsi pada semua peserta didik. Pengaruhnya bergantung pada pengetahuan prasyarat, perhatian, kualitas penjelasan, frekuensi pengulangan, konteks sosial, dan kesempatan memperoleh umpan balik. Peserta didik yang memiliki jaringan konsep kuat dapat menafsirkan sumber yang kurang sempurna secara kritis, sedangkan peserta didik lain mungkin mengintegrasikannya secara literal. Karena itu, pencegahan harus memperkuat kemampuan interpretasi, bukan hanya menyaring materi. (Sevia & Talanquer, 2014; Cooper et al., 2012)

Dalam kimia, kerentanan tersebut meningkat karena makna harus dikoordinasikan antara fenomena, partikel, simbol, model, grafik, dan perhitungan. Sumber yang tampak kecil—misalnya satu kata, warna, panah, atau contoh—dapat mengubah hubungan antartingkat representasi. Kesalahan itu kemudian menjalar. Kekeliruan membedakan partikel dengan zat dapat memengaruhi ikatan, larutan, stoikiometri, kesetimbangan, dan elektrokimia. Oleh sebab itu, analisis sumber perlu memeriksa tidak hanya isi pernyataan, tetapi juga fungsi representasi dan hubungan yang dibangun. (Johnstone, 2000; Taber, 2001a)

4.16.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan

Apabila ditelaah lebih jauh, konsep lanjutan diajarkan sebelum prasyarat matang, model awal tidak direvisi, dan materi terfragmentasi sehingga hubungan kausal serta representasional tidak terbentuk. Pada tahap awal, peserta didik memilih petunjuk yang paling menonjol. Petunjuk itu dihubungkan dengan skema yang telah tersedia. Ketika hasilnya cukup berhasil untuk menjawab pertanyaan atau menjelaskan satu pengalaman, hubungan tersebut menjadi lebih mudah diaktifkan kembali. Pengulangan tanpa koreksi meningkatkan kelancaran pemrosesan, dan kelancaran sering keliru ditafsirkan sebagai kebenaran. (Bruner, 1960; Koriati, 1997)

Penguatan dapat terjadi melalui empat jalur. Pertama, konsistensi internal: gagasan terasa cocok dengan asumsi lain yang telah dimiliki. Kedua, konsistensi sosial: teman, guru, buku, atau media menggunakan ungkapan serupa. Ketiga, keberhasilan instrumental: algoritma atau aturan menghasilkan jawaban yang dinilai benar. Keempat, ketiadaan anomali yang diproses secara sadar. Peserta didik mungkin telah melihat data yang tidak sesuai, tetapi menafsirkannya sebagai pengecualian atau kesalahan eksperimen. Jalur-jalur ini menjelaskan ketahanan miskonsepsi. (Smith et al., 1994; Duit & Treagust, 2003)

Hubungan antara sumber dan konsepsi juga dapat berubah sepanjang waktu. Sebuah penyederhanaan yang awalnya membantu dapat menjadi hambatan pada materi lanjutan. Sebaliknya, pengalaman yang semula menyesatkan dapat berfungsi sebagai titik awal diskusi ketika guru meminta prediksi, menghadirkan bukti pembandingan, dan membangun model yang lebih luas. Dengan demikian, persoalannya bukan hanya apakah sumber itu benar atau salah, melainkan bagaimana sumber tersebut diposisikan, dibatasi, dan direvisi dalam urutan belajar. (Cooper et al., 2012; Elmas et al., 2020)

4.16.3 Indikator pada Respons Peserta Didik

Indikator yang paling berguna muncul ketika peserta didik diminta memprediksi dan memberikan alasan. Indikator pertama adalah konsistensi alasan. Respons yang sama muncul pada pertanyaan berbeda karena peserta didik menggunakan aturan inti yang sama. Indikator kedua adalah transfer yang salah: aturan yang benar pada satu konteks diterapkan pada konteks lain tanpa memeriksa syarat. Indikator ketiga adalah ketergantungan pada fitur permukaan. Perubahan angka, gambar, atau istilah dapat mengubah jawaban meskipun struktur kimianya tetap. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Indikator lain adalah tingkat keyakinan yang tidak sejalan dengan kualitas alasan. Peserta didik dapat sangat yakin karena jawaban terasa familiar, pernah memperoleh nilai, atau cocok dengan sumber yang dianggap otoritatif. Keadaan ini berbeda dari tebakan atau pengetahuan yang belum lengkap. Penggunaan tingkat keyakinan, alasan terbuka, dan tugas translasi representasi membantu memisahkan miskonsepsi kuat dari ketidakpastian biasa. (Brandriet & Bretz, 2014; Koriati, 1997)

Guru juga perlu mengamati bahasa spontan, gambar, pilihan simbol, urutan langkah, dan tindakan selama praktikum. Konsepsi yang tidak tampak pada definisi sering muncul ketika peserta didik harus menjelaskan mengapa, memprediksi perubahan, atau membangun diagram partikel. Bukti terbaik biasanya berasal dari triangulasi: jawaban tertulis, wawancara singkat, representasi visual, dan kinerja pada kasus baru. (Gkitzia et al., 2020; Taber, 2002a)

4.16.4 Perbedaan dari Kesalahan Lain

Kesalahan aritmetika, salah baca satuan, kelalaian, atau keterbatasan kosakata dapat menghasilkan jawaban salah tanpa membentuk miskonsepsi. Karena itu, guru perlu menanyakan apakah peserta didik mempunyai hubungan konseptual alternatif yang digunakan secara konsisten. Kesalahan satu kali yang segera disadari setelah ditunjukkan berbeda dari gagasan yang dipertahankan melalui penjelasan dan contoh. Perbedaan ini menentukan jenis intervensi: latihan prosedural, dukungan bahasa, atau perubahan konseptual. (Nakhleh, 1992; Treagust, 1988)

Pengetahuan parsial juga tidak selalu merupakan miskonsepsi. Peserta didik mungkin mengetahui bahwa katalis mempercepat reaksi tetapi belum memahami jalur alternatif dan energi aktivasi. Keadaan tersebut menjadi miskonsepsi ketika ia menambahkan hubungan keliru, misalnya katalis menaikkan energi pereaksi atau mengubah tetapan kesetimbangan. Diagnosis harus mengidentifikasi apa yang benar, apa yang belum ada, dan apa yang secara aktif salah. (Taber, 2001b; Talanquer, 2015)

Dalam konteks faktor kurikulum dan urutan materi, perbedaan tersebut makin penting karena satu respons dapat memiliki beberapa asal. Guru sebaiknya menelusuri kapan gagasan pertama kali digunakan, sumber apa yang dianggap meyakinkan, dan pada konteks mana gagasan berubah. Data itu memberi dasar untuk intervensi yang tepat sasaran dan mencegah tindakan umum seperti mengulang ceramah atau menambah soal tanpa memperbaiki penyebab. (Bruner, 1960; Sevian & Talanquer, 2014)

4.16.5 Materi, Zat, dan Perubahan

Pada topik materi, zat, dan perubahan, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa materi tersusun atas partikel, identitas zat ditentukan oleh jenis dan susunan partikelnya, serta perubahan fisika perlu dibedakan dari perubahan kimia berdasarkan perubahan identitas kimia. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Bruner, 1960; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan faktor kurikulum dan urutan materi, masalah yang sering muncul ialah ketika konservasi massa diajarkan terpisah dari model partikel dan perubahan zat. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan

penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Sevian & Talanquer, 2014; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Ke mana partikel air pergi ketika pakaian mengering, dan apakah jumlah materi benar-benar berkurang?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan massa sistem terbuka dan tertutup, menyusun diagram partikel sebelum-sesudah, serta membedakan bukti observasional dari inferensi tentang partikel. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Cooper et al., 2012; Taber, 2002a)

4.16.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron

Pada topik struktur atom dan konfigurasi elektron, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa model atom adalah representasi teoretis dengan domain berlaku tertentu; elektron tidak berada pada lintasan planet yang kaku, dan konfigurasi elektron berkaitan dengan keadaan energi serta probabilitas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Sevian & Talanquer, 2014; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan faktor kurikulum dan urutan materi, masalah yang sering muncul ialah ketika model atom awal tidak direvisi secara eksplisit ketika orbital dan mekanika kuantum diperkenalkan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri

permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Bruner, 1960; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah elektron mempunyai lintasan pasti seperti planet, dan apa yang sebenarnya dinyatakan oleh orbital?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan beberapa model atom, menjelaskan fungsi dan batas setiap model, serta menggunakan peta perubahan model berdasarkan bukti eksperimen. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Elmas et al., 2020; Gkitzia et al., 2011)

4.16.7 Sistem Periodik dan Periodisitas

Pada topik sistem periodik dan periodisitas, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penjarangan, dan jarak elektron; kecenderungan periodik bersifat pola dengan pengecualian yang harus dipahami secara kausal. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Cooper et al., 2012; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan faktor kurikulum dan urutan materi, masalah yang sering muncul ialah ketika tren periodik ditempatkan sebelum peserta didik memahami konfigurasi elektron dan muatan inti efektif. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Elmas et al., 2020; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Cooper et al., 2012; Gkitzia et al., 2011)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penyarungan, dan jarak elektron	Menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian
Miskonsepsi	Tren periodik dihafal sebagai arah panah mutlak, nomor periode dianggap jumlah elektron valensi, dan ukuran atom ditentukan hanya oleh jumlah kulit	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?
Sumber	Tren periodik ditempatkan sebelum peserta didik memahami konfigurasi elektron dan muatan inti efektif	Periksa peran faktor kurikulum dan urutan materi bersama sumber penguat lain.

4.16.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul

Pada topik ikatan kimia, struktur zat, dan gaya antarmolekul, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa ikatan dan gaya antarmolekul harus dibedakan; struktur zat ditentukan oleh distribusi elektron, interaksi elektrostatis, energi sistem, dan organisasi

partikel pada berbagai skala. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Elmas et al., 2020; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan faktor kurikulum dan urutan materi, masalah yang sering muncul ialah ketika ikatan diajarkan sebagai klasifikasi sebelum energi, struktur, dan gaya elektrostatik. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Sevian & Talanquer, 2014; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang diputus ketika air mendidih: ikatan O–H atau interaksi antarmolekul?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan struktur diskrit, kisi ionik, logam, dan jaringan kovalen sambil menghubungkan struktur dengan sifat. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Elmas et al., 2020; Meyer & Pietzner, 2022)

4.16.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi

Pada topik mol, stoikiometri, dan persamaan reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa mol adalah satuan jumlah zat yang menghubungkan entitas pada tingkat partikel dengan besaran makroskopik; koefisien reaksi menyatakan perbandingan jumlah entitas atau mol, bukan perbandingan massa secara langsung. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan

representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Bruner, 1960; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan faktor kurikulum dan urutan materi, masalah yang sering muncul ialah ketika stoikiometri diajarkan sebagai hitungan sebelum makna persamaan reaksi dan mol. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Sevian & Talanquer, 2014; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa satu mol oksigen dan satu mol besi mengandung jumlah entitas yang sama tetapi bermassa berbeda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan persamaan reaksi, model partikel, tabel jumlah mol, dan alasan kuantitatif pada setiap langkah perhitungan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Cooper et al., 2012; Gkitzia et al., 2011)

4.16.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit

Pada topik larutan, konsentrasi, kelarutan, dan elektrolit, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel; konsentrasi berbeda dari kekuatan, kelarutan bergantung pada kondisi, dan konduktivitas memerlukan pembawa muatan yang dapat bergerak. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Sevian & Talanquer, 2014; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan faktor kurikulum dan urutan materi, masalah yang sering muncul ialah ketika larutan, elektrolit, asam-basa, dan kesetimbangan dipisahkan menjadi bab tanpa jembatan konsep. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Bruner, 1960; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Bruner, 1960; Taber, 2002a)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel	Menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi
Miskonsepsi	Larutan jenuh dianggap tidak memiliki ruang, zat terlarut lenyap, asam kuat selalu pekat, dan semua senyawa ionik selalu menghantarkan listrik	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Sumber	Larutan, elektrolit, asam-basa, dan kesetimbangan dipisahkan menjadi bab tanpa jembatan konsep	Periksa peran faktor kurikulum dan urutan materi bersama sumber penguat lain.

4.16.11 Termokimia dan Termodinamika

Pada topik termokimia dan termodinamika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa kalor adalah energi yang berpindah karena perbedaan suhu, suhu berkaitan dengan distribusi energi kinetik, dan spontanitas tidak identik dengan kecepatan reaksi. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Cooper et al., 2012; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan faktor kurikulum dan urutan materi, masalah yang sering muncul ialah ketika termokimia ditempatkan sebelum sistem, energi, dan tanda benar-benar matang. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Cooper et al., 2012; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Dapatkah proses endoterm berlangsung spontan, dan apakah spontan berarti terjadi seketika?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menetapkan sistem-lingkungan, menggambar diagram energi, membedakan aspek termodinamika dari kinetika, dan menafsirkan tanda besaran. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan

ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Sevian & Talanquer, 2014; Taber, 2002a)

4.16.12 Laju Reaksi dan Kinetika

Pada topik laju reaksi dan kinetika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa laju reaksi ditentukan oleh mekanisme, frekuensi serta orientasi tumbukan efektif, distribusi energi, dan konsentrasi spesies yang terlibat dalam tahap elementer. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Elmas et al., 2020; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan faktor kurikulum dan urutan materi, masalah yang sering muncul ialah ketika kinetika diajarkan tanpa mekanisme dan representasi distribusi energi. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Cooper et al., 2012; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa kenaikan suhu dapat meningkatkan laju jauh lebih besar daripada sekadar kenaikan kecepatan rata-rata partikel?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan data laju, grafik distribusi energi, mekanisme reaksi, serta model tumbukan dengan asumsi yang dinyatakan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Cooper et al., 2012; Taber, 2002a)

4.16.13 Keseimbangan Kimia

Pada topik keseimbangan kimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa keseimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Bruner, 1960; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan faktor kurikulum dan urutan materi, masalah yang sering muncul ialah ketika keseimbangan didahulukan sebelum laju balik, reversibilitas, dan kuosien reaksi. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Sevian & Talanquer, 2014; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis Q dan K. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Sevian & Talanquer, 2014; Gkitzia et al., 2011)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Keseimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu	Menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis q dan k
Miskonsepsi	Reaksi berhenti pada keseimbangan, konsentrasi pereaksi dan produk harus sama, dan katalis menggeser keseimbangan	Minta alasan atas pertanyaan: Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?
Sumber	Keseimbangan didahulukan sebelum laju balik, reversibilitas, dan kuosien reaksi	Periksa peran faktor kurikulum dan urutan materi bersama sumber penguat lain.

4.16.14 Asam, Basa, dan pH

Pada topik asam, basa, dan pH, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa asam-basa bergantung pada kerangka teori dan pasangan reaksi; kekuatan berbeda dari konsentrasi, sedangkan pH berskala logaritmik dan bergantung pada kondisi larutan. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Sevian & Talanquer, 2014; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan faktor kurikulum dan urutan materi, masalah yang sering muncul ialah ketika pH serta buffer diajarkan sebelum logaritma dan keseimbangan asam-basa. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Sevian & Talanquer, 2014; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah larutan asam lemah yang pekat dapat memiliki pH lebih rendah daripada larutan asam kuat yang sangat encer?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan derajat ionisasi dan konsentrasi, menggunakan garis bilangan logaritmik, serta menguji berbagai pasangan asam-basa. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Sevian & Talanquer, 2014; Gkitzia et al., 2011)

4.16.15 Redoks dan Elektrokimia

Pada topik redoks dan elektrokimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa oksidasi-reduksi melibatkan perubahan bilangan oksidasi dan transfer elektron secara konseptual; potensial sel adalah besaran intensif dan arah aliran elektron harus dibedakan dari arus konvensional. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Cooper et al., 2012; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan faktor kurikulum dan urutan materi, masalah yang sering muncul ialah ketika redoks dan elektrokimia dipisahkan sehingga transfer elektron tidak terhubung dengan sel. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Bruner, 1960; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa tanda anoda berbeda antara sel galvanik dan sel elektrolisis, tetapi oksidasi tetap terjadi di anoda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan

materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melacak elektron, ion, muatan, dan perubahan bilangan oksidasi pada diagram sel yang diberi label lengkap. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Sevian & Talanquer, 2014; Taber, 2002a)

4.16.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi

Pada topik kimia organik dan mekanisme reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas; panah lengkung merepresentasikan perpindahan pasangan elektron, bukan gerak atom secara bebas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Elmas et al., 2020; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan faktor kurikulum dan urutan materi, masalah yang sering muncul ialah ketika kimia organik disusun sebagai daftar gugus dan reaksi sebelum struktur-elektron serta mekanisme. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Sevian & Talanquer, 2014; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan

tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Sevian & Talanquer, 2014; Gkitzia et al., 2011)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas	Melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur
Miskonsepsi	Rumus struktur dianggap gambar geometris literal, panah mekanisme menunjukkan atom berpindah mengikuti panah, dan semua isomer dianggap memiliki sifat yang sama	Minta alasan atas pertanyaan: Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?
Sumber	Kimia organik disusun sebagai daftar gugus dan reaksi sebelum struktur-elektron serta mekanisme	Periksa peran faktor kurikulum dan urutan materi bersama sumber penguat lain.

4.16.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Pola jawaban perlu diperiksa lintas representasi dan lintas konteks. Untuk sumber faktor kurikulum dan urutan materi, diagnosis sebaiknya dimulai dengan peta hipotesis: gagasan apa yang mungkin dimiliki, bukti respons apa yang mendukungnya, dan sumber mana yang mungkin berperan. Peta ini mencegah guru mencari satu kesalahan yang telah diperkirakan sebelumnya. Instrumen dapat menggabungkan pilihan jawaban, alasan, tingkat keyakinan, gambar, tugas prediksi, dan wawancara singkat. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Butir diagnostik perlu menghindari petunjuk bahasa yang terlalu jelas dan harus menilai konsep pada lebih dari satu konteks. Soal numerik dapat dipasangkan dengan soal konseptual yang mempunyai struktur sama. Diagram dapat diminta diterjemahkan ke dalam persamaan dan penjelasan verbal. Dalam praktikum, peserta didik diminta membedakan apa yang diamati, apa yang dihitung, dan apa yang diinferensikan. Kombinasi tersebut mengungkap konsistensi model mental. (Brandriet & Bretz, 2014; Gkitzia et al., 2020)

Hasil diagnosis tidak berhenti pada persentase jawaban salah. Guru perlu mengelompokkan pola alasan, memeriksa konsep prasyarat, serta menelusuri bahan ajar dan praktik yang mungkin menguatkannya. Tindak lanjut dilakukan melalui konferensi singkat, diskusi kelas, revisi bahan, dan asesmen ulang. Dengan cara ini, diagnosis berfungsi sebagai bagian dari desain pembelajaran, bukan sekadar pelabelan peserta didik. (Taber, 2002a; Duit & Treagust, 2003)

4.16.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran

Intervensi yang efektif harus menargetkan hubungan konsep, bukan hanya mengganti kalimat salah dengan kalimat benar. Guru perlu melakukan analisis konsep sebelum memilih contoh, analogi, gambar, rumus, dan kegiatan. Analisis mencakup atribut kritis, noncontoh, prasyarat, representasi, kemungkinan salah tafsir, serta batas model. Pada sumber faktor kurikulum dan urutan materi, perhatian khusus diberikan pada menggunakan learning progression, kurikulum spiral yang benar, pemetaan prasyarat, pengulangan dengan peningkatan kompleksitas, dan keselarasan tujuan-aktivitas-asesmen. Pencegahan harus tampak dalam tujuan, urutan, aktivitas, dan asesmen. (Bruner, 1960; Sevian & Talanquer, 2014)

Desain pembelajaran yang kuat menghubungkan tiga lapisan. Lapisan pertama adalah fenomena atau data yang memberi alasan untuk belajar. Lapisan kedua adalah model yang menjelaskan fenomena. Lapisan ketiga adalah simbol dan perhitungan yang memadatkan hubungan. Perpindahan antar lapisan tidak boleh diasumsikan terjadi otomatis. Guru perlu memodelkan proses penerjemahan, menanyakan makna setiap simbol, dan menilai konsistensi penjelasan. (Johnstone, 2000; Gkitzia et al., 2020)

Pencegahan juga memerlukan pengelolaan bahasa dan metakognisi. Peserta didik diberi kesempatan menandai kata bermakna ganda, menyatakan tingkat keyakinan, dan menuliskan perubahan pemahaman. Guru dapat menggunakan kalimat seperti “model ini berguna untuk menjelaskan..., tetapi tidak menunjukkan...”. Kebiasaan tersebut membangun kewaspadaan epistemik dan mengurangi kecenderungan memperlakukan model, analogi, atau aturan sebagai realitas harfiah. (Koriat, 1997; Meyer & Pietzner, 2022)

4.16.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual

Remediasi dimulai dengan mengakui bahwa konsepsi awal memiliki alasan bagi peserta didik. Guru tidak cukup menyatakan “itu salah”, melainkan meminta peserta didik mengartikulasikan prediksi dan dasar pikirnya. Setelah itu disajikan kasus yang membedakan daya jelas konsepsi awal dan model ilmiah. Anomali harus dapat dipahami, relevan, dan

diikuti penjelasan alternatif; jika tidak, peserta didik dapat mengabaikannya sebagai pengecualian. (Vosniadou, 1994; Duit & Treagust, 2003)

Tahap berikutnya adalah rekonstruksi. Peserta didik menyusun model baru melalui contoh beragam, noncontoh, peta konsep, dan translasi representasi. Guru menekankan hubungan yang berubah, bukan hanya jawaban. Pada sumber faktor kurikulum dan urutan materi, rekonstruksi harus sekaligus memperbaiki sumber penguat—misalnya istilah, gambar, lembar kerja, atau pola asesmen. Tanpa perubahan lingkungan belajar, konsepsi lama mudah kembali aktif. (Smith et al., 1994; Mortimer, 1995)

Tahap terakhir adalah konsolidasi dan transfer. Peserta didik menggunakan konsep pada situasi baru, menjelaskan batasnya, membandingkan dengan konsep berdekatan, dan mengevaluasi informasi dari sumber lain. Asesmen ulang dilakukan setelah jeda untuk melihat ketahanan perubahan. Remediasi dinilai berhasil apabila peserta didik tidak hanya memilih jawaban ilmiah, tetapi dapat memberikan alasan yang konsisten dan menilai kewajaran representasi serta hasil. (Taber, 2002a; Treagust, 1988)

4.16.20 Sintesis Subbab

Sumber faktor kurikulum dan urutan materi berkontribusi terhadap miskonsepsi melalui mekanisme berikut: konsep lanjutan diajarkan sebelum prasyarat matang, model awal tidak direvisi, dan materi terfragmentasi sehingga hubungan kausal serta representasional tidak terbentuk. Pengaruhnya terlihat pada seluruh domain kimia, tetapi bentuk konkret berbeda menurut tingkat representasi, prasyarat, dan aktivitas. Karena itu, guru harus menghindari kesimpulan bahwa satu strategi dapat memperbaiki semua miskonsepsi. Intervensi perlu mempertimbangkan isi konsep dan sumber yang menguatkannya. (Bruner, 1960; Sevia & Talanquer, 2014; Cooper et al., 2012; Elmas et al., 2020)

Inti diagnosis adalah membedakan gejala, konsepsi, dan sumber. Gejala merupakan respons yang tampak; konsepsi adalah hubungan makna yang digunakan; sumber adalah kondisi yang membentuk atau menguatkan hubungan tersebut. Perbedaan ini memungkinkan tindakan yang presisi. Jawaban salah akibat ketidaktelitian tidak memerlukan konflik konseptual, sedangkan miskonsepsi berkeyakinan tinggi tidak cukup diatasi dengan latihan tambahan. (Hasan et al., 1999; Brandriet & Bretz, 2014)

Implikasi utamanya adalah menggunakan learning progression, kurikulum spiral yang benar, pemetaan prasyarat, pengulangan dengan peningkatan kompleksitas, dan keselarasan tujuan-aktivitas-asesmen. Pencegahan terbaik bukan menghilangkan seluruh penyederhanaan, pengalaman, atau media, melainkan mengelolanya secara epistemik: tujuan dinyatakan, batas dibahas, hubungan antarrepresentasi dibangun, dan bukti digunakan untuk mengevaluasi model. Prinsip ini menjadi jembatan menuju subbab berikutnya, karena sumber miskonsepsi selalu berinteraksi dengan sumber lain dalam ekosistem pembelajaran. (Taber, 2001b; Duit & Treagust, 2003)

4.16.21 Checklist Audit Sumber

Checklist berikut digunakan untuk menilai apakah faktor kurikulum dan urutan materi berpotensi membentuk atau menguatkan miskonsepsi. Setiap butir sebaiknya dijawab berdasarkan bukti konkret dari materi, rekaman pembelajaran, respons peserta didik, atau hasil asesmen. Jawaban “ya” bukan vonis bahwa miskonsepsi pasti terjadi, tetapi penanda perlunya pemeriksaan lebih lanjut. (Bruner, 1960; Sevian & Talanquer, 2014)

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
1	Apakah faktor kurikulum dan urutan materi menggunakan istilah, model, atau aturan tanpa menjelaskan batas dan syarat?	☐
2	Apakah hubungan antara fenomena, partikel, simbol, grafik, dan perhitungan dinyatakan secara eksplisit?	☐
3	Apakah contoh dan noncontoh cukup bervariasi untuk memperjelas atribut kritis?	☐
4	Apakah peserta didik diminta memberikan alasan, bukan hanya jawaban atau hasil hitung?	☐
5	Apakah terdapat peluang untuk membandingkan prediksi dengan bukti dan merevisi model?	☐
6	Apakah konsep prasyarat diperiksa sebelum materi lanjutan diperkenalkan?	☐
7	Apakah bahasa atau visual berpotensi dibaca secara literal atau antropomorfis?	☐
8	Apakah asesmen memberi penghargaan pada pemahaman, translasi representasi, dan transfer?	☐
9	Apakah sumber lain—buku, media, praktikum, atau teman—mengulang gagasan yang sama?	☐
10	Apakah perubahan pemahaman diperiksa kembali setelah jeda dan pada konteks baru?	☐

4.17 Faktor Asesmen

Masalah ini menjadi penting karena karakter butir, bentuk respons, penskoran, umpan balik, dan tekanan evaluasi yang menentukan pengetahuan apa yang dipelajari serta strategi apa

yang dianggap berhasil. Sumber ini tidak bekerja sebagai penyebab tunggal yang langsung menghasilkan satu jawaban salah. Ia menyediakan kerangka interpretasi yang menentukan informasi mana yang diperhatikan, istilah mana yang dianggap penting, dan hubungan sebab-akibat apa yang terasa masuk akal. Dalam kimia, kerangka semacam itu sangat berpengaruh karena banyak entitas dan proses tidak dapat diamati secara langsung. Peserta didik harus bergerak dari gejala makroskopik menuju model submikroskopik dan notasi simbolik. Apabila jembatan tersebut tidak dibangun, pemahaman mudah diisi oleh gagasan yang paling tersedia secara mental. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Mekanisme utamanya dapat diringkas sebagai berikut: asesmen yang memberi penghargaan pada hafalan dan algoritma menguatkan pengetahuan permukaan, sementara jawaban benar dapat menutupi alasan keliru. Proses ini menghasilkan konsepsi yang sering kali koheren dari sudut pandang peserta didik. Karena koheren, konsepsi tersebut tidak selalu terasa sebagai kesalahan. Ia dapat digunakan untuk menjawab soal rutin, menjelaskan pengalaman tertentu, dan bahkan memperoleh penguatan dari teman, guru, atau sumber belajar. Oleh sebab itu, koreksi yang hanya menyampaikan definisi ilmiah belum tentu cukup. Guru perlu memahami asal, fungsi, dan jaringan gagasan yang menopang konsepsi tersebut. (Hasan et al., 1999; Brandriet & Bretz, 2014)

Ciri yang patut dicermati adalah nilai tinggi tidak disertai kemampuan menjelaskan, kesalahan baru tampak pada soal transfer, dan peserta didik belajar mengenali kata kunci alih-alih konsep. Miskonsepsi tidak sama dengan lupa, salah hitung, atau tidak pernah belajar. Miskonsepsi mempunyai struktur alasan tertentu dan sering disertai tingkat keyakinan. Peserta didik mungkin mengganti kata yang digunakan, tetapi mempertahankan pola penalaran yang sama. Untuk itu, analisis sumber miskonsepsi perlu menghubungkan respons peserta didik dengan konteks pembelajaran, representasi yang digunakan, urutan materi, serta jenis umpan balik yang pernah diterima. (Brandriet & Bretz, 2014; Wren & Barbera, 2014)

Prinsip pencegahan yang relevan adalah menggunakan tes diagnostik bertingkat, alasan terbuka, representasi beragam, tingkat keyakinan, asesmen formatif, dan umpan balik yang menargetkan model mental. Tujuannya bukan meniadakan seluruh pengetahuan awal atau menyederhanakan materi secara ekstrem, melainkan membangun jalur perubahan konseptual. Jalur tersebut harus membuat peserta didik menyadari batas gagasan lama, memahami daya jelas model ilmiah, dan mampu menggunakan konsep pada konteks baru. Bab ini karena itu menempatkan setiap sumber miskonsepsi sebagai bagian dari ekosistem belajar yang dapat didiagnosis dan diperbaiki secara sistematis. (Treagust, 1988; Wren & Barbera, 2014)

4.17.1 Kedudukan Faktor Asesmen sebagai Sumber Miskonsepsi

Kajian pendidikan kimia menunjukkan bahwa sumber faktor asesmen perlu dibedakan dari miskonsepsi yang tampak pada jawaban. Sumber adalah kondisi yang menyediakan bahan, arah, atau penguatan bagi pembentukan konsepsi; miskonsepsi adalah struktur pemahaman

yang tidak selaras dengan pengetahuan ilmiah yang diterima. Pembedaan ini mencegah guru menyimpulkan bahwa setiap jawaban salah pasti berasal dari faktor yang sama. Dua peserta didik dapat memberikan jawaban identik, tetapi satu berangkat dari makna bahasa, sedangkan yang lain meniru diagram atau aturan yang pernah dipelajari. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Kedudukan sumber juga bersifat probabilistik. Karakter butir, bentuk respons, penskoran, umpan balik, dan tekanan evaluasi yang menentukan pengetahuan apa yang dipelajari serta strategi apa yang dianggap berhasil tidak otomatis menghasilkan miskonsepsi pada semua peserta didik. Pengaruhnya bergantung pada pengetahuan prasyarat, perhatian, kualitas penjelasan, frekuensi pengulangan, konteks sosial, dan kesempatan memperoleh umpan balik. Peserta didik yang memiliki jaringan konsep kuat dapat menafsirkan sumber yang kurang sempurna secara kritis, sedangkan peserta didik lain mungkin mengintegrasikannya secara literal. Karena itu, pencegahan harus memperkuat kemampuan interpretasi, bukan hanya menyaring materi. (Hasan et al., 1999; Brandriet & Bretz, 2014)

Dalam kimia, kerentanan tersebut meningkat karena makna harus dikoordinasikan antara fenomena, partikel, simbol, model, grafik, dan perhitungan. Sumber yang tampak kecil—misalnya satu kata, warna, panah, atau contoh—dapat mengubah hubungan antartingkat representasi. Kesalahan itu kemudian menjalar. Kekeliruan membedakan partikel dengan zat dapat memengaruhi ikatan, larutan, stoikiometri, kesetimbangan, dan elektrokimia. Oleh sebab itu, analisis sumber perlu memeriksa tidak hanya isi pernyataan, tetapi juga fungsi representasi dan hubungan yang dibangun. (Johnstone, 2000; Taber, 2001a)

4.17.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan

Masalah ini menjadi penting karena asesmen yang memberi penghargaan pada hafalan dan algoritma menguatkan pengetahuan permukaan, sementara jawaban benar dapat menutupi alasan keliru. Pada tahap awal, peserta didik memilih petunjuk yang paling menonjol. Petunjuk itu dihubungkan dengan skema yang telah tersedia. Ketika hasilnya cukup berhasil untuk menjawab pertanyaan atau menjelaskan satu pengalaman, hubungan tersebut menjadi lebih mudah diaktifkan kembali. Pengulangan tanpa koreksi meningkatkan kelancaran pemrosesan, dan kelancaran sering keliru ditafsirkan sebagai kebenaran. (Treagust, 1988; Koriat, 1997)

Penguatan dapat terjadi melalui empat jalur. Pertama, konsistensi internal: gagasan terasa cocok dengan asumsi lain yang telah dimiliki. Kedua, konsistensi sosial: teman, guru, buku, atau media menggunakan ungkapan serupa. Ketiga, keberhasilan instrumental: algoritma atau aturan menghasilkan jawaban yang dinilai benar. Keempat, ketiadaan anomali yang diproses secara sadar. Peserta didik mungkin telah melihat data yang tidak sesuai, tetapi menafsirkannya sebagai pengecualian atau kesalahan eksperimen. Jalur-jalur ini menjelaskan ketahanan miskonsepsi. (Smith et al., 1994; Duit & Treagust, 2003)

Hubungan antara sumber dan konsepsi juga dapat berubah sepanjang waktu. Sebuah penyederhanaan yang awalnya membantu dapat menjadi hambatan pada materi lanjutan. Sebaliknya, pengalaman yang semula menyesatkan dapat berfungsi sebagai titik awal diskusi ketika guru meminta prediksi, menghadirkan bukti pembandingan, dan membangun model yang lebih luas. Dengan demikian, persoalannya bukan hanya apakah sumber itu benar atau salah, melainkan bagaimana sumber tersebut diposisikan, dibatasi, dan direvisi dalam urutan belajar. (Brandriet & Bretz, 2014; Wren & Barbera, 2014)

4.17.3 Indikator pada Respons Peserta Didik

Guru perlu membedakan antara kekurangan informasi dan miskonsepsi yang telah terstruktur. Indikator pertama adalah konsistensi alasan. Respons yang sama muncul pada pertanyaan berbeda karena peserta didik menggunakan aturan inti yang sama. Indikator kedua adalah transfer yang salah: aturan yang benar pada satu konteks diterapkan pada konteks lain tanpa memeriksa syarat. Indikator ketiga adalah ketergantungan pada fitur permukaan. Perubahan angka, gambar, atau istilah dapat mengubah jawaban meskipun struktur kimianya tetap. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Indikator lain adalah tingkat keyakinan yang tidak sejalan dengan kualitas alasan. Peserta didik dapat sangat yakin karena jawaban terasa familiar, pernah memperoleh nilai, atau cocok dengan sumber yang dianggap otoritatif. Keadaan ini berbeda dari tebakan atau pengetahuan yang belum lengkap. Penggunaan tingkat keyakinan, alasan terbuka, dan tugas translasi representasi membantu memisahkan miskonsepsi kuat dari ketidakpastian biasa. (Brandriet & Bretz, 2014; Koriati, 1997)

Guru juga perlu mengamati bahasa spontan, gambar, pilihan simbol, urutan langkah, dan tindakan selama praktikum. Konsepsi yang tidak tampak pada definisi sering muncul ketika peserta didik harus menjelaskan mengapa, memprediksi perubahan, atau membangun diagram partikel. Bukti terbaik biasanya berasal dari triangulasi: jawaban tertulis, wawancara singkat, representasi visual, dan kinerja pada kasus baru. (Gkitzia et al., 2020; Taber, 2002a)

4.17.4 Perbedaan dari Kesalahan Lain

Kesalahan aritmetika, salah baca satuan, kelalaian, atau keterbatasan kosakata dapat menghasilkan jawaban salah tanpa membentuk miskonsepsi. Karena itu, guru perlu menanyakan apakah peserta didik mempunyai hubungan konseptual alternatif yang digunakan secara konsisten. Kesalahan satu kali yang segera disadari setelah ditunjukkan berbeda dari gagasan yang dipertahankan melalui penjelasan dan contoh. Perbedaan ini menentukan jenis intervensi: latihan prosedural, dukungan bahasa, atau perubahan konseptual. (Nakhleh, 1992; Treagust, 1988)

Pengetahuan parsial juga tidak selalu merupakan miskonsepsi. Peserta didik mungkin mengetahui bahwa katalis mempercepat reaksi tetapi belum memahami jalur alternatif dan energi aktivasi. Keadaan tersebut menjadi miskonsepsi ketika ia menambahkan hubungan keliru, misalnya katalis menaikkan energi pereaksi atau mengubah tetapan kesetimbangan.

Diagnosis harus mengidentifikasi apa yang benar, apa yang belum ada, dan apa yang secara aktif salah. (Taber, 2001b; Talanquer, 2015)

Dalam konteks faktor asesmen, perbedaan tersebut makin penting karena satu respons dapat memiliki beberapa asal. Guru sebaiknya menelusuri kapan gagasan pertama kali digunakan, sumber apa yang dianggap meyakinkan, dan pada konteks mana gagasan berubah. Data itu memberi dasar untuk intervensi yang tepat sasaran dan mencegah tindakan umum seperti mengulang ceramah atau menambah soal tanpa memperbaiki penyebab. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

4.17.5 Materi, Zat, dan Perubahan

Pada topik materi, zat, dan perubahan, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa materi tersusun atas partikel, identitas zat ditentukan oleh jenis dan susunan partikelnya, serta perubahan fisika perlu dibedakan dari perubahan kimia berdasarkan perubahan identitas kimia. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Treagust, 1988; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan faktor asesmen, masalah yang sering muncul ialah ketika soal hanya meminta klasifikasi perubahan dari gejala sehingga aturan dangkal mendapat nilai. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Treagust, 1988; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Ke mana partikel air pergi ketika pakaian mengering, dan apakah jumlah materi benar-benar berkurang?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan massa sistem terbuka dan tertutup, menyusun diagram partikel sebelum-sesudah, serta membedakan bukti observasional dari inferensi tentang partikel. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa

yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Treagust, 1988; Taber, 2002a)

4.17.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron

Pada topik struktur atom dan konfigurasi elektron, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa model atom adalah representasi teoretis dengan domain berlaku tertentu; elektron tidak berada pada lintasan planet yang kaku, dan konfigurasi elektron berkaitan dengan keadaan energi serta probabilitas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Hasan et al., 1999; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan faktor asesmen, masalah yang sering muncul ialah ketika soal struktur atom menguji hafalan model dan konfigurasi tanpa alasan atau batas model. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Treagust, 1988; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah elektron mempunyai lintasan pasti seperti planet, dan apa yang sebenarnya dinyatakan oleh orbital?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan beberapa model atom, menjelaskan fungsi dan batas setiap model, serta menggunakan peta perubahan model berdasarkan bukti eksperimen. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau

perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Brandriet & Bretz, 2014; Meyer & Pietzner, 2022)

4.17.7 Sistem Periodik dan Periodisitas

Pada topik sistem periodik dan periodisitas, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penjarangan, dan jarak elektron; kecenderungan periodik bersifat pola dengan pengecualian yang harus dipahami secara kausal. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Brandriet & Bretz, 2014; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan faktor asesmen, masalah yang sering muncul ialah ketika soal periodisitas meminta urutan tren tanpa penjelasan kausal dan data. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Hasan et al., 1999; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Wren & Barbera, 2014; Gkitzia et al., 2011)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penyarungan, dan jarak elektron	Menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian
Miskonsepsi	Tren periodik dihafal sebagai arah panah mutlak, nomor periode dianggap jumlah elektron valensi, dan ukuran atom ditentukan hanya oleh jumlah kulit	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?
Sumber	Soal periodisitas meminta urutan tren tanpa penjelasan kausal dan data	Periksa peran faktor asesmen bersama sumber penguat lain.

4.17.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul

Pada topik ikatan kimia, struktur zat, dan gaya antarmolekul, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa ikatan dan gaya antarmolekul harus dibedakan; struktur zat ditentukan oleh distribusi elektron, interaksi elektrostatis, energi sistem, dan organisasi partikel pada berbagai skala. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Wren & Barbera, 2014; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan faktor asesmen, masalah yang sering muncul ialah ketika soal ikatan menilai gambar Lewis tunggal tanpa sifat, energi, atau representasi alternatif. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Wren & Barbera, 2014; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang diputus ketika air mendidih: ikatan O–H atau interaksi antarmolekul?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau

prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan struktur diskrit, kisi ionik, logam, dan jaringan kovalen sambil menghubungkan struktur dengan sifat. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Hasan et al., 1999; Gkitzia et al., 2011)

4.17.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi

Pada topik mol, stoikiometri, dan persamaan reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa mol adalah satuan jumlah zat yang menghubungkan entitas pada tingkat partikel dengan besaran makroskopik; koefisien reaksi menyatakan perbandingan jumlah entitas atau mol, bukan perbandingan massa secara langsung. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Treagust, 1988; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan faktor asesmen, masalah yang sering muncul ialah ketika soal stoikiometri hanya numerik sehingga algoritma benar menutupi pemahaman koefisien dan partikel. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Brandriet & Bretz, 2014; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa satu mol oksigen dan satu mol besi mengandung jumlah entitas yang sama tetapi bermassa berbeda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi.

Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan persamaan reaksi, model partikel, tabel jumlah mol, dan alasan kuantitatif pada setiap langkah perhitungan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Treagust, 1988; Meyer & Pietzner, 2022)

4.17.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit

Pada topik larutan, konsentrasi, kelarutan, dan elektrolit, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel; konsentrasi berbeda dari kekuatan, kelarutan bergantung pada kondisi, dan konduktivitas memerlukan pembawa muatan yang dapat bergerak. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Hasan et al., 1999; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan faktor asesmen, masalah yang sering muncul ialah ketika soal larutan mengandalkan kata kunci kuat, lemah, pekat, dan encer tanpa kasus pembanding. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Wren & Barbera, 2014; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Hasan et al., 1999; Gkitzia et al., 2011)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel	Menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi
Miskonsepsi	Larutan jenuh dianggap tidak memiliki ruang, zat terlarut lenyap, asam kuat selalu pekat, dan semua senyawa ionik selalu menghantarkan listrik	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?
Sumber	Soal larutan mengandalkan kata kunci kuat, lemah, pekat, dan encer tanpa kasus pembanding	Periksa peran faktor asesmen bersama sumber penguat lain.

4.17.11 Termokimia dan Termodinamika

Pada topik termokimia dan termodinamika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa kalor adalah energi yang berpindah karena perbedaan suhu, suhu berkaitan dengan distribusi energi kinetik, dan spontanitas tidak identik dengan kecepatan reaksi. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Brandriet & Bretz, 2014; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan faktor asesmen, masalah yang sering muncul ialah ketika soal termokimia memberi angka dan rumus tetapi tidak menilai sistem, tanda, serta makna energi. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Wren & Barbera, 2014; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Dapatkah proses endoterm berlangsung spontan, dan apakah spontan berarti terjadi seketika?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menetapkan sistem-lingkungan, menggambar diagram energi, membedakan aspek termodinamika dari kinetika, dan menafsirkan tanda besaran. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Treagust, 1988; Meyer & Pietzner, 2022)

4.17.12 Laju Reaksi dan Kinetika

Pada topik laju reaksi dan kinetika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa laju reaksi ditentukan oleh mekanisme, frekuensi serta orientasi tumbukan efektif, distribusi energi, dan konsentrasi spesies yang terlibat dalam tahap elementer. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Wren & Barbera, 2014; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan faktor asesmen, masalah yang sering muncul ialah ketika soal kinetika meminta substitusi persamaan tanpa analisis grafik, mekanisme, atau prediksi. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau

mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Brandriet & Bretz, 2014; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa kenaikan suhu dapat meningkatkan laju jauh lebih besar daripada sekadar kenaikan kecepatan rata-rata partikel?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan data laju, grafik distribusi energi, mekanisme reaksi, serta model tumbukan dengan asumsi yang dinyatakan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Treagust, 1988; Meyer & Pietzner, 2022)

4.17.13 Keseimbangan Kimia

Pada topik keseimbangan kimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa keseimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Treagust, 1988; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan faktor asesmen, masalah yang sering muncul ialah ketika soal keseimbangan memakai pola gangguan yang dapat dihafal tanpa Q, K, dan penjelasan partikel. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Brandriet & Bretz, 2014; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis Q dan K . Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Wren & Barbera, 2014; Meyer & Pietzner, 2022)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Kesetimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu	Menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis q dan k
Miskonsepsi	Reaksi berhenti pada kesetimbangan, konsentrasi pereaksi dan produk harus sama, dan katalis menggeser kesetimbangan	Minta alasan atas pertanyaan: Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?
Sumber	Soal kesetimbangan memakai pola gangguan yang dapat dihafal tanpa q , k , dan penjelasan partikel	Periksa peran faktor asesmen bersama sumber penguat lain.

4.17.14 Asam, Basa, dan pH

Pada topik asam, basa, dan pH, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa asam-basa bergantung pada kerangka teori dan pasangan reaksi; kekuatan berbeda dari konsentrasi, sedangkan pH berskala logaritmik dan bergantung pada kondisi larutan. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Hasan et al., 1999; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan faktor asesmen, masalah yang sering muncul ialah ketika soal pH menilai logaritma dan rumus tanpa membedakan kekuatan, konsentrasi, dan aproksimasi. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Brandriet & Bretz, 2014; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah larutan asam lemah yang pekat dapat memiliki pH lebih rendah daripada larutan asam kuat yang sangat encer?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan derajat ionisasi dan konsentrasi, menggunakan garis bilangan logaritmik, serta menguji berbagai pasangan asam-basa. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Wren & Barbera, 2014; Taber, 2002a)

4.17.15 Redoks dan Elektrokimia

Pada topik redoks dan elektrokimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa oksidasi-reduksi melibatkan perubahan bilangan oksidasi dan transfer elektron secara

konseptual; potensial sel adalah besaran intensif dan arah aliran elektron harus dibedakan dari arus konvensional. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Brandriet & Bretz, 2014; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan faktor asesmen, masalah yang sering muncul ialah ketika soal elektrokimia memberi skema tanda tanpa meminta penelusuran elektron, ion, dan reaksi. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Wren & Barbera, 2014; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa tanda anoda berbeda antara sel galvanik dan sel elektrolisis, tetapi oksidasi tetap terjadi di anoda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melacak elektron, ion, muatan, dan perubahan bilangan oksidasi pada diagram sel yang diberi label lengkap. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Hasan et al., 1999; Meyer & Pietzner, 2022)

4.17.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi

Pada topik kimia organik dan mekanisme reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas; panah lengkung merepresentasikan perpindahan pasangan elektron, bukan gerak atom secara bebas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan

noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Wren & Barbera, 2014; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan faktor asesmen, masalah yang sering muncul ialah ketika soal organik menilai produk atau nama reaksi tanpa mekanisme serta bukti struktur. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Brandriet & Bretz, 2014; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Hasan et al., 1999; Meyer & Pietzner, 2022)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas	Melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur
Miskonsepsi	Rumus struktur dianggap gambar geometris literal, panah	Minta alasan atas pertanyaan: Apa yang berpindah ketika panah

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
	mekanisme menunjukkan atom berpindah mengikuti panah, dan semua isomer dianggap memiliki sifat yang sama	lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?
Sumber	Soal organik menilai produk atau nama reaksi tanpa mekanisme serta bukti struktur	Periksa peran faktor asesmen bersama sumber penguat lain.

4.17.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Indikator yang paling berguna muncul ketika peserta didik diminta memprediksi dan memberikan alasan. Untuk sumber faktor asesmen, diagnosis sebaiknya dimulai dengan peta hipotesis: gagasan apa yang mungkin dimiliki, bukti respons apa yang mendukungnya, dan sumber mana yang mungkin berperan. Peta ini mencegah guru mencari satu kesalahan yang telah diperkirakan sebelumnya. Instrumen dapat menggabungkan pilihan jawaban, alasan, tingkat keyakinan, gambar, tugas prediksi, dan wawancara singkat. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Butir diagnostik perlu menghindari petunjuk bahasa yang terlalu jelas dan harus menilai konsep pada lebih dari satu konteks. Soal numerik dapat dipasangkan dengan soal konseptual yang mempunyai struktur sama. Diagram dapat diminta diterjemahkan ke dalam persamaan dan penjelasan verbal. Dalam praktikum, peserta didik diminta membedakan apa yang diamati, apa yang dihitung, dan apa yang diinferensikan. Kombinasi tersebut mengungkap konsistensi model mental. (Brandriet & Bretz, 2014; Gkitzia et al., 2020)

Hasil diagnosis tidak berhenti pada persentase jawaban salah. Guru perlu mengelompokkan pola alasan, memeriksa konsep prasyarat, serta menelusuri bahan ajar dan praktik yang mungkin menguatkannya. Tindak lanjut dilakukan melalui konferensi singkat, diskusi kelas, revisi bahan, dan asesmen ulang. Dengan cara ini, diagnosis berfungsi sebagai bagian dari desain pembelajaran, bukan sekadar pelabelan peserta didik. (Taber, 2002a; Duit & Treagust, 2003)

4.17.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran

Pencegahan perlu dimulai sebelum aturan atau model disajikan sebagai bentuk jadi. Guru perlu melakukan analisis konsep sebelum memilih contoh, analogi, gambar, rumus, dan kegiatan. Analisis mencakup atribut kritis, noncontoh, prasyarat, representasi, kemungkinan salah tafsir, serta batas model. Pada sumber faktor asesmen, perhatian khusus diberikan pada menggunakan tes diagnostik bertingkat, alasan terbuka, representasi beragam, tingkat keyakinan, asesmen formatif, dan umpan balik yang menargetkan model mental. Pencegahan

harus tampak dalam tujuan, urutan, aktivitas, dan asesmen. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Desain pembelajaran yang kuat menghubungkan tiga lapisan. Lapisan pertama adalah fenomena atau data yang memberi alasan untuk belajar. Lapisan kedua adalah model yang menjelaskan fenomena. Lapisan ketiga adalah simbol dan perhitungan yang memadatkan hubungan. Perpindahan antar lapisan tidak boleh diasumsikan terjadi otomatis. Guru perlu memodelkan proses penerjemahan, menanyakan makna setiap simbol, dan menilai konsistensi penjelasan. (Johnstone, 2000; Gkitzia et al., 2020)

Pencegahan juga memerlukan pengelolaan bahasa dan metakognisi. Peserta didik diberi kesempatan menandai kata bermakna ganda, menyatakan tingkat keyakinan, dan menuliskan perubahan pemahaman. Guru dapat menggunakan kalimat seperti “model ini berguna untuk menjelaskan..., tetapi tidak menunjukkan...”. Kebiasaan tersebut membangun kewaspadaan epistemik dan mengurangi kecenderungan memperlakukan model, analogi, atau aturan sebagai realitas harfiah. (Koriat, 1997; Meyer & Pietzner, 2022)

4.17.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual

Remediasi dimulai dengan mengakui bahwa konsepsi awal memiliki alasan bagi peserta didik. Guru tidak cukup menyatakan “itu salah”, melainkan meminta peserta didik mengartikulasikan prediksi dan dasar pikirnya. Setelah itu disajikan kasus yang membedakan daya jelas konsepsi awal dan model ilmiah. Anomali harus dapat dipahami, relevan, dan diikuti penjelasan alternatif; jika tidak, peserta didik dapat mengabaikannya sebagai pengecualian. (Vosniadou, 1994; Duit & Treagust, 2003)

Tahap berikutnya adalah rekonstruksi. Peserta didik menyusun model baru melalui contoh beragam, noncontoh, peta konsep, dan translasi representasi. Guru menekankan hubungan yang berubah, bukan hanya jawaban. Pada sumber faktor asesmen, rekonstruksi harus sekaligus memperbaiki sumber penguat—misalnya istilah, gambar, lembar kerja, atau pola asesmen. Tanpa perubahan lingkungan belajar, konsepsi lama mudah kembali aktif. (Smith et al., 1994; Mortimer, 1995)

Tahap terakhir adalah konsolidasi dan transfer. Peserta didik menggunakan konsep pada situasi baru, menjelaskan batasnya, membandingkan dengan konsep berdekatan, dan mengevaluasi informasi dari sumber lain. Asesmen ulang dilakukan setelah jeda untuk melihat ketahanan perubahan. Remediasi dinilai berhasil apabila peserta didik tidak hanya memilih jawaban ilmiah, tetapi dapat memberikan alasan yang konsisten dan menilai kewajaran representasi serta hasil. (Taber, 2002a; Treagust, 1988)

4.17.20 Sintesis Subbab

Sumber faktor asesmen berkontribusi terhadap miskonsepsi melalui mekanisme berikut: asesmen yang memberi penghargaan pada hafalan dan algoritma menguatkan pengetahuan permukaan, sementara jawaban benar dapat menutupi alasan keliru. Pengaruhnya terlihat pada seluruh domain kimia, tetapi bentuk konkret berbeda menurut tingkat representasi,

prasyarat, dan aktivitas. Karena itu, guru harus menghindari kesimpulan bahwa satu strategi dapat memperbaiki semua miskonsepsi. Intervensi perlu mempertimbangkan isi konsep dan sumber yang menguatkannya. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999; Brandriet & Bretz, 2014; Wren & Barbera, 2014)

Inti diagnosis adalah membedakan gejala, konsepsi, dan sumber. Gejala merupakan respons yang tampak; konsepsi adalah hubungan makna yang digunakan; sumber adalah kondisi yang membentuk atau menguatkan hubungan tersebut. Perbedaan ini memungkinkan tindakan yang presisi. Jawaban salah akibat ketidaktelitian tidak memerlukan konflik konseptual, sedangkan miskonsepsi berkeyakinan tinggi tidak cukup diatasi dengan latihan tambahan. (Hasan et al., 1999; Brandriet & Bretz, 2014)

Implikasi utamanya adalah menggunakan tes diagnostik bertingkat, alasan terbuka, representasi beragam, tingkat keyakinan, asesmen formatif, dan umpan balik yang menargetkan model mental. Pencegahan terbaik bukan menghilangkan seluruh penyederhanaan, pengalaman, atau media, melainkan mengelolanya secara epistemik: tujuan dinyatakan, batas dibahas, hubungan antarrepresentasi dibangun, dan bukti digunakan untuk mengevaluasi model. Prinsip ini menjadi jembatan menuju subbab berikutnya, karena sumber miskonsepsi selalu berinteraksi dengan sumber lain dalam ekosistem pembelajaran. (Taber, 2001b; Duit & Treagust, 2003)

4.17.21 Checklist Audit Sumber

Checklist berikut digunakan untuk menilai apakah faktor asesmen berpotensi membentuk atau menguatkan miskonsepsi. Setiap butir sebaiknya dijawab berdasarkan bukti konkret dari materi, rekaman pembelajaran, respons peserta didik, atau hasil asesmen. Jawaban “ya” bukan vonis bahwa miskonsepsi pasti terjadi, tetapi penanda perlunya pemeriksaan lebih lanjut. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
1	Apakah faktor asesmen menggunakan istilah, model, atau aturan tanpa menjelaskan batas dan syarat?	☐
2	Apakah hubungan antara fenomena, partikel, simbol, grafik, dan perhitungan dinyatakan secara eksplisit?	☐
3	Apakah contoh dan noncontoh cukup bervariasi untuk memperjelas atribut kritis?	☐
4	Apakah peserta didik diminta memberikan alasan, bukan hanya jawaban atau hasil hitung?	☐

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
5	Apakah terdapat peluang untuk membandingkan prediksi dengan bukti dan merevisi model?	☐
6	Apakah konsep prasyarat diperiksa sebelum materi lanjutan diperkenalkan?	☐
7	Apakah bahasa atau visual berpotensi dibaca secara literal atau antropomorfis?	☐
8	Apakah asesmen memberi penghargaan pada pemahaman, translasi representasi, dan transfer?	☐
9	Apakah sumber lain—buku, media, praktikum, atau teman—mengulang gagasan yang sama?	☐
10	Apakah perubahan pemahaman diperiksa kembali setelah jeda dan pada konteks baru?	☐

4.18 Interaksi Antarsumber Miskonsepsi

Secara konseptual, hubungan timbal balik antara pengalaman, bahasa, guru, bahan ajar, visual, analogi, praktikum, algoritma, kurikulum, asesmen, dan media yang membentuk sistem penyebab. Sumber ini tidak bekerja sebagai penyebab tunggal yang langsung menghasilkan satu jawaban salah. Ia menyediakan kerangka interpretasi yang menentukan informasi mana yang diperhatikan, istilah mana yang dianggap penting, dan hubungan sebab-akibat apa yang terasa masuk akal. Dalam kimia, kerangka semacam itu sangat berpengaruh karena banyak entitas dan proses tidak dapat diamati secara langsung. Peserta didik harus bergerak dari gejala makroskopik menuju model submikroskopik dan notasi simbolik. Apabila jembatan tersebut tidak dibangun, pemahaman mudah diisi oleh gagasan yang paling tersedia secara mental. (Smith et al., 1994; Duit & Treagust, 2003)

Mekanisme utamanya dapat diringkas sebagai berikut: satu sumber menyediakan gagasan awal, sumber lain memberi legitimasi, pengulangan memperkuat, dan asesmen memberi penghargaan sehingga miskonsepsi menjadi stabil serta berkeyakinan tinggi. Proses ini menghasilkan konsepsi yang sering kali koheren dari sudut pandang peserta didik. Karena koheren, konsepsi tersebut tidak selalu terasa sebagai kesalahan. Ia dapat digunakan untuk menjawab soal rutin, menjelaskan pengalaman tertentu, dan bahkan memperoleh penguatan dari teman, guru, atau sumber belajar. Oleh sebab itu, koreksi yang hanya menyampaikan definisi ilmiah belum tentu cukup. Guru perlu memahami asal, fungsi, dan jaringan gagasan yang menopang konsepsi tersebut. (Duit & Treagust, 2003; Taber, 2002a)

Ciri yang patut dicermati adalah miskonsepsi muncul pada banyak konteks, didukung beberapa jenis alasan, dan tetap bertahan setelah koreksi tunggal karena sumber penguat lain tidak diubah. Miskonsepsi tidak sama dengan lupa, salah hitung, atau tidak pernah belajar. Miskonsepsi mempunyai struktur alasan tertentu dan sering disertai tingkat keyakinan. Peserta didik mungkin mengganti kata yang digunakan, tetapi mempertahankan pola penalaran yang sama. Untuk itu, analisis sumber miskonsepsi perlu menghubungkan respons peserta didik dengan konteks pembelajaran, representasi yang digunakan, urutan materi, serta jenis umpan balik yang pernah diterima. (Taber, 2002a; Mortimer, 1995)

Prinsip pencegahan yang relevan adalah melakukan diagnosis sistemik, memetakan rantai sumber-proses-gejala, mengoordinasikan guru-bahan-asesmen, dan merancang intervensi multirepresentasional serta berulang. Tujuannya bukan meniadakan seluruh pengetahuan awal atau menyederhanakan materi secara ekstrem, melainkan membangun jalur perubahan konseptual. Jalur tersebut harus membuat peserta didik menyadari batas gagasan lama, memahami daya jelas model ilmiah, dan mampu menggunakan konsep pada konteks baru. Bab ini karena itu menempatkan setiap sumber miskonsepsi sebagai bagian dari ekosistem belajar yang dapat didiagnosis dan diperbaiki secara sistematis. (Smith et al., 1994; Mortimer, 1995)

4.18.1 Kedudukan Interaksi Antarsumber Miskonsepsi sebagai Sumber Miskonsepsi

Apabila ditelaah lebih jauh, sumber interaksi antarsumber miskonsepsi perlu dibedakan dari miskonsepsi yang tampak pada jawaban. Sumber adalah kondisi yang menyediakan bahan, arah, atau penguatan bagi pembentukan konsepsi; miskonsepsi adalah struktur pemahaman yang tidak selaras dengan pengetahuan ilmiah yang diterima. Perbedaan ini mencegah guru menyimpulkan bahwa setiap jawaban salah pasti berasal dari faktor yang sama. Dua peserta didik dapat memberikan jawaban identik, tetapi satu berangkat dari makna bahasa, sedangkan yang lain meniru diagram atau aturan yang pernah dipelajari. (Smith et al., 1994; Duit & Treagust, 2003)

Kedudukan sumber juga bersifat probabilistik. Hubungan timbal balik antara pengalaman, bahasa, guru, bahan ajar, visual, analogi, praktikum, algoritma, kurikulum, asesmen, dan media yang membentuk sistem penyebab tidak otomatis menghasilkan miskonsepsi pada semua peserta didik. Pengaruhnya bergantung pada pengetahuan prasyarat, perhatian, kualitas penjelasan, frekuensi pengulangan, konteks sosial, dan kesempatan memperoleh umpan balik. Peserta didik yang memiliki jaringan konsep kuat dapat menafsirkan sumber yang kurang sempurna secara kritis, sedangkan peserta didik lain mungkin mengintegrasikannya secara literal. Karena itu, pencegahan harus memperkuat kemampuan interpretasi, bukan hanya menyaring materi. (Duit & Treagust, 2003; Taber, 2002a)

Dalam kimia, kerentanan tersebut meningkat karena makna harus dikoordinasikan antara fenomena, partikel, simbol, model, grafik, dan perhitungan. Sumber yang tampak kecil—misalnya satu kata, warna, panah, atau contoh—dapat mengubah hubungan antartingkat representasi. Kesalahan itu kemudian menjalar. Kekeliruan membedakan partikel dengan zat

dapat memengaruhi ikatan, larutan, stoikiometri, kesetimbangan, dan elektrokimia. Oleh sebab itu, analisis sumber perlu memeriksa tidak hanya isi pernyataan, tetapi juga fungsi representasi dan hubungan yang dibangun. (Johnstone, 2000; Taber, 2001a)

4.18.2 Mekanisme Pembentukan dan Penguatan

Dalam pembelajaran kimia, satu sumber menyediakan gagasan awal, sumber lain memberi legitimasi, pengulangan memperkuat, dan asesmen memberi penghargaan sehingga miskonsepsi menjadi stabil serta berkeyakinan tinggi. Pada tahap awal, peserta didik memilih petunjuk yang paling menonjol. Petunjuk itu dihubungkan dengan skema yang telah tersedia. Ketika hasilnya cukup berhasil untuk menjawab pertanyaan atau menjelaskan satu pengalaman, hubungan tersebut menjadi lebih mudah diaktifkan kembali. Pengulangan tanpa koreksi meningkatkan kelancaran pemrosesan, dan kelancaran sering keliru ditafsirkan sebagai kebenaran. (Smith et al., 1994; Koriati, 1997)

Penguatan dapat terjadi melalui empat jalur. Pertama, konsistensi internal: gagasan terasa cocok dengan asumsi lain yang telah dimiliki. Kedua, konsistensi sosial: teman, guru, buku, atau media menggunakan ungkapan serupa. Ketiga, keberhasilan instrumental: algoritma atau aturan menghasilkan jawaban yang dinilai benar. Keempat, ketiadaan anomali yang diproses secara sadar. Peserta didik mungkin telah melihat data yang tidak sesuai, tetapi menafsirkannya sebagai pengecualian atau kesalahan eksperimen. Jalur-jalur ini menjelaskan ketahanan miskonsepsi. (Smith et al., 1994; Duit & Treagust, 2003)

Hubungan antara sumber dan konsepsi juga dapat berubah sepanjang waktu. Sebuah penyederhanaan yang awalnya membantu dapat menjadi hambatan pada materi lanjutan. Sebaliknya, pengalaman yang semula menyesatkan dapat berfungsi sebagai titik awal diskusi ketika guru meminta prediksi, menghadirkan bukti pembandingan, dan membangun model yang lebih luas. Dengan demikian, persoalannya bukan hanya apakah sumber itu benar atau salah, melainkan bagaimana sumber tersebut diposisikan, dibatasi, dan direvisi dalam urutan belajar. (Taber, 2002a; Mortimer, 1995)

4.18.3 Indikator pada Respons Peserta Didik

Indikator yang paling berguna muncul ketika peserta didik diminta memprediksi dan memberikan alasan. Indikator pertama adalah konsistensi alasan. Respons yang sama muncul pada pertanyaan berbeda karena peserta didik menggunakan aturan inti yang sama. Indikator kedua adalah transfer yang salah: aturan yang benar pada satu konteks diterapkan pada konteks lain tanpa memeriksa syarat. Indikator ketiga adalah ketergantungan pada fitur permukaan. Perubahan angka, gambar, atau istilah dapat mengubah jawaban meskipun struktur kimianya tetap. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Indikator lain adalah tingkat keyakinan yang tidak sejalan dengan kualitas alasan. Peserta didik dapat sangat yakin karena jawaban terasa familiar, pernah memperoleh nilai, atau cocok dengan sumber yang dianggap otoritatif. Keadaan ini berbeda dari tebakan atau pengetahuan yang belum lengkap. Penggunaan tingkat keyakinan, alasan terbuka, dan tugas translasi

representasi membantu memisahkan miskonsepsi kuat dari ketidakpastian biasa. (Brandriet & Bretz, 2014; Koriati, 1997)

Guru juga perlu mengamati bahasa spontan, gambar, pilihan simbol, urutan langkah, dan tindakan selama praktikum. Konsepsi yang tidak tampak pada definisi sering muncul ketika peserta didik harus menjelaskan mengapa, memprediksi perubahan, atau membangun diagram partikel. Bukti terbaik biasanya berasal dari triangulasi: jawaban tertulis, wawancara singkat, representasi visual, dan kinerja pada kasus baru. (Gkitzia et al., 2020; Taber, 2002a)

4.18.4 Perbedaan dari Kesalahan Lain

Kesalahan aritmetika, salah baca satuan, kelalaian, atau keterbatasan kosakata dapat menghasilkan jawaban salah tanpa membentuk miskonsepsi. Karena itu, guru perlu menanyakan apakah peserta didik mempunyai hubungan konseptual alternatif yang digunakan secara konsisten. Kesalahan satu kali yang segera disadari setelah ditunjukkan berbeda dari gagasan yang dipertahankan melalui penjelasan dan contoh. Perbedaan ini menentukan jenis intervensi: latihan prosedural, dukungan bahasa, atau perubahan konseptual. (Nakhleh, 1992; Treagust, 1988)

Pengetahuan parsial juga tidak selalu merupakan miskonsepsi. Peserta didik mungkin mengetahui bahwa katalis mempercepat reaksi tetapi belum memahami jalur alternatif dan energi aktivasi. Keadaan tersebut menjadi miskonsepsi ketika ia menambahkan hubungan keliru, misalnya katalis menaikkan energi pereaksi atau mengubah tetapan kesetimbangan. Diagnosis harus mengidentifikasi apa yang benar, apa yang belum ada, dan apa yang secara aktif salah. (Taber, 2001b; Talanquer, 2015)

Dalam konteks interaksi antarsumber miskonsepsi, perbedaan tersebut makin penting karena satu respons dapat memiliki beberapa asal. Guru sebaiknya menelusuri kapan gagasan pertama kali digunakan, sumber apa yang dianggap meyakinkan, dan pada konteks mana gagasan berubah. Data itu memberi dasar untuk intervensi yang tepat sasaran dan mencegah tindakan umum seperti mengulang ceramah atau menambah soal tanpa memperbaiki penyebab. (Smith et al., 1994; Duit & Treagust, 2003)

4.18.5 Materi, Zat, dan Perubahan

Pada topik materi, zat, dan perubahan, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa materi tersusun atas partikel, identitas zat ditentukan oleh jenis dan susunan partikelnya, serta perubahan fisika perlu dibedakan dari perubahan kimia berdasarkan perubahan identitas kimia. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Smith et al., 1994; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan interaksi antarsumber miskonsepsi, masalah yang sering muncul ialah ketika pengalaman benda menghilang diperkuat bahasa “habis”, gambar tanpa gas, praktikum sistem terbuka, dan soal yang hanya menilai gejala. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Duit & Treagust, 2003; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Ke mana partikel air pergi ketika pakaian mengering, dan apakah jumlah materi benar-benar berkurang?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan massa sistem terbuka dan tertutup, menyusun diagram partikel sebelum-sesudah, serta membedakan bukti observasional dari inferensi tentang partikel. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Taber, 2002a; Taber, 2002a)

4.18.6 Struktur Atom dan Konfigurasi Elektron

Pada topik struktur atom dan konfigurasi elektron, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa model atom adalah representasi teoretis dengan domain berlaku tertentu; elektron tidak berada pada lintasan planet yang kaku, dan konfigurasi elektron berkaitan dengan keadaan energi serta probabilitas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Duit & Treagust, 2003; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan interaksi antarsumber miskonsepsi, masalah yang sering muncul ialah ketika model Bohr dalam buku dikuatkan penjelasan guru, animasi daring, dan asesmen

hafalan lintasan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Smith et al., 1994; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah elektron mempunyai lintasan pasti seperti planet, dan apa yang sebenarnya dinyatakan oleh orbital?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan beberapa model atom, menjelaskan fungsi dan batas setiap model, serta menggunakan peta perubahan model berdasarkan bukti eksperimen. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Mortimer, 1995; Meyer & Pietzner, 2022)

4.18.7 Sistem Periodik dan Periodisitas

Pada topik sistem periodik dan periodisitas, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penyarungan, dan jarak elektron; kecenderungan periodik bersifat pola dengan pengecualian yang harus dipahami secara kausal. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Taber, 2002a; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan interaksi antarsumber miskonsepsi, masalah yang sering muncul ialah ketika panah tren dari buku diperkuat algoritma, urutan kurikulum, dan soal pilihan ganda tanpa alasan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan,

metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Duit & Treagust, 2003; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Smith et al., 1994; Meyer & Pietzner, 2022)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Sifat periodik muncul dari konfigurasi elektron, muatan inti efektif, penyarungan, dan jarak elektron	Menggunakan data empiris, grafik, dan penjelasan muatan inti efektif untuk menilai pola sekaligus pengecualian
Miskonsepsi	Tren periodik dihafal sebagai arah panah mutlak, nomor periode dianggap jumlah elektron valensi, dan ukuran atom ditentukan hanya oleh jumlah kulit	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa jari-jari atom umumnya mengecil dari kiri ke kanan meskipun jumlah elektronnya bertambah?
Sumber	Panah tren dari buku diperkuat algoritma, urutan kurikulum, dan soal pilihan ganda tanpa alasan	Periksa peran interaksi antarsumber miskonsepsi bersama sumber penguat lain.

4.18.8 Ikatan Kimia, Struktur Zat, dan Gaya Antarmolekul

Pada topik ikatan kimia, struktur zat, dan gaya antarmolekul, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa ikatan dan gaya antarmolekul harus dibedakan; struktur zat ditentukan oleh distribusi elektron, interaksi elektrostatik, energi sistem, dan organisasi partikel pada berbagai skala. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Mortimer, 1995; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan interaksi antarsumber miskonsepsi, masalah yang sering muncul ialah ketika analogi tali, bahasa ingin stabil, model batang, dan definisi buku saling memperkuat miskonsepsi ikatan. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Taber, 2002a; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang diputus ketika air mendidih: ikatan O–H atau interaksi antarmolekul?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan struktur diskrit, kisi ionik, logam, dan jaringan kovalen sambil menghubungkan struktur dengan sifat. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Duit & Treagust, 2003; Taber, 2002a)

4.18.9 Mol, Stoikiometri, dan Persamaan Reaksi

Pada topik mol, stoikiometri, dan persamaan reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa mol adalah satuan jumlah zat yang menghubungkan entitas pada tingkat partikel dengan besaran makroskopik; koefisien reaksi menyatakan perbandingan jumlah entitas atau mol, bukan perbandingan massa secara langsung. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Smith et al., 1994; Gkitzia et al., 2020)

Dalam kaitannya dengan interaksi antarsumber miskonsepsi, masalah yang sering muncul ialah ketika kesenjangan rasio bertemu algoritma, latihan rutin, kalkulator daring, dan asesmen numerik. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Taber, 2002a; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa satu mol oksigen dan satu mol besi mengandung jumlah entitas yang sama tetapi bermassa berbeda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan persamaan reaksi, model partikel, tabel jumlah mol, dan alasan kuantitatif pada setiap langkah perhitungan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Taber, 2002a; Taber, 2002a)

4.18.10 Larutan, Konsentrasi, Kelarutan, dan Elektrolit

Pada topik larutan, konsentrasi, kelarutan, dan elektrolit, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel; konsentrasi berbeda dari kekuatan, kelarutan bergantung pada kondisi, dan konduktivitas memerlukan pembawa muatan yang dapat bergerak. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Duit & Treagust, 2003; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan interaksi antarsumber miskonsepsi, masalah yang sering muncul ialah ketika makna kata kuat-jenuh bertemu gambar tidak proporsional, praktikum dangkal, dan klaim media sosial. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Taber, 2002a; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Taber, 2002a; Gkitzia et al., 2011)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Pelarutan melibatkan dispersi dan interaksi partikel	Menggunakan diagram partikel, data kelarutan, pengukuran konduktivitas, dan perbandingan eksplisit antara kekuatan dengan konsentrasi
Miskonsepsi	Larutan jenuh dianggap tidak memiliki ruang, zat terlarut lenyap, asam kuat selalu pekat, dan semua senyawa ionik selalu menghantarkan listrik	Minta alasan atas pertanyaan: Mengapa padatan natrium klorida tidak menghantarkan listrik, sedangkan lelehan atau larutannya dapat menghantarkan?
Sumber	Makna kata kuat-jenuh bertemu gambar tidak proporsional, praktikum dangkal, dan klaim media sosial	Periksa peran interaksi antarsumber miskonsepsi bersama sumber penguat lain.

4.18.11 Termokimia dan Termodinamika

Pada topik termokimia dan termodinamika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa kalor adalah energi yang berpindah karena perbedaan suhu, suhu berkaitan dengan distribusi energi kinetik, dan spontanitas tidak identik dengan kecepatan reaksi. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Taber, 2002a; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan interaksi antarsumber miskonsepsi, masalah yang sering muncul ialah ketika bahasa panas bertemu rumus, diagram energi, pengalaman sensasi, dan asesmen tanda yang terpisah. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Mortimer, 1995; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Dapatkah proses endoterm berlangsung spontan, dan apakah spontan berarti terjadi seketika?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menetapkan sistem-lingkungan, menggambar diagram energi, membedakan aspek termodinamika dari kinetika, dan menafsirkan tanda besaran. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Taber, 2002a; Gkitzia et al., 2011)

4.18.12 Laju Reaksi dan Kinetika

Pada topik laju reaksi dan kinetika, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa laju reaksi ditentukan oleh mekanisme, frekuensi serta orientasi tumbukan efektif, distribusi energi, dan konsentrasi spesies yang terlibat dalam tahap elementer. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Mortimer, 1995; Talanquer, 2006)

Dalam kaitannya dengan interaksi antarsumber miskonsepsi, masalah yang sering muncul ialah ketika analogi tumbukan bertemu animasi sederhana, urutan tanpa mekanisme, dan soal kata kunci. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Mortimer, 1995; Vosniadou, 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa kenaikan suhu dapat meningkatkan laju jauh lebih besar daripada sekadar kenaikan kecepatan rata-rata partikel?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga

kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menghubungkan data laju, grafik distribusi energi, mekanisme reaksi, serta model tumbukan dengan asumsi yang dinyatakan. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Mortimer, 1995; Meyer & Pietzner, 2022)

4.18.13 Keseimbangan Kimia

Pada topik keseimbangan kimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa keseimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Smith et al., 1994; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan interaksi antarsumber miskonsepsi, masalah yang sering muncul ialah ketika makna seimbang bertemu analogi timbangan, slogan Le Chatelier, gambar dua sisi, dan praktikum warna. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Taber, 2002a; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan

tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Treagust, 1988)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis Q dan K . Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Smith et al., 1994; Gkitzia et al., 2011)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Kesetimbangan adalah keadaan dinamis dalam sistem ketika laju proses maju dan balik sama, sedangkan komposisi makroskopik tetap pada kondisi tertentu	Menggunakan simulasi partikel, grafik laju-waktu, data kuosien reaksi, dan eksperimen gangguan sistem dengan prediksi berbasis q dan k
Miskonsepsi	Reaksi berhenti pada kesetimbangan, konsentrasi pereaksi dan produk harus sama, dan katalis menggeser kesetimbangan	Minta alasan atas pertanyaan: Pada keadaan setimbang, apakah reaksi maju dan balik masih berlangsung dan apakah konsentrasinya harus sama?
Sumber	Makna seimbang bertemu analogi timbangan, slogan le chatelier, gambar dua sisi, dan praktikum warna	Periksa peran interaksi antarsumber miskonsepsi bersama sumber penguat lain.

4.18.14 Asam, Basa, dan pH

Pada topik asam, basa, dan pH, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa asam-basa bergantung pada kerangka teori dan pasangan reaksi; kekuatan berbeda dari konsentrasi, sedangkan pH berskala logaritmik dan bergantung pada kondisi larutan. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu

hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Duit & Treagust, 2003; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan interaksi antarsumber miskonsepsi, masalah yang sering muncul ialah ketika skala angka linier bertemu bahasa kuat, algoritma pH, contoh buku, dan klaim kesehatan daring. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Duit & Treagust, 2003; Smith et al., 1994)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apakah larutan asam lemah yang pekat dapat memiliki pH lebih rendah daripada larutan asam kuat yang sangat encer?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Brandriet & Bretz, 2014)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui membandingkan derajat ionisasi dan konsentrasi, menggunakan garis bilangan logaritmik, serta menguji berbagai pasangan asam-basa. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Mortimer, 1995; Gkitzia et al., 2011)

4.18.15 Redoks dan Elektrokimia

Pada topik redoks dan elektrokimia, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa oksidasi-reduksi melibatkan perubahan bilangan oksidasi dan transfer elektron secara konseptual; potensial sel adalah besaran intensif dan arah aliran elektron harus dibedakan dari arus konvensional. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Taber, 2002a; Johnstone, 2000)

Dalam kaitannya dengan interaksi antarsumber miskonsepsi, masalah yang sering muncul ialah ketika hafalan anoda-katoda bertemu diagram ambigu, kesalahan buku, praktikum resep, dan soal tanda. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Smith et al., 1994; Tümay, 2016)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Mengapa tanda anoda berbeda antara sel galvanik dan sel elektrolisis, tetapi oksidasi tetap terjadi di anoda?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melacak elektron, ion, muatan, dan perubahan bilangan oksidasi pada diagram sel yang diberi label lengkap. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Taber, 2002a; Meyer & Pietzner, 2022)

4.18.16 Kimia Organik dan Mekanisme Reaksi

Pada topik kimia organik dan mekanisme reaksi, landasan ilmiah yang harus dipertahankan adalah bahwa struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas; panah lengkung merepresentasikan perpindahan pasangan elektron, bukan gerak atom secara bebas. Landasan ini menuntut koordinasi antara pengamatan, model partikel, simbol, dan—pada sejumlah topik—hubungan kuantitatif. Peserta didik tidak cukup mengingat definisi. Mereka perlu dapat membedakan contoh dan noncontoh, menjelaskan syarat penerapan, menafsirkan representasi, serta memprediksi akibat perubahan kondisi. Ketika salah satu hubungan tersebut tidak terbentuk, jawaban prosedural yang benar dapat hidup berdampingan dengan model mental yang keliru. (Mortimer, 1995; Taber, 2001a)

Dalam kaitannya dengan interaksi antarsumber miskonsepsi, masalah yang sering muncul ialah ketika representasi organik bertemu bahasa antropomorfis, mekanisme algoritmik, model digital, dan urutan kurikulum. Bentuk ini masuk akal bagi peserta didik karena

mengurangi kompleksitas dan menyediakan penjelasan yang cepat. Namun, penjelasan tersebut memilih atribut yang tidak kritis atau mencampur tingkat representasi. Konsep yang seharusnya menjelaskan hubungan antarpartikel dan kondisi sistem kemudian digantikan oleh ciri permukaan, metafora, atau aturan lokal. Jika sumber yang sama muncul berulang dalam buku, penjelasan, tugas, atau media, konsepsi menjadi semakin stabil. (Mortimer, 1995; Duit & Treagust, 2003)

Diagnosis dapat dimulai dengan pertanyaan: “Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?” Jawaban sebaiknya diminta bersama alasan, gambar, atau prediksi terhadap variasi kondisi. Guru perlu melihat apakah peserta didik membedakan fenomena makroskopik dari model, menjaga kekekalan materi dan muatan, menggunakan satuan secara bermakna, serta menyatakan asumsi. Pertanyaan lanjutan dapat mengubah konteks tanpa mengubah konsep inti. Apabila alasan tetap sama pada berbagai bentuk soal, terdapat indikasi bahwa konsepsi telah terorganisasi dan bukan sekadar kelalaian. (Hasan et al., 1999)

Pencegahan dan remediasi dapat dilakukan melalui melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur. Kegiatan harus disertai diskusi eksplisit tentang mengapa suatu representasi digunakan, bagian mana yang tidak literal, serta hubungan apa yang harus tetap benar. Peserta didik perlu membandingkan prediksi awal dengan data, menjelaskan ketidaksesuaian, dan menyusun kembali modelnya. Pada akhir kegiatan, guru dapat meminta ringkasan dalam beberapa bentuk—teks, diagram partikel, persamaan, grafik, atau perhitungan—untuk memastikan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada satu format jawaban. (Mortimer, 1995; Taber, 2002a)

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Konsep inti	Struktur, distribusi elektron, gugus fungsi, stereokimia, dan mekanisme menentukan reaktivitas	Melatih pembacaan multirepresentasi, penelusuran elektron, perbandingan isomer, dan penjelasan mekanisme berbasis struktur
Miskonsepsi	Rumus struktur dianggap gambar geometris literal, panah mekanisme menunjukkan atom berpindah mengikuti panah, dan semua isomer dianggap memiliki sifat yang sama	Minta alasan atas pertanyaan: Apa yang berpindah ketika panah lengkung digambar dari pasangan elektron bebas menuju pusat elektrofilik?

Fokus	Indikator Diagnostik	Tindakan Pembelajaran
Sumber	Representasi organik bertemu bahasa antropomorfis, mekanisme algoritmik, model digital, dan urutan kurikulum	Periksa peran interaksi antarsumber miskonsepsi bersama sumber penguat lain.

4.18.17 Strategi Diagnosis Berbasis Bukti

Guru perlu membedakan antara kekurangan informasi dan miskonsepsi yang telah terstruktur. Untuk sumber interaksi antarsumber miskonsepsi, diagnosis sebaiknya dimulai dengan peta hipotesis: gagasan apa yang mungkin dimiliki, bukti respons apa yang mendukungnya, dan sumber mana yang mungkin berperan. Peta ini mencegah guru mencari satu kesalahan yang telah diperkirakan sebelumnya. Instrumen dapat menggabungkan pilihan jawaban, alasan, tingkat keyakinan, gambar, tugas prediksi, dan wawancara singkat. (Treagust, 1988; Hasan et al., 1999)

Butir diagnostik perlu menghindari petunjuk bahasa yang terlalu jelas dan harus menilai konsep pada lebih dari satu konteks. Soal numerik dapat dipasangkan dengan soal konseptual yang mempunyai struktur sama. Diagram dapat diminta diterjemahkan ke dalam persamaan dan penjelasan verbal. Dalam praktikum, peserta didik diminta membedakan apa yang diamati, apa yang dihitung, dan apa yang diinferensikan. Kombinasi tersebut mengungkap konsistensi model mental. (Brandriet & Bretz, 2014; Gkitzia et al., 2020)

Hasil diagnosis tidak berhenti pada persentase jawaban salah. Guru perlu mengelompokkan pola alasan, memeriksa konsep prasyarat, serta menelusuri bahan ajar dan praktik yang mungkin menguatkannya. Tindak lanjut dilakukan melalui konferensi singkat, diskusi kelas, revisi bahan, dan asesmen ulang. Dengan cara ini, diagnosis berfungsi sebagai bagian dari desain pembelajaran, bukan sekadar pelabelan peserta didik. (Taber, 2002a; Duit & Treagust, 2003)

4.18.18 Strategi Pencegahan dalam Perencanaan Pembelajaran

Pencegahan perlu dimulai sebelum aturan atau model disajikan sebagai bentuk jadi. Guru perlu melakukan analisis konsep sebelum memilih contoh, analogi, gambar, rumus, dan kegiatan. Analisis mencakup atribut kritis, noncontoh, prasyarat, representasi, kemungkinan salah tafsir, serta batas model. Pada sumber interaksi antarsumber miskonsepsi, perhatian khusus diberikan pada melakukan diagnosis sistemik, memetakan rantai sumber-proses-gejala, mengoordinasikan guru-bahan-asesmen, dan merancang intervensi multirepresentasional serta berulang. Pencegahan harus tampak dalam tujuan, urutan, aktivitas, dan asesmen. (Smith et al., 1994; Duit & Treagust, 2003)

Desain pembelajaran yang kuat menghubungkan tiga lapisan. Lapisan pertama adalah fenomena atau data yang memberi alasan untuk belajar. Lapisan kedua adalah model yang menjelaskan fenomena. Lapisan ketiga adalah simbol dan perhitungan yang memadatkan hubungan. Perpindahan antar lapisan tidak boleh diasumsikan terjadi otomatis. Guru perlu memodelkan proses penerjemahan, menanyakan makna setiap simbol, dan menilai konsistensi penjelasan. (Johnstone, 2000; Gkitzia et al., 2020)

Pencegahan juga memerlukan pengelolaan bahasa dan metakognisi. Peserta didik diberi kesempatan menandai kata bermakna ganda, menyatakan tingkat keyakinan, dan menuliskan perubahan pemahaman. Guru dapat menggunakan kalimat seperti “model ini berguna untuk menjelaskan..., tetapi tidak menunjukkan...”. Kebiasaan tersebut membangun kewaspadaan epistemik dan mengurangi kecenderungan memperlakukan model, analogi, atau aturan sebagai realitas harfiah. (Koriat, 1997; Meyer & Pietzner, 2022)

4.18.19 Strategi Remediasi dan Perubahan Konseptual

Remediasi dimulai dengan mengakui bahwa konsepsi awal memiliki alasan bagi peserta didik. Guru tidak cukup menyatakan “itu salah”, melainkan meminta peserta didik mengartikulasikan prediksi dan dasar pikirnya. Setelah itu disajikan kasus yang membedakan daya jelas konsepsi awal dan model ilmiah. Anomali harus dapat dipahami, relevan, dan diikuti penjelasan alternatif; jika tidak, peserta didik dapat mengabaikannya sebagai pengecualian. (Vosniadou, 1994; Duit & Treagust, 2003)

Tahap berikutnya adalah rekonstruksi. Peserta didik menyusun model baru melalui contoh beragam, noncontoh, peta konsep, dan translasi representasi. Guru menekankan hubungan yang berubah, bukan hanya jawaban. Pada sumber interaksi antarsumber miskonsepsi, rekonstruksi harus sekaligus memperbaiki sumber penguat—misalnya istilah, gambar, lembar kerja, atau pola asesmen. Tanpa perubahan lingkungan belajar, konsepsi lama mudah kembali aktif. (Smith et al., 1994; Mortimer, 1995)

Tahap terakhir adalah konsolidasi dan transfer. Peserta didik menggunakan konsep pada situasi baru, menjelaskan batasnya, membandingkan dengan konsep berdekatan, dan mengevaluasi informasi dari sumber lain. Asesmen ulang dilakukan setelah jeda untuk melihat ketahanan perubahan. Remediasi dinilai berhasil apabila peserta didik tidak hanya memilih jawaban ilmiah, tetapi dapat memberikan alasan yang konsisten dan menilai kewajaran representasi serta hasil. (Taber, 2002a; Treagust, 1988)

4.18.20 Sintesis Subbab

Sumber interaksi antarsumber miskonsepsi berkontribusi terhadap miskonsepsi melalui mekanisme berikut: satu sumber menyediakan gagasan awal, sumber lain memberi legitimasi, pengulangan memperkuat, dan asesmen memberi penghargaan sehingga miskonsepsi menjadi stabil serta berkeyakinan tinggi. Pengaruhnya terlihat pada seluruh domain kimia, tetapi bentuk konkret berbeda menurut tingkat representasi, prasyarat, dan aktivitas. Karena itu, guru harus menghindari kesimpulan bahwa satu strategi dapat

memperbaiki semua miskonsepsi. Intervensi perlu mempertimbangkan isi konsep dan sumber yang menguatkannya. (Smith et al., 1994; Duit & Treagust, 2003; Taber, 2002a; Mortimer, 1995)

Inti diagnosis adalah membedakan gejala, konsepsi, dan sumber. Gejala merupakan respons yang tampak; konsepsi adalah hubungan makna yang digunakan; sumber adalah kondisi yang membentuk atau menguatkan hubungan tersebut. Pembedaan ini memungkinkan tindakan yang presisi. Jawaban salah akibat ketidaktelitian tidak memerlukan konflik konseptual, sedangkan miskonsepsi berkeyakinan tinggi tidak cukup diatasi dengan latihan tambahan. (Hasan et al., 1999; Brandriet & Bretz, 2014)

Implikasi utamanya adalah melakukan diagnosis sistemik, memetakan rantai sumber-proses-gejala, mengoordinasikan guru-bahan-asesmen, dan merancang intervensi multirepresentasional serta berulang. Pencegahan terbaik bukan menghilangkan seluruh penyederhanaan, pengalaman, atau media, melainkan mengelolanya secara epistemik: tujuan dinyatakan, batas dibahas, hubungan antarrepresentasi dibangun, dan bukti digunakan untuk mengevaluasi model. Prinsip ini menjadi jembatan menuju subbab berikutnya, karena sumber miskonsepsi selalu berinteraksi dengan sumber lain dalam ekosistem pembelajaran. (Taber, 2001b; Duit & Treagust, 2003)

4.18.21 Checklist Audit Sumber

Checklist berikut digunakan untuk menilai apakah interaksi antarsumber miskonsepsi berpotensi membentuk atau menguatkan miskonsepsi. Setiap butir sebaiknya dijawab berdasarkan bukti konkret dari materi, rekaman pembelajaran, respons peserta didik, atau hasil asesmen. Jawaban “ya” bukan vonis bahwa miskonsepsi pasti terjadi, tetapi penanda perlunya pemeriksaan lebih lanjut. (Smith et al., 1994; Duit & Treagust, 2003)

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
1	Apakah interaksi antarsumber miskonsepsi menggunakan istilah, model, atau aturan tanpa menjelaskan batas dan syarat?	☐
2	Apakah hubungan antara fenomena, partikel, simbol, grafik, dan perhitungan dinyatakan secara eksplisit?	☐
3	Apakah contoh dan noncontoh cukup bervariasi untuk memperjelas atribut kritis?	☐
4	Apakah peserta didik diminta memberikan alasan, bukan hanya jawaban atau hasil hitung?	☐

No.	Pertanyaan Audit	Ya/Tidak
5	Apakah terdapat peluang untuk membandingkan prediksi dengan bukti dan merevisi model?	☐
6	Apakah konsep prasyarat diperiksa sebelum materi lanjutan diperkenalkan?	☐
7	Apakah bahasa atau visual berpotensi dibaca secara literal atau antropomorfis?	☐
8	Apakah asesmen memberi penghargaan pada pemahaman, translasi representasi, dan transfer?	☐
9	Apakah sumber lain—buku, media, praktikum, atau teman—mengulang gagasan yang sama?	☐
10	Apakah perubahan pemahaman diperiksa kembali setelah jeda dan pada konteks baru?	☐

4.19 Kerangka Sistemik Pencegahan Miskonsepsi

4.19.1 Pemetaan Sumber–Proses–Konsepsi–Gejala

Pencegahan miskonsepsi yang komprehensif dapat dimulai dari rantai analitis sumber–proses–konsepsi–gejala. Sumber menunjuk lingkungan atau pengalaman yang menyediakan informasi; proses menunjuk cara informasi dipilih, ditafsirkan, dan diintegrasikan; konsepsi menunjuk struktur pemahaman internal; sedangkan gejala menunjuk respons yang dapat diamati. Rantai ini membantu guru menghindari tindakan yang hanya menyasar jawaban. Kesalahan pada gejala perlu ditelusuri ke konsepsi dan sumber, sementara intervensi diuji melalui perubahan alasan dan transfer. (Smith et al., 1994; Taber, 2002a)

Pelaksanaan kerangka tersebut memerlukan data yang dapat ditelusuri. Guru mencatat bentuk soal, alasan peserta didik, tingkat keyakinan, sumber materi, dan respons setelah intervensi. Data tidak harus rumit, tetapi harus cukup untuk membedakan perubahan sementara dari restrukturisasi konsep. Pada topik yang berulang—misalnya partikel materi, energi, kesetimbangan, dan struktur–sifat—catatan lintas jenjang sangat bernilai karena menunjukkan apakah kurikulum memperluas konsep atau hanya mengulang definisi. (Brandriet & Bretz, 2014; Sevan & Talanquer, 2014)

Keberhasilan juga bergantung pada budaya kelas yang aman untuk mengungkap gagasan awal. Peserta didik tidak akan menjelaskan model mentalnya apabila setiap jawaban salah segera dipermalukan atau diberi hukuman nilai. Diskusi harus memisahkan evaluasi gagasan dari evaluasi pribadi. Guru dapat memperlakukan jawaban sebagai hipotesis yang diuji

melalui bukti, sehingga konflik konseptual menjadi kegiatan ilmiah dan bukan pengalaman defensif. (Driver et al., 1994; Mortimer, 1995)

4.19.2 Audit Keselarasan Pembelajaran

Audit keselarasan memeriksa apakah tujuan konseptual diwujudkan dalam aktivitas dan benar-benar dinilai. Jika tujuan menyebut kemampuan menjelaskan struktur–sifat, tetapi pembelajaran hanya memberi ceramah dan asesmen hanya menilai hitungan, lingkungan belajar akan mendorong strategi permukaan. Audit juga menilai konsistensi istilah, representasi, contoh, prasyarat, dan urutan. Hasil audit digunakan untuk memperbaiki unit pembelajaran sebelum miskonsepsi berulang pada angkatan berikutnya. (Johnstone, 2000; Elmas et al., 2020)

Pelaksanaan kerangka tersebut memerlukan data yang dapat ditelusuri. Guru mencatat bentuk soal, alasan peserta didik, tingkat keyakinan, sumber materi, dan respons setelah intervensi. Data tidak harus rumit, tetapi harus cukup untuk membedakan perubahan sementara dari restrukturisasi konsep. Pada topik yang berulang—misalnya partikel materi, energi, kesetimbangan, dan struktur–sifat—catatan lintas jenjang sangat bernilai karena menunjukkan apakah kurikulum memperluas konsep atau hanya mengulang definisi. (Brandriet & Bretz, 2014; Sevia & Talanquer, 2014)

Keberhasilan juga bergantung pada budaya kelas yang aman untuk mengungkap gagasan awal. Peserta didik tidak akan menjelaskan model mentalnya apabila setiap jawaban salah segera dipermalukan atau diberi hukuman nilai. Diskusi harus memisahkan evaluasi gagasan dari evaluasi pribadi. Guru dapat memperlakukan jawaban sebagai hipotesis yang diuji melalui bukti, sehingga konflik konseptual menjadi kegiatan ilmiah dan bukan pengalaman defensif. (Driver et al., 1994; Mortimer, 1995)

4.19.3 Kolaborasi Guru, Penulis, dan Pengembang Media

Sumber miskonsepsi sering melintasi batas peran. Guru menggunakan buku, buku mengadopsi diagram, media menyalin definisi, dan asesmen mengambil pola soal yang sama. Karena itu, perbaikan memerlukan kolaborasi. Penulis perlu menguji keterbacaan dan akurasi representasi; guru perlu memberi umpan balik berbasis respons peserta didik; pengembang media perlu menyatakan asumsi dan batas simulasi; penyusun asesmen perlu menilai alasan. Kolaborasi ini membentuk siklus kendali mutu pendidikan kimia. (Gkitzia et al., 2011; Meyer & Pietzner, 2022)

Pelaksanaan kerangka tersebut memerlukan data yang dapat ditelusuri. Guru mencatat bentuk soal, alasan peserta didik, tingkat keyakinan, sumber materi, dan respons setelah intervensi. Data tidak harus rumit, tetapi harus cukup untuk membedakan perubahan sementara dari restrukturisasi konsep. Pada topik yang berulang—misalnya partikel materi, energi, kesetimbangan, dan struktur–sifat—catatan lintas jenjang sangat bernilai karena menunjukkan apakah kurikulum memperluas konsep atau hanya mengulang definisi. (Brandriet & Bretz, 2014; Sevia & Talanquer, 2014)

Keberhasilan juga bergantung pada budaya kelas yang aman untuk mengungkapkan gagasan awal. Peserta didik tidak akan menjelaskan model mentalnya apabila setiap jawaban salah segera dipermalukan atau diberi hukuman nilai. Diskusi harus memisahkan evaluasi gagasan dari evaluasi pribadi. Guru dapat memperlakukan jawaban sebagai hipotesis yang diuji melalui bukti, sehingga konflik konseptual menjadi kegiatan ilmiah dan bukan pengalaman defensif. (Driver et al., 1994; Mortimer, 1995)

4.19.4 Literasi Epistemik Peserta Didik

Tujuan jangka panjang bukan sekadar menghafal daftar miskonsepsi, melainkan membangun literasi epistemik. Peserta didik perlu mengetahui bahwa model dipilih untuk tujuan tertentu, istilah mempunyai definisi dan konteks, data memerlukan interpretasi, serta klaim harus dinilai dari bukti dan sumber. Literasi ini membuat peserta didik lebih tahan terhadap kesalahan buku, media, atau penjelasan. Mereka mampu menanyakan apa yang direpresentasikan, apa yang diabaikan, syarat apa yang berlaku, dan bukti apa yang mendukung. (IUPAC, 2025; Wineburg & McGrew, 2017)

Pelaksanaan kerangka tersebut memerlukan data yang dapat ditelusuri. Guru mencatat bentuk soal, alasan peserta didik, tingkat keyakinan, sumber materi, dan respons setelah intervensi. Data tidak harus rumit, tetapi harus cukup untuk membedakan perubahan sementara dari restrukturisasi konsep. Pada topik yang berulang—misalnya partikel materi, energi, kesetimbangan, dan struktur—sifat—catatan lintas jenjang sangat bernilai karena menunjukkan apakah kurikulum memperluas konsep atau hanya mengulang definisi. (Brandriet & Bretz, 2014; Sevia & Talanquer, 2014)

Keberhasilan juga bergantung pada budaya kelas yang aman untuk mengungkapkan gagasan awal. Peserta didik tidak akan menjelaskan model mentalnya apabila setiap jawaban salah segera dipermalukan atau diberi hukuman nilai. Diskusi harus memisahkan evaluasi gagasan dari evaluasi pribadi. Guru dapat memperlakukan jawaban sebagai hipotesis yang diuji melalui bukti, sehingga konflik konseptual menjadi kegiatan ilmiah dan bukan pengalaman defensif. (Driver et al., 1994; Mortimer, 1995)

4.19.5 Program Sekolah untuk Pencegahan Berkelanjutan

Pada tingkat sekolah atau program studi, pencegahan dapat diwujudkan melalui bank diagnostik, glosarium terminologi, panduan penggunaan model dan analogi, audit bahan ajar, forum lesson study, serta dokumentasi miskonsepsi lokal. Data hasil asesmen dikumpulkan lintas kelas dan tahun untuk melihat pola. Program semacam ini mengubah miskonsepsi dari masalah individual menjadi indikator mutu kurikulum dan pembelajaran. Tindak lanjut dilakukan secara siklik: diagnosis, analisis sumber, revisi, implementasi, dan evaluasi ulang. (Treagust, 1988; Duit & Treagust, 2003)

Pelaksanaan kerangka tersebut memerlukan data yang dapat ditelusuri. Guru mencatat bentuk soal, alasan peserta didik, tingkat keyakinan, sumber materi, dan respons setelah intervensi. Data tidak harus rumit, tetapi harus cukup untuk membedakan perubahan

sementara dari restrukturisasi konsep. Pada topik yang berulang—misalnya partikel materi, energi, kesetimbangan, dan struktur—sifat—catatan lintas jenjang sangat bernilai karena menunjukkan apakah kurikulum memperluas konsep atau hanya mengulang definisi. (Brandriet & Bretz, 2014; Sevia & Talanquer, 2014)

Keberhasilan juga bergantung pada budaya kelas yang aman untuk mengungkapkan gagasan awal. Peserta didik tidak akan menjelaskan model mentalnya apabila setiap jawaban salah segera dipermalukan atau diberi hukuman nilai. Diskusi harus memisahkan evaluasi gagasan dari evaluasi pribadi. Guru dapat memperlakukan jawaban sebagai hipotesis yang diuji melalui bukti, sehingga konflik konseptual menjadi kegiatan ilmiah dan bukan pengalaman defensif. (Driver et al., 1994; Mortimer, 1995)

4.20 Penutup Bab

Miskonsepsi kimia merupakan hasil interaksi antara struktur pengetahuan peserta didik dan lingkungan belajar. Pengalaman, bahasa, guru, bahan ajar, visual, analogi, praktikum, algoritma, penyederhanaan, istilah, media digital, media sosial, terjemahan, prasyarat, faktor kognitif, kurikulum, dan asesmen dapat berfungsi sebagai sumber. Tidak satu pun sumber bekerja secara identik pada semua peserta didik; pengaruhnya dimediasi oleh konteks, pengetahuan awal, dan kesempatan memperoleh umpan balik. (Taber, 2002a; Talanquer, 2006; Duit & Treagust, 2003)

Analisis yang efektif membedakan sumber, proses, konsepsi, dan gejala. Jawaban salah hanya merupakan pintu masuk. Guru perlu menelusuri alasan, representasi, konsistensi, dan keyakinan, kemudian memeriksa sumber yang mungkin membentuk atau menguatkannya. Pendekatan ini menghasilkan intervensi yang lebih presisi daripada mengulang penjelasan atau menambah latihan rutin. (Taber, 2002a; Talanquer, 2006; Duit & Treagust, 2003)

Pencegahan berpusat pada kejelasan konsep dan kualitas hubungan. Istilah perlu dibatasi, model perlu diberi status dan keterbatasan, analogi perlu dipetakan, praktikum perlu terhubung dengan pertanyaan dan model, rumus perlu diberi makna, serta asesmen perlu mengungkapkan alasan. Representasi makroskopik, submikroskopik, dan simbolik harus diterjemahkan secara eksplisit. (Taber, 2002a; Talanquer, 2006; Duit & Treagust, 2003)

Remediasi memerlukan rekonstruksi, bukan penghapusan mekanis. Peserta didik perlu mengartikulasikan gagasan awal, menghadapi bukti yang relevan, memahami model alternatif, dan menggunakan konsep baru pada situasi beragam. Lingkungan belajar yang sebelumnya menguatkan miskonsepsi juga harus diperbaiki. Tanpa perubahan sumber, konsepsi lama mudah kembali aktif. (Taber, 2002a; Talanquer, 2006; Duit & Treagust, 2003)

Bab ini menyediakan dasar untuk pembahasan diagnosis dan intervensi pada bab-bab berikutnya. Dengan memahami asal dan interaksi sumber, guru dapat merancang pembelajaran kimia yang tidak hanya menghasilkan jawaban benar, tetapi juga penalaran yang koheren, representasional, dan dapat ditransfer. Inilah inti pembelajaran konseptual: peserta didik mampu menjelaskan apa yang terjadi, mengapa terjadi, bagaimana

direpresentasikan, dan dalam kondisi apa penjelasan tersebut berlaku. (Taber, 2002a; Talanquer, 2006; Duit & Treagust, 2003)

Daftar Pustaka Bab 4

Ausubel, D. P. (1968). Educational psychology: A cognitive view. Holt, Rinehart and Winston.
<https://archive.org/details/educationalpsych00ausu>

Barke, H.-D., Hazari, A., & Yitbarek, S. (2009). Misconceptions in chemistry: Addressing perceptions in chemical education. Springer. doi: 10.1007/978-3-540-70989-3.
<https://doi.org/10.1007/978-3-540-70989-3>

Brandriet, A. R., & Bretz, S. L. (2014). Measuring meta-ignorance through the lens of confidence: Examining students' redox misconceptions about oxidation numbers, charge, and electron transfer. Chemistry Education Research and Practice, 15(4), 729–746. doi: 10.1039/C4RP00129J. <https://doi.org/10.1039/C4RP00129J>

Bruner, J. S. (1960). The process of education. Harvard University Press.
<https://www.hup.harvard.edu/books/9780674710016>

Chi, M. T. H. (2005). Commonsense conceptions of emergent processes: Why some misconceptions are robust. The Journal of the Learning Sciences, 14(2), 161–199. doi: 10.1207/s15327809jls1402_1. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1402_1

Chou, W.-Y. S., Oh, A., & Klein, W. M. P. (2018). Addressing health-related misinformation on social media. JAMA, 320(23), 2417–2418. doi: 10.1001/jama.2018.16865.
<https://doi.org/10.1001/jama.2018.16865>

Cooper, M. M., Underwood, S. M., Hilley, C. Z., & Klymkowsky, M. W. (2012). Development and assessment of a molecular structure and properties learning progression. Journal of Chemical Education, 89(11), 1351–1357. doi: 10.1021/ed200953a.
<https://doi.org/10.1021/ed200953a>

Cracolice, M. S., Deming, J. C., & Ehlert, B. (2008). Concept learning versus problem solving: A cognitive difference. Journal of Chemical Education, 85(6), 873–878. doi: 10.1021/ed085p873. <https://doi.org/10.1021/ed085p873>

Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Scott, P., & Mortimer, E. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. Educational Researcher, 23(7), 5–12. doi: 10.3102/0013189X023007005. <https://doi.org/10.3102/0013189X023007005>

Driver, R., & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. Studies in Science Education, 5(1), 61–84. doi: 10.1080/03057267808559857. <https://doi.org/10.1080/03057267808559857>

Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. Science Education, 75(6), 649–672. doi: 10.1002/sce.3730750606. <https://doi.org/10.1002/sce.3730750606>

Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671–688. doi: 10.1080/09500690305016. <https://doi.org/10.1080/09500690305016>

Elmas, R., Rusek, M., Lindell, A., Nieminen, P., Kasapoğlu, K., & Bílek, M. (2020). The intellectual demands of the intended chemistry curriculum in Czechia, Finland, and Turkey: A comparative analysis based on the Revised Bloom's taxonomy. *Chemistry Education Research and Practice*, 21, 839–851. doi: 10.1039/C9RP00184J. <https://doi.org/10.1039/C9RP00184J>

Fichtner, B., & Groß, K. (2025). What beliefs do chemistry teachers have about instructional explanations? An exploratory investigation. *Chemistry Education Research and Practice*, 26, 660–681. doi: 10.1039/D4RP00341A. <https://doi.org/10.1039/D4RP00341A>

Gabel, D. L., Samuel, K. V., & Hunn, D. (1987). Understanding the particulate nature of matter. *Journal of Chemical Education*, 64(8), 695–697. doi: 10.1021/ed064p695. <https://doi.org/10.1021/ed064p695>

Gkitzia, V., Salta, K., & Tzougraki, C. (2011). Development and application of suitable criteria for the evaluation of chemical representations in school textbooks. *Chemistry Education Research and Practice*, 12, 5–14. doi: 10.1039/C1RP90003J. <https://doi.org/10.1039/C1RP90003J>

Gkitzia, V., Salta, K., & Tzougraki, C. (2020). Students' competence in translating between different types of chemical representations. *Chemistry Education Research and Practice*, 21, 307–330. doi: 10.1039/C8RP00301G. <https://doi.org/10.1039/C8RP00301G>

Goodwin, A. (2002). Teachers' continuing learning of chemistry: Some implications for science teaching. *Chemistry Education Research and Practice*, 3(3), 345–359. doi: 10.1039/B2RP90026B. <https://doi.org/10.1039/B2RP90026B>

Hasan, S., Bagayoko, D., & Kelley, E. L. (1999). Misconceptions and the certainty of response index (CRI). *Physics Education*, 34(5), 294–299. doi: 10.1088/0031-9120/34/5/304. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/34/5/304>

Hofstein, A., & Mamlok-Naaman, R. (2007). The laboratory in science education: The state of the art. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 105–107. doi: 10.1039/B7RP90003A. <https://doi.org/10.1039/B7RP90003A>

International Union of Pure and Applied Chemistry. (2025). *Compendium of Chemical Terminology (the "Gold Book")*, 5th ed., online version 5.0.0. doi: 10.1351/goldbook. <https://goldbook.iupac.org/>

Johnstone, A. H., & Selepeng, D. (2001). A language problem revisited. *Chemistry Education Research and Practice*, 2(1), 19–29. doi: 10.1039/B0RP90028A. <https://doi.org/10.1039/B0RP90028A>

Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry—Logical or psychological? *Chemistry Education Research and Practice*, 1(1), 9–15. doi: 10.1039/A9RP90001B. <https://doi.org/10.1039/A9RP90001B>

Keiner, L., & Graulich, N. (2021). Beyond the beaker: Students' use of a scaffold to connect observations with the particle level in the organic chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 22, 146–163. doi: 10.1039/D0RP00165B. <https://doi.org/10.1039/D0RP00165B>

Koriat, A. (1997). Monitoring one's own knowledge during study: A cue-utilization approach to judgments of learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 126(4), 349–370. doi: 10.1037/0096-3445.126.4.349. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.126.4.349>

Lewandowsky, S., Ecker, U. K. H., Seifert, C. M., Schwarz, N., & Cook, J. (2012). Misinformation and its correction: Continued influence and successful debiasing. *Psychological Science in the Public Interest*, 13(3), 106–131. doi: 10.1177/1529100612451018. <https://doi.org/10.1177/1529100612451018>

Liu, Y., & Taber, K. S. (2016). Analysing symbolic expressions in secondary school chemistry: Their functions and implications for pedagogy. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(3), 439–451. doi: 10.1039/C6RP00013D. <https://doi.org/10.1039/C6RP00013D>

Lo, C.-W. T., & Greenberg, S. (2026). Lowering the activation barrier to create a constructively aligned undergraduate chemistry laboratory experience—A review of innovations in assessments and course design. *Chemistry Education Research and Practice*, 27, 13–30. doi: 10.1039/D5RP00050E. <https://doi.org/10.1039/D5RP00050E>

Markic, S., & Childs, P. E. (2016). Language and the teaching and learning of chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(3), 434–438. doi: 10.1039/C6RP90006B. <https://doi.org/10.1039/C6RP90006B>

Metzger, M. J., & Flanagin, A. J. (2013). Credibility and trust of information in online environments: The use of cognitive heuristics. *Journal of Pragmatics*, 59, 210–220. doi: 10.1016/j.pragma.2013.07.012. <https://doi.org/10.1016/j.pragma.2013.07.012>

Meyer, D., & Pietzner, V. (2022). Reading textual and non-textual explanations in chemistry texts and textbooks—A review. *Chemistry Education Research and Practice*, 23, 768–785. doi: 10.1039/D2RP00162D. <https://doi.org/10.1039/D2RP00162D>

Mortimer, E. F. (1995). Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, 4(3), 267–285. doi: 10.1007/BF00486624. <https://doi.org/10.1007/BF00486624>

Nakhleh, M. B. (1992). Why some students do not learn chemistry: Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 191. doi: 10.1021/ed069p191. <https://doi.org/10.1021/ed069p191>

Nurrenbern, S. C., & Pickering, M. (1987). Concept learning versus problem solving: Is there a difference? *Journal of Chemical Education*, 64(6), 508–510. doi: 10.1021/ed064p508. <https://doi.org/10.1021/ed064p508>

Nyachwaya, J. M., & Wood, N. B. (2014). Evaluation of chemical representations in physical chemistry textbooks. *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 720–728. doi: 10.1039/C4RP00113C. <https://doi.org/10.1039/C4RP00113C>

Orgill, M., & Bodner, G. M. (2004). What research tells us about using analogies to teach chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 5, 15–32. doi: 10.1039/B3RP90028B. <https://doi.org/10.1039/B3RP90028B>

Pasi, G., & Viviani, M. (2020). Information credibility in the social web: Contexts, approaches, and open issues. arXiv:2001.09473. <https://arxiv.org/abs/2001.09473>

Pedrosa, M. A., & Dias, M. H. (2000). Chemistry textbook approaches to chemical equilibrium and student alternative conceptions. *Chemistry Education Research and Practice*, 1(2), 227–236. doi: 10.1039/A9RP90024A. <https://doi.org/10.1039/A9RP90024A>

Pickering, M. (1990). Further studies on concept learning versus problem solving. *Journal of Chemical Education*, 67(3), 254–255. doi: 10.1021/ed067p254. <https://doi.org/10.1021/ed067p254>

Pyburn, D. T., Pazicni, S., Benassi, V. A., & Tappin, E. E. (2013). Assessing the relation between language comprehension and performance in general chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 14, 524–541. doi: 10.1039/C3RP00014A. <https://doi.org/10.1039/C3RP00014A>

Raviolo, A., & Garritz, A. (2009). Analogies in the teaching of chemical equilibrium: A synthesis/analysis of the literature. *Chemistry Education Research and Practice*, 10, 5–13. doi: 10.1039/B901455C. <https://doi.org/10.1039/B901455C>

Reid, N., & Shah, I. (2007). The role of laboratory work in university chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 172–185. doi: 10.1039/B5RP90026C. <https://doi.org/10.1039/B5RP90026C>

Rosenthal, D. P., & Sanger, M. J. (2012). Student misinterpretations and misconceptions based on their explanations of two computer animations of varying complexity depicting the same oxidation–reduction reaction. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(4), 471–483. doi: 10.1039/C2RP20048A. <https://doi.org/10.1039/C2RP20048A>

Sanger, M. J., & Greenbowe, T. J. (1999). An analysis of college chemistry textbooks as sources of misconceptions and errors in electrochemistry. *Journal of Chemical Education*, 76(6), 853–860. doi: 10.1021/ed076p853. <https://doi.org/10.1021/ed076p853>

Sawrey, B. A. (1990). Concept learning versus problem solving: Revisited. *Journal of Chemical Education*, 67(3), 253–254. doi: 10.1021/ed067p253. <https://doi.org/10.1021/ed067p253>

Sevian, H., & Talanquer, V. (2014). Rethinking chemistry: A learning progression on chemical thinking. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(1), 10–23. doi: 10.1039/C3RP00111C. <https://doi.org/10.1039/C3RP00111C>

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. doi: 10.3102/0013189X015002004. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>

Smith, J. P., III, diSessa, A. A., & Roschelle, J. (1994). Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition. *The Journal of the Learning Sciences*, 3(2), 115–163. doi: 10.1207/s15327809jls0302_1. https://doi.org/10.1207/s15327809jls0302_1

Song, Y., & Carheden, S. (2014). Dual meaning vocabulary (DMV), words in learning chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(2), 128–141. doi: 10.1039/C3RP00128H. <https://doi.org/10.1039/C3RP00128H>

Taber, K. S. (2001a). Building the structural concepts of chemistry: Some considerations from educational research. *Chemistry Education Research and Practice*, 2(2), 123–158. doi: 10.1039/B1RP90014E. <https://doi.org/10.1039/B1RP90014E>

Taber, K. S. (2002a). Chemical misconceptions: Prevention, diagnosis and cure. Volume I—Theoretical background. Royal Society of Chemistry. <https://edu.rsc.org/resources/chemical-misconceptions/4010250.article>

Taber, K. S. (2001b). Constructing chemical concepts in the classroom? Using research to inform practice. *Chemistry Education Research and Practice*, 2(1), 43–51. doi: 10.1039/B0RP90029J. <https://doi.org/10.1039/B0RP90029J>

Talanquer, V. (2006). Commonsense chemistry: A model for understanding students' alternative conceptions. *Journal of Chemical Education*, 83(5), 811–816. doi: 10.1021/ed083p811. <https://doi.org/10.1021/ed083p811>

Talanquer, V. (2015). Threshold concepts in chemistry: The critical role of implicit schemas. *Journal of Chemical Education*, 92(1), 3–9. doi: 10.1021/ed500679k. <https://doi.org/10.1021/ed500679k>

Talanquer, V. (2013). When atoms want. *Journal of Chemical Education*, 90(11), 1419–1424. doi: 10.1021/ed400311x. <https://doi.org/10.1021/ed400311x>

Tümay, H. (2016). Reconsidering learning difficulties and misconceptions in chemistry: Emergence in chemistry and its implications for chemical education. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(2), 229–245. doi: 10.1039/C6RP00008H. <https://doi.org/10.1039/C6RP00008H>

Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10(2), 159–169. doi: 10.1080/0950069880100204. <https://doi.org/10.1080/0950069880100204>

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45–69. doi: 10.1016/0959-4752(94)90018-3. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90018-3](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90018-3)

Vraga, E. K., & Bode, L. (2020). Defining misinformation and understanding its bounded nature: Using expertise and evidence for describing misinformation. *Political Communication*, 37(1), 136–144. doi: 10.1080/10584609.2020.1716500. <https://doi.org/10.1080/10584609.2020.1716500>

Wineburg, S., & McGrew, S. (2017). Lateral reading: Reading less and learning more when evaluating digital information. Stanford History Education Group Working Paper No. 2017-A1. <https://purl.stanford.edu/yk133ht8603>

Wren, D., & Barbera, J. (2014). Psychometric analysis of the thermochemistry concept inventory. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(3), 380–390. doi: 10.1039/C3RP00170A. <https://doi.org/10.1039/C3RP00170A>

GLOSARIUM

A

Akomodasi konseptual

Definisi: Perubahan mendasar pada struktur pemahaman ketika konsepsi lama tidak lagi memadai.

Konteks: Digunakan untuk menjelaskan perubahan dari konsepsi alternatif menuju konsep kimia ilmiah.

Padanan asing: *Conceptual accommodation.*

Algoritma

Definisi: Urutan langkah sistematis untuk menyelesaikan perhitungan atau persoalan.

Konteks: Peserta didik dapat menguasai algoritma kimia tanpa memahami konsep yang mendasarinya.

Padanan asing: *Algorithm.*

Analogi

Definisi: Perbandingan antara konsep yang belum dikenal dan sistem yang lebih familiar.

Konteks: Digunakan untuk menjelaskan atom, ikatan, kesetimbangan, dan konsep abstrak lain, tetapi harus disertai batas penerapan.

Padanan asing: *Analogy.*

Asesmen diagnostik

Definisi: Penilaian untuk mengidentifikasi pemahaman awal, kesulitan, dan miskonsepsi peserta didik.

Konteks: Menjadi dasar pemilihan strategi remediasi sebelum atau selama pembelajaran.

Padanan asing: *Diagnostic assessment.*

Asimilasi konseptual

Definisi: Proses memasukkan informasi baru ke dalam struktur pengetahuan yang sudah dimiliki.

Konteks: Dapat menghasilkan pemahaman ilmiah atau model sintetik apabila informasi baru ditafsirkan melalui konsepsi lama.

Padanan asing: *Conceptual assimilation.*

B

Beban kognitif

Definisi: Jumlah tuntutan pemrosesan informasi yang harus ditangani pikiran pada satu waktu.

Konteks: Meningkat ketika peserta didik harus mengoordinasikan konsep, simbol,

matematika, dan beberapa representasi sekaligus.

Padanan asing: *Cognitive load*.

Bias keyakinan

Definisi: Selisih antara tingkat keyakinan peserta didik dan ketepatan aktual jawabannya.

Konteks: Digunakan untuk mengidentifikasi kecenderungan terlalu yakin atau kurang yakin.

Padanan asing: *Confidence bias*.

Bukti empiris

Definisi: Data hasil pengamatan, pengukuran, atau eksperimen yang digunakan untuk mengevaluasi suatu penjelasan.

Konteks: Menjadi dasar pengujian konsepsi peserta didik dan perubahan konseptual.

Padanan asing: *Empirical evidence*.

C

Certainty of Response Index (CRI)

Definisi: Indeks yang menunjukkan tingkat kepastian peserta didik terhadap jawaban yang diberikan.

Konteks: Digunakan untuk membantu membedakan miskonsepsi dari ketidaktahuan atau tebakan.

Padanan Indonesia: Indeks kepastian respons.

Concept inventory

Definisi: Instrumen yang dirancang untuk mengukur pemahaman terhadap konsep-konsep pokok dan mengidentifikasi konsepsi alternatif.

Konteks: Digunakan dalam penelitian pendidikan kimia untuk memetakan pemahaman pada kelompok besar.

Padanan Indonesia: Inventori konsep.

Conceptual change

Definisi: Perubahan atau reorganisasi pemahaman dari konsepsi awal menuju konsepsi yang lebih ilmiah.

Konteks: Menjadi kerangka utama dalam remediasi miskonsepsi.

Padanan Indonesia: Perubahan konseptual.

Conceptual profile

Definisi: Kerangka yang mengakui bahwa seseorang dapat memiliki beberapa cara berpikir mengenai satu konsep.

Konteks: Menjelaskan penggunaan konsepsi ilmiah dan sehari-hari secara bergantian sesuai konteks.

Padanan Indonesia: Profil konseptual.

D

Diagnosis miskonsepsi

Definisi: Proses sistematis untuk mengidentifikasi dan menafsirkan konsepsi yang tidak sesuai dengan konsep ilmiah.

Konteks: Menggunakan jawaban, alasan, keyakinan, gambar, wawancara, dan konsistensi respons.

Padanan asing: *Misconception diagnosis*.

Diferensiasi konsep

Definisi: Proses membedakan dua atau lebih konsep yang sebelumnya dicampuradukkan.

Konteks: Diperlukan untuk membedakan asam kuat dan asam pekat, kalor dan suhu, serta laju dan kesetimbangan.

Padanan asing: *Conceptual differentiation*.

Diskriminasi keyakinan

Definisi: Kemampuan membedakan jawaban yang kemungkinan benar dari jawaban yang kemungkinan salah berdasarkan tingkat keyakinan.

Konteks: Dinilai dengan membandingkan keyakinan pada jawaban benar dan salah.

Padanan asing: *Confidence discrimination*.

Distraktor

Definisi: Pilihan jawaban salah dalam tes pilihan ganda yang dirancang untuk mewakili pola kesalahan tertentu.

Konteks: Dalam tes diagnostik, distraktor sebaiknya berasal dari konsepsi nyata peserta didik.

Padanan asing: *Distractor*.

E

Efek kaskade

Definisi: Penjaran kesalahan dari satu konsep dasar menuju berbagai konsep lanjutan.

Konteks: Miskonsepsi tentang partikel, mol, atau ikatan dapat memengaruhi kesetimbangan, asam-basa, dan elektrokimia.

Padanan asing: *Cascade effect*.

Efikasi diri

Definisi: Keyakinan seseorang bahwa dirinya mampu menyelesaikan tugas tertentu.

Konteks: Dibedakan dari keyakinan terhadap kebenaran satu jawaban tertentu.

Padanan asing: *Self-efficacy*.

Elisitasi

Definisi: Proses memunculkan pengetahuan awal atau konsepsi peserta didik.

Konteks: Dilakukan melalui pertanyaan terbuka, prediksi, gambar, demonstrasi, atau diskusi.

Padanan asing: *Elicitation*.

Emergensi sifat

Definisi: Munculnya sifat sistem dari susunan dan interaksi banyak komponen, bukan dari satu partikel individual.

Konteks: Menjelaskan mengapa kebasahan, konduktivitas, dan titik didih bukan sifat satu atom atau molekul.

Padanan asing: *Emergent properties*.

F

Familiaritas

Definisi: Rasa mengenal suatu istilah, soal, atau prosedur karena pernah menjumpainya.

Konteks: Dapat menimbulkan ilusi pemahaman dan meningkatkan keyakinan tanpa penguasaan konsep.

Padanan asing: *Familiarity*.

Fragmentasi pengetahuan

Definisi: Keadaan ketika fakta dan konsep tersimpan secara terpisah tanpa hubungan yang kuat.

Konteks: Menyebabkan peserta didik menghafal aturan tetapi kesulitan menggunakannya pada konteks baru.

Padanan asing: *Knowledge fragmentation*.

G

Gagasan awal

Definisi: Pemikiran yang telah dimiliki peserta didik sebelum pembelajaran formal mengenai suatu konsep.

Konteks: Dapat benar, belum lengkap, terbatas, atau bertentangan dengan konsep ilmiah.

Padanan asing: *Prior idea*.

Generatif

Definisi: Mampu menghasilkan berbagai prediksi, penjelasan, atau kesimpulan lain.

Konteks: Miskonsepsi yang generatif dapat memengaruhi banyak topik sekaligus.

Padanan asing: *Generative*.

Grafik koordinat reaksi

Definisi: Grafik yang menggambarkan perubahan energi sistem sepanjang jalur reaksi.

Konteks: Digunakan untuk membedakan energi aktivasi, keadaan transisi, dan perubahan

entalpi.

Padanan asing: *Reaction coordinate diagram.*

H

Hambatan konseptual

Definisi: Struktur pemahaman yang menghalangi terbentuknya konsep ilmiah baru.

Konteks: Dapat berasal dari prakonsepsi, bahasa, model, analogi, atau pembelajaran terdahulu.

Padanan asing: *Conceptual obstacle.*

Heuristik

Definisi: Aturan sederhana atau jalan pintas berpikir yang digunakan untuk mengambil keputusan.

Konteks: Contohnya adalah anggapan “semakin banyak berarti semakin kuat” yang dapat menimbulkan miskonsepsi.

Padanan asing: *Heuristic.*

Hierarki konsep

Definisi: Susunan konsep dari tingkat dasar menuju tingkat yang lebih kompleks.

Konteks: Kesalahan pada konsep dasar dapat menghambat pemahaman konsep yang berada di tingkat lebih tinggi.

Padanan asing: *Concept hierarchy.*

I

Ilusi pemahaman

Definisi: Perasaan telah memahami materi padahal penguasaan konseptual masih lemah.

Konteks: Dapat muncul akibat membaca berulang, familiaritas istilah, atau keberhasilan soal rutin.

Padanan asing: *Illusion of understanding.*

Indikator diagnostik

Definisi: Bukti yang digunakan untuk mengenali keadaan konseptual peserta didik.

Konteks: Meliputi jawaban, alasan, keyakinan, konsistensi, gambar, dan kemampuan transfer.

Padanan asing: *Diagnostic indicator.*

Instrumen empat tingkat

Definisi: Tes diagnostik yang memuat jawaban, keyakinan terhadap jawaban, alasan, dan keyakinan terhadap alasan.

Konteks: Digunakan untuk mengidentifikasi miskonsepsi dengan tingkat kekuatan yang

berbeda.

Padanan asing: *Four-tier diagnostic test.*

Instrumen tiga tingkat

Definisi: Tes yang menggabungkan jawaban, alasan, dan tingkat keyakinan.

Konteks: Membantu membedakan pemahaman ilmiah, ketidaktahuan, dan miskonsepsi.

Padanan asing: *Three-tier diagnostic test.*

J

Jawaban benar dengan alasan salah

Definisi: Respons yang hasil akhirnya tepat, tetapi dibangun melalui penalaran yang tidak ilmiah.

Konteks: Menunjukkan bahwa skor benar belum tentu membuktikan pemahaman konseptual.

Padanan asing: *Correct answer with incorrect reasoning.*

Jaringan konsep

Definisi: Hubungan terorganisasi antara berbagai konsep dalam struktur pengetahuan.

Konteks: Miskonsepsi dapat membentuk jaringan alternatif yang memengaruhi banyak penjelasan.

Padanan asing: *Conceptual network.*

K

Kalibrasi metakognitif

Definisi: Kesesuaian antara tingkat keyakinan peserta didik dan kinerja aktualnya.

Konteks: Kalibrasi yang baik membantu peserta didik mengenali apa yang telah dan belum dipahami.

Padanan asing: *Metacognitive calibration.*

Kemasukakalan subjektif

Definisi: Keadaan ketika suatu penjelasan terasa logis dan benar bagi orang yang menggunakannya.

Konteks: Menjelaskan mengapa miskonsepsi dapat bertahan walaupun bertentangan dengan sains.

Padanan asing: *Subjective plausibility.*

Kesalahan prosedural

Definisi: Kekeliruan dalam menjalankan langkah, rumus, atau operasi perhitungan.

Konteks: Harus dibedakan dari miskonsepsi karena tidak selalu menunjukkan kesalahan

pemahaman konsep.

Padanan asing: *Procedural error*.

Kesetimbangan dinamis

Definisi: Keadaan ketika proses maju dan balik berlangsung terus dengan laju yang sama.

Konteks: Sering disalahpahami sebagai keadaan statis atau jumlah pereaksi dan produk yang sama.

Padanan asing: *Dynamic equilibrium*.

Keyakinan epistemik

Definisi: Pandangan seseorang mengenai kepastian, sumber, dan pembenaran pengetahuan.

Konteks: Memengaruhi keterbukaan peserta didik dalam mengevaluasi dan merevisi konsepsinya.

Padanan asing: *Epistemic belief*.

Konflik kognitif

Definisi: Ketidaksesuaian antara prediksi peserta didik dan bukti atau penjelasan ilmiah.

Konteks: Digunakan untuk memicu evaluasi terhadap konsepsi lama, tetapi harus disertai konsep alternatif.

Padanan asing: *Cognitive conflict*.

Konsepsi

Definisi: Pemahaman personal seseorang terhadap konsep, objek, atau fenomena.

Konteks: Konsepsi peserta didik dapat sesuai, parsial, atau berbeda dari konsep ilmiah.

Padanan asing: *Conception*.

Konsepsi alternatif

Definisi: Pemahaman yang berbeda sebagian atau seluruhnya dari konsepsi ilmiah yang ditargetkan.

Konteks: Dapat terbentuk sebelum, selama, atau setelah pembelajaran.

Padanan asing: *Alternative conception*.

Konsep

Definisi: Representasi abstrak yang merangkum atribut penting suatu objek, proses, atau hubungan.

Konteks: Konsep kimia mencakup atom, ikatan, mol, energi, laju, kesetimbangan, dan konsep lainnya.

Padanan asing: *Concept*.

Konsep ambang

Definisi: Konsep mendasar yang menjadi pintu menuju pemahaman berbagai konsep lanjutan.

Konteks: Contohnya sifat partikulat materi, mol, ikatan, energi, dan kesetimbangan.

Padanan asing: *Threshold concept*.

Konstruktivisme

Definisi: Pandangan bahwa peserta didik secara aktif membangun pengetahuan berdasarkan pengalaman dan pengetahuan sebelumnya.

Konteks: Menjadi landasan teori konsepsi peserta didik dan perubahan konseptual.

Padanan asing: *Constructivism*.

L

Learning progression

Definisi: Gambaran perkembangan pemahaman dari bentuk awal menuju penalaran yang semakin kompleks dan ilmiah.

Konteks: Digunakan untuk menyusun urutan konsep dan tingkat perkembangan belajar kimia.

Padanan Indonesia: Progresi belajar.

Literasi kimia

Definisi: Kemampuan menggunakan pengetahuan kimia untuk memahami fenomena, menilai informasi, dan mengambil keputusan.

Konteks: Miskonsepsi dapat menghambat penilaian terhadap klaim kesehatan, lingkungan, dan produk kimia.

Padanan asing: *Chemical literacy*.

M

Makroskopik

Definisi: Tingkat fenomena kimia yang dapat diamati secara langsung melalui indera atau alat ukur.

Konteks: Meliputi perubahan warna, pembentukan gas, endapan, suhu, dan perubahan wujud.

Padanan asing: *Macroscopic level*.

Metakognisi

Definisi: Kesadaran dan pengaturan seseorang terhadap proses berpikir dan belajarnya sendiri.

Konteks: Membantu peserta didik menilai keyakinan, strategi, dan batas pemahamannya.

Padanan asing: *Metacognition*.

Meta-ignorance

Definisi: Ketidaksadaran seseorang bahwa pengetahuan atau jawabannya tidak tepat.

Konteks: Tampak ketika peserta didik sangat yakin terhadap jawaban dan alasan yang salah.

Padanan Indonesia: Ketidaktahuan terhadap ketidaktahuan sendiri.

Miskalibrasi

Definisi: Ketidaksesuaian antara keyakinan dan kinerja aktual.

Konteks: Dapat berupa terlalu yakin atau kurang yakin terhadap kualitas jawaban.

Padanan asing: *Miscalibration*.

Miskonsepsi

Definisi: Pemahaman yang tidak sesuai dengan konsep ilmiah dan digunakan secara bermakna oleh peserta didik.

Konteks: Dapat bersifat konsisten, kontekstual, tersembunyi, persisten, dan berkeyakinan tinggi.

Padanan asing: *Misconception*.

Miskonsepsi individual

Definisi: Miskonsepsi yang dianalisis pada tingkat seorang peserta didik.

Konteks: Dipengaruhi pengalaman, bahasa, model mental, dan lintasan belajar personal.

Padanan asing: *Individual misconception*.

Miskonsepsi kolektif

Definisi: Pola miskonsepsi yang muncul berulang pada kelompok dan didukung pengalaman atau praktik bersama.

Konteks: Dapat dipengaruhi guru, buku teks, bahasa kelas, media, dan kurikulum.

Padanan asing: *Collective misconception*.

Model mental

Definisi: Representasi internal yang digunakan seseorang untuk memahami dan memprediksi suatu fenomena.

Konteks: Dapat diungkap melalui gambar, penjelasan, prediksi, dan wawancara.

Padanan asing: *Mental model*.

Model sintetik

Definisi: Model yang menggabungkan sebagian konsep ilmiah dengan asumsi atau konsepsi awal.

Konteks: Contohnya orbital yang tetap dibayangkan sebagai lintasan elektron.

Padanan asing: *Synthetic model*.

Multipel representasi

Definisi: Penggunaan beberapa bentuk penyajian untuk menjelaskan konsep yang sama.

Konteks: Mencakup fenomena, gambar partikel, simbol, grafik, persamaan, dan matematika.

Padanan asing: *Multiple representations*.

N**Noncontoh**

Definisi: Objek atau kasus yang tidak memenuhi atribut kritis suatu konsep.

Konteks: Digunakan untuk memperjelas batas konsep dan mencegah generalisasi berlebihan.

Padanan asing: *Non-example*.

O

Ontologi

Definisi: Kajian atau pengelompokan mengenai jenis keberadaan, seperti benda, proses, sifat, dan interaksi.

Konteks: Miskonsepsi ontologis terjadi ketika konsep ditempatkan pada kategori yang tidak tepat.

Padanan asing: *Ontology*.

Orbital

Definisi: Representasi matematis wilayah probabilitas keberadaan elektron dalam atom.

Konteks: Sering disalahpahami sebagai lintasan atau ruang fisik berbentuk kotak.

Padanan asing: *Orbital*.

Overconfidence

Definisi: Keadaan ketika keyakinan peserta didik lebih tinggi daripada ketepatan aktual jawabannya.

Konteks: Dapat membuat peserta didik tidak menyadari kebutuhan untuk belajar kembali.

Padanan Indonesia: Terlalu yakin.

P

Pedagogic impediment

Definisi: Hambatan pemahaman yang muncul akibat cara konsep diajarkan atau direpresentasikan.

Konteks: Dapat berasal dari analogi, model, aturan, bahasa, atau urutan pembelajaran yang kurang tepat.

Padanan Indonesia: Hambatan pedagogis.

Pemahaman konseptual

Definisi: Penguasaan terhadap makna, hubungan, alasan, dan batas suatu konsep.

Konteks: Dibedakan dari kemampuan menghafal atau melakukan perhitungan rutin.

Padanan asing: *Conceptual understanding*.

Pemahaman prosedural

Definisi: Kemampuan menjalankan langkah atau algoritma untuk menyelesaikan tugas.

Konteks: Dapat berkembang tanpa disertai pemahaman konseptual yang memadai.

Padanan asing: *Procedural understanding*.

Pengetahuan awal

Definisi: Seluruh pengetahuan, keterampilan, pengalaman, dan keyakinan yang dimiliki sebelum pembelajaran.

Konteks: Menjadi kerangka untuk menafsirkan informasi kimia yang baru.

Padanan asing: *Prior knowledge*.

Pengetahuan parsial

Definisi: Pemahaman yang mengandung unsur benar tetapi belum lengkap atau belum terhubung.

Konteks: Tidak boleh langsung dikategorikan sebagai miskonsepsi.

Padanan asing: *Partial knowledge*.

Persistensi

Definisi: Kecenderungan suatu konsepsi untuk tetap bertahan setelah pembelajaran atau koreksi.

Konteks: Menjadi salah satu karakteristik penting miskonsepsi.

Padanan asing: *Persistence*.

Prakonsepsi

Definisi: Konsepsi yang telah dimiliki peserta didik sebelum pembelajaran formal mengenai suatu konsep.

Konteks: Dapat benar, terbatas, belum lengkap, atau bertentangan dengan konsep ilmiah.

Padanan asing: *Preconception*.

Predict–Observe–Explain (POE)

Definisi: Strategi pembelajaran yang meminta peserta didik memprediksi, mengamati, lalu menjelaskan suatu fenomena.

Konteks: Digunakan untuk mengungkap dan merevisi konsepsi awal.

Padanan Indonesia: Prediksi–Observasi–Eksplanasi.

Profil konseptual

Definisi: Pola beberapa cara berpikir yang dapat digunakan seseorang untuk memahami konsep yang sama.

Konteks: Menjelaskan koeksistensi bahasa ilmiah dan bahasa sehari-hari.

Padanan asing: *Conceptual profile*.

Q**Qualitative diagnosis**

Definisi: Diagnosis yang menekankan makna, alasan, model, dan proses berpikir peserta didik.

Konteks: Dilakukan melalui wawancara, jawaban terbuka, gambar, dan analisis diskursus.

Padanan Indonesia: Diagnosis kualitatif.

Reaction quotient (Q)

Definisi: Perbandingan konsentrasi atau tekanan spesies pada keadaan tertentu dengan bentuk yang sama seperti ekspresi tetapan kesetimbangan.

Konteks: Digunakan untuk memprediksi arah perubahan menuju kesetimbangan dan mencegah penggunaan mekanis asas Le Chatelier.

Padanan Indonesia: Kuosien reaksi.

R

Reframing konseptual

Definisi: Penataan ulang cara memandang suatu persoalan menggunakan lensa konseptual yang lebih tepat.

Konteks: Membantu peserta didik memilih model atau konsep yang sesuai ketika konteks berubah.

Padanan asing: *Conceptual reframing*.

Rekonstruksi konsep

Definisi: Pembangunan ulang hubungan konseptual yang sebelumnya keliru.

Konteks: Diperlukan pada miskonsepsi mendasar, seperti anggapan bahwa pemutusan ikatan melepaskan energi.

Padanan asing: *Conceptual reconstruction*.

Remediasi miskonsepsi

Definisi: Intervensi pembelajaran untuk memperbaiki, membatasi, atau mereorganisasi konsepsi yang tidak ilmiah.

Konteks: Dapat dilakukan melalui konflik kognitif, pemodelan, analogi terbatas, atau diskusi argumentatif.

Padanan asing: *Misconception remediation*.

Representasi simbolik

Definisi: Penyajian konsep kimia melalui lambang, rumus, persamaan, grafik, atau notasi matematika.

Konteks: Harus dihubungkan dengan fenomena dan model submikroskopik.

Padanan asing: *Symbolic representation*.

Retensi

Definisi: Kemampuan mempertahankan pemahaman setelah jeda waktu.

Konteks: Digunakan untuk menilai apakah perubahan konseptual bertahan, bukan hanya muncul pada postes langsung.

Padanan asing: *Retention*.

S

Scaffolding

Definisi: Bantuan sementara yang diberikan agar peserta didik mampu menyelesaikan tugas atau membangun konsep.

Konteks: Dapat berupa pertanyaan penuntun, model, contoh, tabel, atau representasi bertahap.

Padanan Indonesia: Penyangga pembelajaran.

Sifat emergen

Definisi: Sifat yang muncul dari organisasi dan interaksi komponen suatu sistem.

Konteks: Digunakan untuk menjelaskan sifat zat yang tidak dimiliki oleh satu partikel individual.

Padanan asing: *Emergent property*.

Sifat partikulat materi

Definisi: Gagasan bahwa materi tersusun atas partikel yang bergerak dan memiliki ruang antarpartikel.

Konteks: Menjadi konsep dasar bagi perubahan wujud, larutan, reaksi, gas, dan kesetimbangan.

Padanan asing: *Particulate nature of matter*.

Sistem representasi kimia

Definisi: Kesatuan penyajian makroskopik, submikroskopik, simbolik, matematis, dan grafis.

Konteks: Pemahaman kimia menuntut kemampuan menghubungkan semua tingkat tersebut.

Padanan asing: *Chemical representation system*.

Submikroskopik

Definisi: Tingkat penjelasan yang membahas atom, molekul, ion, elektron, dan interaksinya.

Konteks: Tidak dapat diamati secara langsung dan harus dipahami melalui model.

Padanan asing: *Submicroscopic level*.

Sumber daya kognitif

Definisi: Unsur pengetahuan awal yang dapat digunakan secara produktif untuk membangun konsep ilmiah.

Konteks: Menunjukkan bahwa tidak semua gagasan awal harus dihapus.

Padanan asing: *Cognitive resources*.

T

Teleologis

Definisi: Penjelasan yang menerangkan proses berdasarkan tujuan akhir atau keinginan suatu entitas.

Konteks: Contohnya pernyataan bahwa atom berikatan karena “ingin” stabil.

Padanan asing: *Teleological*.

Tes dua tingkat

Definisi: Instrumen diagnostik yang memuat pilihan jawaban dan pilihan alasan.

Konteks: Digunakan untuk membedakan jawaban benar dengan alasan benar dari jawaban benar dengan alasan salah.

Padanan asing: *Two-tier diagnostic test*.

Transfer horizontal

Definisi: Penerapan konsep pada konteks berbeda dengan tingkat kompleksitas yang relatif sama.

Konteks: Contohnya menerapkan kekekalan massa pada reaksi yang menghasilkan gas.

Padanan asing: *Horizontal transfer*.

Transfer vertikal

Definisi: Penggunaan konsep dasar untuk memahami konsep yang lebih kompleks.

Konteks: Contohnya menggunakan konsep ion untuk memahami elektrolit dan elektrokimia.

Padanan asing: *Vertical transfer*.

U

Umpan balik diagnostik

Definisi: Informasi yang menjelaskan bagian pemahaman yang benar, salah, atau belum lengkap.

Konteks: Tidak hanya memberi tanda benar atau salah, tetapi mengarahkan perbaikan konsep.

Padanan asing: *Diagnostic feedback*.

Underconfidence

Definisi: Keadaan ketika keyakinan peserta didik lebih rendah daripada kemampuan atau ketepatan aktualnya.

Konteks: Dapat menyebabkan peserta didik meragukan jawaban benar dan enggan berpartisipasi.

Padanan Indonesia: Kurang yakin.

Unit formula

Definisi: Perbandingan paling sederhana antara ion dalam senyawa ionik.

Konteks: Dibedakan dari molekul, terutama dalam pembahasan struktur NaCl dan kisi ionik.

Padanan asing: *Formula unit*.

V

Validitas konstruk

Definisi: Tingkat ketepatan instrumen dalam mengukur konstruk yang memang dimaksudkan.

Konteks: Penting dalam pengembangan tes diagnostik dan inventori konsep.

Padanan asing: *Construct validity*.

Variasi konteks

Definisi: Penggunaan situasi, bentuk soal, atau representasi yang berbeda untuk menguji konsep yang sama.

Konteks: Membantu menilai konsistensi, fleksibilitas, dan transfer pemahaman.

Padanan asing: *Context variation*.

Visualisasi kimia

Definisi: Penyajian struktur atau proses kimia melalui gambar, animasi, model, atau simulasi.

Konteks: Membantu memahami proses abstrak, tetapi dapat menimbulkan miskonsepsi jika dianggap literal.

Padanan asing: *Chemical visualization*.

W

Wawancara klinis

Definisi: Wawancara mendalam yang menggunakan pertanyaan lanjutan untuk menelusuri cara berpikir peserta didik.

Konteks: Digunakan untuk memvalidasi hasil tes diagnostik dan memahami model mental.

Padanan asing: *Clinical interview*.

Wacana kelas

Definisi: Pola bahasa, pertanyaan, jawaban, dan argumentasi yang berlangsung dalam pembelajaran.

Konteks: Dapat mengungkap, memperkuat, atau memperbaiki miskonsepsi kolektif.

Padanan asing: *Classroom discourse*.

X

X-axis

Definisi: Sumbu mendatar pada grafik yang menunjukkan variabel bebas atau urutan suatu proses.

Konteks: Dalam diagram koordinat reaksi, sumbu-X menggambarkan kemajuan reaksi, bukan waktu secara langsung.

Padanan Indonesia: Sumbu-X.

Y

Yield

Definisi: Jumlah atau persentase produk yang diperoleh dari suatu reaksi.

Konteks: Harus dibedakan dari laju reaksi; katalis dapat mempercepat proses tanpa selalu mengubah hasil kesetimbangan.

Padanan Indonesia: Hasil reaksi atau rendemen.

Z

Zat

Definisi: Materi yang memiliki komposisi dan sifat tertentu.

Konteks: Pemahaman mengenai zat menjadi dasar untuk membedakan unsur, senyawa, campuran, partikel, dan perubahan kimia.

Padanan asing: *Substance*.

Zona konseptual

Definisi: Cara berpikir tertentu yang digunakan seseorang dalam memahami suatu konsep.

Konteks: Beberapa zona konseptual dapat hidup berdampingan dan digunakan sesuai konteks.

Padanan asing: *Conceptual zone*.

Zona perkembangan konseptual

Definisi: Tahap perkembangan pemahaman peserta didik dari konsepsi awal menuju konsep yang lebih ilmiah.

Konteks: Digunakan untuk merancang progresi belajar dan intervensi yang sesuai.

Padanan asing: *Zone of conceptual development*.

- KASMUI -
Dosen Kimia, Komputasi, IT, AI UNNES

<https://hisabmu.com/>
<https://kasmui.cloud/>

Ketua PCM Gunungpati 2	Anggota Majelis Tabligh PDM Kota Semarang & PWM Jawa Tengah	Tim Pengembang Software KHGT MTT PP Muhammadiyah	Praktisi Ilmu Falak
---------------------------	---	--	------------------------

KASMUI

MISKONSEPSI KONSEP KIMIA SMA

BAGIAN I: LANDASAN KONSEPTUAL MISKONSEPSI DALAM PEMBELAJARAN KIMIA

SINOPSIS

Buku ini membahas secara mendalam hakikat miskonsepsi dalam pembelajaran kimia di SMA, mulai dari pengertian konsep dan konsepsi, perbedaan miskonsepsi dengan kesalahan biasa, karakteristik serta sumber-sumber kemunculannya, hingga dampaknya terhadap pemahaman konsep kimia lanjutan. Disajikan pula pembahasan mengenai prakonsepsi, konsepsi alternatif, tingkat keyakinan peserta didik, serta pentingnya diagnosis dan remediasi miskonsepsi dalam proses pembelajaran.

Dengan landasan teoritis yang kuat dan berbasis literatur bereputasi, buku ini membantu guru, mahasiswa pendidikan kimia, peneliti, dan praktisi pendidikan memahami bagaimana peserta didik membangun pengetahuan kimia, mengapa kesalahan konseptual dapat bertahan, serta bagaimana strategi pembelajaran dapat dirancang untuk mendeteksi, mencegah, dan memperbaiki miskonsepsi secara efektif.

Sebagai bagian pertama, buku ini menjadi fondasi konseptual yang penting untuk memahami persoalan miskonsepsi kimia secara komprehensif dan menjadi pijakan bagi pengembangan pembelajaran kimia yang lebih bermakna, akurat, dan ilmiah.