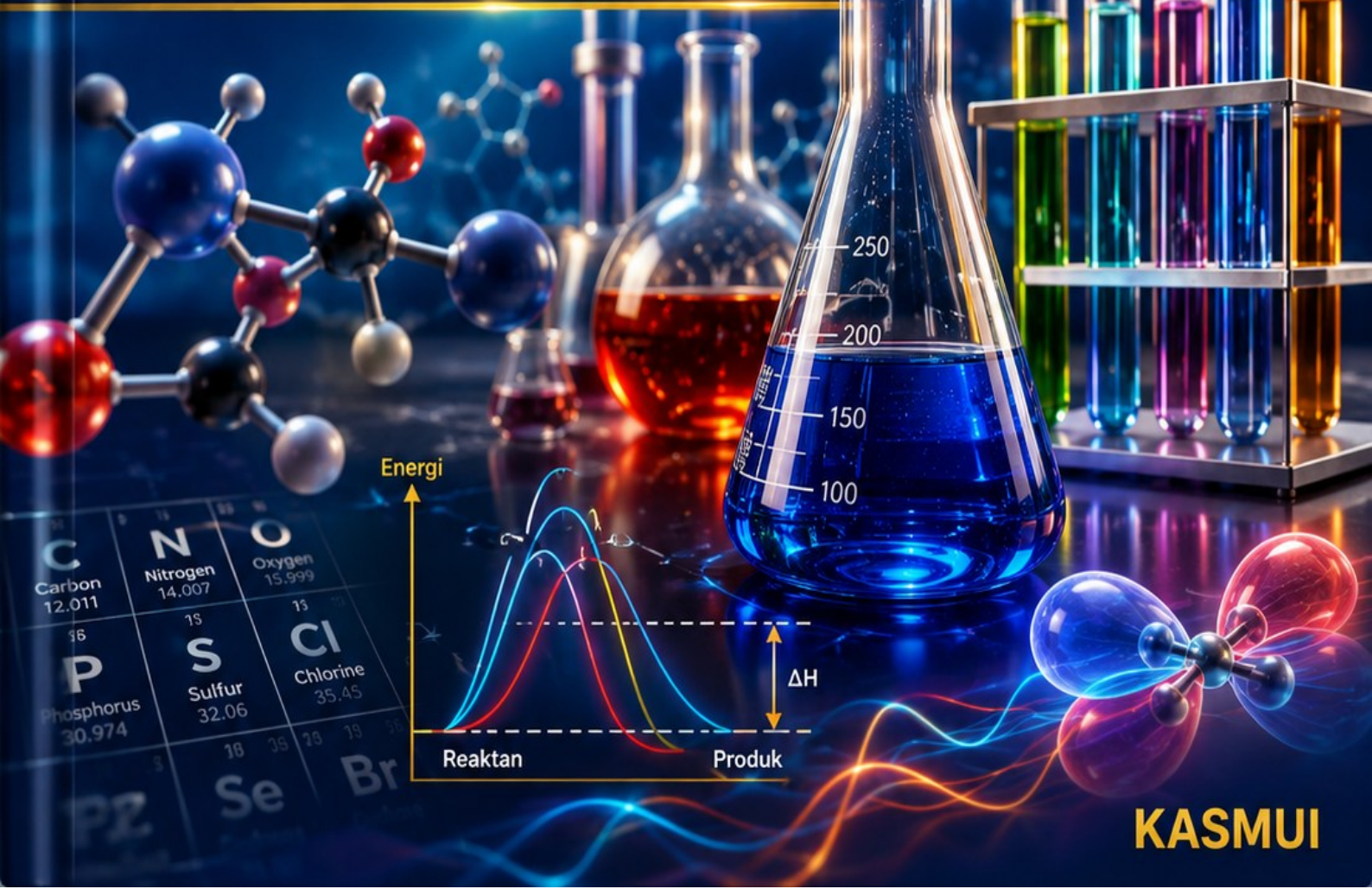


MISKONSEPSI KONSEP KIMIA SMA:

Bagian V - Miskonsepsi pada
Konsep Kimia Kelas XII



MISKONSEPSI KONSEP KIMIA SMA

BAGIAN V **MISKONSEPSI PADA KONSEP KIMIA KELAS XII**

KASMUI

Jaten Press
Semarang, 2026

KETERANGAN PENERBITAN

Keterangan	Informasi
Judul	Miskonsepsi Konsep Kimia SMA
Bagian	Bagian V: Miskonsepsi pada Konsep Kimia Kelas XII
Bab	Bab 17, 18, 19, 20, dan 21
Penulis	KASMUI
Penerbit	Jaten Press, Semarang
Edisi	Cetakan I, Edisi Diperluas Tahun 2026
Ukuran	A4
Format isi	Carlito/Calibri 12 pt, spasi sekitar 1,15
Jumlah halaman	397
Hak Cipta	© 2026 KASMUI

Hak cipta

Hak cipta dilindungi undang-undang. Kutipan ilmiah yang wajar harus mencantumkan sumber. Naskah ini merupakan buku pengembangan akademik dan tetap memerlukan penyuntingan substansi, telaah sejawat, verifikasi referensi, dan pemeriksaan akhir sebelum penerbitan resmi.

KATA PENGANTAR

Buku Miskonsepsi Konsep Kimia SMA: Bagian V - Miskonsepsi pada Konsep Kimia Kelas XII merupakan kelanjutan dari empat bagian sebelumnya. Bagian I membangun landasan konseptual miskonsepsi, Bagian II mengembangkan diagnosis dan pemetaan, Bagian III membahas konsep kimia kelas X, sedangkan Bagian IV memusatkan perhatian pada konsep kelas XI. Bagian V mempertahankan kerangka yang sama pada materi sifat koligatif, redoks dan elektrokimia, kimia unsur, kimia organik, serta makromolekul dan biomolekul.

Edisi diperluas ini dikembangkan agar pembahasan tidak berhenti pada daftar kesalahan konsep. Setiap subtopik kini memuat batas konsep, prasyarat, koordinasi makroskopik-submikroskopik-simbolik, matriks miskonsepsi yang lebih luas, contoh respons peserta didik, instrumen diagnostik bertingkat, strategi remediasi, tugas transfer, tes retensi, dan refleksi guru.

Miskonsepsi tidak identik dengan jawaban salah. Jawaban salah dapat disebabkan ketidaktahuan, lupa, salah baca, salah hitung, atau tebakan. Interpretasi sebagai miskonsepsi memerlukan pola alasan yang konsisten, keyakinan relatif tinggi, ketahanan lintas konteks, dan bukti bahwa model alternatif digunakan untuk menjelaskan fenomena.

Pendekatan buku ini menempatkan peserta didik sebagai pembangun makna. Konsepsi awal perlu dielisisasi dan diuji dengan bukti, bukan langsung ditekan dengan koreksi verbal. Guru memfasilitasi rekonstruksi melalui pertanyaan, model partikel, eksperimen, simulasi, teks refutasional, argumentasi, dan refleksi metakognitif.

Seluruh contoh harus diadaptasi dengan kurikulum, bahasa, pengalaman laboratorium, dan latar peserta didik. Instrumen diagnostik tidak digunakan untuk memberi label tetap, melainkan untuk merancang bantuan belajar yang lebih tepat, etis, dan manusiawi.

Penulis menyampaikan penghargaan kepada guru, dosen, mahasiswa, peneliti, dan pemerhati pendidikan kimia. Kritik ilmiah mengenai ketepatan konsep, kualitas instrumen, relevansi contoh, serta efektivitas remediasi sangat diperlukan untuk penyempurnaan buku ini.

Semarang,
KASMUI

2026

PETUNJUK PENGGUNAAN BUKU

Buku dapat digunakan sebagai rujukan sebelum, selama, dan setelah pembelajaran. Guru tidak harus menggunakan seluruh instrumen. Pilih bagian yang paling sesuai dengan tujuan, waktu, dan fasilitas.

Tahap	Penggunaan
Sebelum pembelajaran	Pilih miskonsepsi potensial; periksa prasyarat; siapkan fenomena atau stimulus yang netral.
Awal pembelajaran	Elisitasi prediksi, alasan, gambar partikel, dan keyakinan peserta didik.
Selama pembelajaran	Hubungkan pengamatan, model submikroskopik, simbol, matematika, dan bukti.
Remediasi	Gunakan konflik kognitif yang produktif, teks refutasional, POE, diskusi, simulasi, dan eksperimen.
Setelah pembelajaran	Ukur alasan, transfer, dan retensi; jangan hanya mengulang soal yang sama.
Penelitian	Gunakan tabel miskonsepsi sebagai sumber awal distraktor, lalu validasi melalui wawancara dan uji empiris.

Kode Warna

Warna	Fungsi
Biru	landasan konsep, representasi, dan diagnosis
Hijau	konsep ilmiah, remediasi, dan keberhasilan
Merah	miskonsepsi, peringatan, dan risiko interpretasi
Kuning	batas model, istilah rawan, dan catatan kehati-hatian

Etika diagnosis

Laporkan pola respons, bukan identitas negatif peserta didik. Hasil diagnosis bersifat kontekstual dan dapat berubah setelah pembelajaran.

PENDAHULUAN BAGIAN V

Kimia kelas XII mempertemukan konsep partikulat, termodinamika, struktur, reaktivitas, proses industri, dan material kehidupan. Sebagian topik tampak terpisah, tetapi semuanya menuntut kemampuan berpindah antara fenomena makroskopik, model submikroskopik, bahasa simbolik, dan hubungan matematika.

Sifat koligatif menuntut pemahaman jumlah partikel efektif dan batas idealitas. Elektrokimia menggabungkan reaksi redoks dengan aliran elektron, migrasi ion, potensial, energi bebas, dan proses elektrode. Kimia unsur memerlukan penalaran periodik yang tidak sekadar menghafal tren. Kimia organik mengandalkan kemampuan membaca representasi dan menghubungkan struktur dengan sifat. Polimer serta biomolekul menambahkan dimensi distribusi rantai, struktur supramolekul, fungsi, dan keberlanjutan.

Miskonsepsi dapat berasal dari bahasa sehari-hari, gambar, analogi, algoritma, buku teks, penjelasan guru, video digital, atau pengetahuan prasyarat yang belum stabil. Sebagian miskonsepsi bersifat lokal, sedangkan yang lain merupakan konsepsi inti yang memengaruhi banyak topik, misalnya anggapan bahwa rumus adalah benda nyata, partikel zat memiliki sifat makroskopik, atau sistem selalu bergerak karena memiliki tujuan.

Buku ini menggunakan diagnosis multi-instrumen. Tes pilihan beralasan memberikan efisiensi, wawancara menggali proses berpikir, gambar partikel mengungkap model mental, Predict-Observe-Explain membandingkan prediksi dan bukti, sedangkan tugas transfer menguji penggunaan konsep pada keadaan baru.

Remediasi dipandang sebagai rekonstruksi konseptual. Peserta didik perlu menyatakan gagasan awal, menemukan kekuatan dan keterbatasannya, membandingkan dengan bukti, membangun model yang lebih koheren, serta menguji model baru. Perubahan jawaban yang tidak diikuti perubahan alasan belum cukup dianggap sebagai perubahan konseptual.

Kerangka Pembahasan

Komponen	Pertanyaan Kunci
Batas konsep	Apa yang termasuk, tidak termasuk, dan menjadi kasus batas?
Prasyarat	Konsep apa yang harus stabil sebelum konsep target dipelajari?
Representasi	Bagaimana fenomena, partikel, simbol, grafik, dan matematika dihubungkan?
Miskonsepsi	Pola alternatif apa yang muncul dan mengapa terasa masuk akal?
Diagnosis	Bukti apa yang membedakan miskonsepsi, tidak tahu, dan kesalahan sesaat?
Remediasi	Pengalaman belajar apa yang mendukung rekonstruksi konseptual?
Transfer-retensi	Apakah konsep dapat digunakan pada konteks baru dan bertahan setelah jeda?

DAFTAR ISI

Bagian	Halaman
KETERANGAN PENERBITAN	3
KATA PENGANTAR EDISI DIPERLUAS	4
PETUNJUK PENGGUNAAN BUKU	5
PENDAHULUAN BAGIAN V	6
BAB 17 MISKONSEPSI TENTANG SIFAT KOLIGATIF LARUTAN	13
BAB 18 MISKONSEPSI TENTANG REAKSI REDOKS DAN ELEKTROKIMIA	82
BAB 19 MISKONSEPSI TENTANG KIMIA UNSUR	151
BAB 20 MISKONSEPSI TENTANG KIMIA ORGANIK	220
BAB 21 MISKONSEPSI TENTANG MAKROMOLEKUL, POLIMER, DAN BIOMOLEKUL	289
SINTESIS LINTAS BAB	358
LAMPIRAN INSTRUMEN DIAGNOSTIK	363
GLOSARIUM	394
DAFTAR PUSTAKA	396
TENTANG PENULIS	397

DAFTAR ISI BAB 17

Bagian	Halaman
BAB 17 MISKONSEPSI TENTANG SIFAT KOLIGATIF LARUTAN	13
Peta Konsep Bab 17	14
17.1 Hakikat sifat koligatif dan jumlah partikel	15
17.2 Penurunan tekanan uap	23
17.3 Kenaikan titik didih	31
17.4 Penurunan titik beku	39
17.5 Tekanan osmotik dan osmosis	47
17.6 Faktor van t Hoff	55
17.7 Molalitas, molaritas, dan fraksi mol	63
17.8 Larutan ideal dan batas penerapan	71
Rangkuman Bab 17	79
Evaluasi Integratif Bab 17	80

DAFTAR ISI BAB 18

Bagian	Halaman
BAB 18 MISKONSEPSI TENTANG REAKSI REDOKS DAN ELEKTROKIMIA	82
Peta Konsep Bab 18	83
18.1 Bilangan oksidasi dan muatan formal	84
18.2 Oksidasi dan reduksi	92
18.3 Penyetaraan reaksi redoks	100
18.4 Sel volta dan arah aliran elektron	108
18.5 Anode dan katode	116
18.6 Potensial sel dan spontanitas	124
18.7 Elektrolisis dan hukum Faraday	132
18.8 Korosi dan perlindungan logam	140
Rangkuman Bab 18	148
Evaluasi Integratif Bab 18	149

DAFTAR ISI BAB 19

Bagian	Halaman
BAB 19 MISKONSEPSI TENTANG KIMIA UNSUR	151
Peta Konsep Bab 19	152
19.1 Kelimpahan dan keberadaan unsur	153
19.2 Sifat periodik unsur	161
19.3 Logam alkali dan alkali tanah	169
19.4 Halogen dan gas mulia	177
19.5 Unsur transisi	185
19.6 Proses industri unsur	193
19.7 Mineral, bijih, dan pemurnian	201
19.8 Dampak lingkungan unsur	209
Rangkuman Bab 19	217
Evaluasi Integratif Bab 19	218

DAFTAR ISI BAB 20

Bagian	Halaman
BAB 20 MISKONSEPSI TENTANG KIMIA ORGANIK	220
Peta Konsep Bab 20	221
20.1 Struktur karbon dan representasi	222
20.2 Tata nama dan isomer	230
20.3 Gugus fungsi	238
20.4 Reaksi substitusi, adisi, dan eliminasi	246
20.5 Benzena dan aromatisitas	254
20.6 Kepolaran dan kelarutan organik	262
20.7 Oksidasi senyawa organik	270
20.8 Hubungan struktur dan sifat	278
Rangkuman Bab 20	286
Evaluasi Integratif Bab 20	287

DAFTAR ISI BAB 21

Bagian	Halaman
BAB 21 MISKONSEPSI TENTANG MAKROMOLEKUL, POLIMER, DAN BIOMOLEKUL	289
Peta Konsep Bab 21	290
21.1 Monomer dan polimerisasi	291
21.2 Polimer adisi dan kondensasi	299
21.3 Massa molar dan distribusi rantai	307
21.4 Termoplastik dan termoset	315
21.5 Biodegradabilitas dan daur ulang	323
21.6 Karbohidrat	331
21.7 Protein dan denaturasi	339
21.8 Lipid dan asam nukleat	347
Rangkuman Bab 21	355
Evaluasi Integratif Bab 21	356

BAB 17 MISKONSEPSI TENTANG SIFAT KOLIGATIF LARUTAN

Sifat koligatif menghubungkan jumlah efektif partikel terlarut dengan perubahan sifat fisik pelarut. Kesulitan belajar pada bab ini muncul ketika peserta didik hanya menghafal persamaan, tetapi belum membedakan jumlah mol zat, jumlah partikel aktual, jenis pelarut, volatilitas zat terlarut, serta batas idealitas larutan.

Bab ini memperluas daftar miskonsepsi, menyajikan indikator diagnostik, contoh respons peserta didik, instrumen bertingkat, strategi perubahan konseptual, dan evaluasi transfer-retensi. Struktur tetap mengikuti pola buku sebelumnya agar mudah digunakan dalam pembelajaran, penelitian, dan pengembangan instrumen.

Subtopik	Fokus	Istilah Kunci	Miskonsepsi Pemantik
17.1	Hakikat sifat koligatif dan jumlah partikel	partikel efektif, nonelektrolit	Sifat koligatif hanya ditentukan oleh massa zat terlarut.
17.2	Penurunan tekanan uap	tekanan uap, kesetimbangan dinamis	Zat terlarut menurunkan tekanan uap hanya karena menutupi permukaan larutan.
17.3	Kenaikan titik didih	titik didih, tekanan luar	Menambahkan garam selalu membuat air lebih cepat mendidih karena titik didihnya turun.
17.4	Penurunan titik beku	titik beku, kesetimbangan padat-cair	Garam menaikkan titik beku karena membantu pembentukan kristal.
17.5	Tekanan osmotik dan osmosis	osmosis, membran semipermeabel	Pada osmosis, zat terlarut berpindah melalui membran menuju larutan encer.
17.6	Faktor van t Hoff	faktor van t Hoff, derajat disosiasi	Nilai i selalu bilangan bulat sesuai koefisien ion.
17.7	Molalitas, molaritas, dan fraksi mol	molaritas, molalitas	Molaritas dan molalitas dapat dipertukarkan tanpa syarat.
17.8	Larutan ideal dan batas penerapan	larutan ideal, deviasi positif	Semua larutan encer pasti ideal.

Cara menggunakan bab

Sebelum mengajar, pilih miskonsepsi yang paling relevan. Selama pembelajaran, gunakan pertanyaan dan gambar partikel. Setelah remediasi, ukur transfer dan retensi dengan konteks berbeda.

Peta Konsep Bab 17

Kode	Konsep	Jejaring Konsep	Konteks Utama
17.1	Hakikat sifat koligatif dan jumlah partikel	partikel efektif -> nonelektrolit -> elektrolit -> disosiasi	larutan gula dan garam dengan massa sama
17.2	Penurunan tekanan uap	tekanan uap -> kesetimbangan dinamis -> fraksi mol -> zat nonvolatil	penguapan air laut
17.3	Kenaikan titik didih	titik didih -> tekanan luar -> molalitas -> konstanta ebulioskopi	air garam untuk memasak
17.4	Penurunan titik beku	titik beku -> kesetimbangan padat-cair -> molalitas -> konstanta krioskopi	garam untuk mencairkan es
17.5	Tekanan osmotik dan osmosis	osmosis -> membran semipermeabel -> tekanan osmotik -> isotonik	sel darah dalam larutan hipotonik dan hipertonik
17.6	Faktor van t Hoff	faktor van t Hoff -> derajat disosiasi -> asosiasi -> pasangan ion	NaCl encer dan pekat
17.7	Molalitas, molaritas, dan fraksi mol	molaritas -> molalitas -> fraksi mol -> volume larutan	pengenceran larutan di laboratorium
17.8	Larutan ideal dan batas penerapan	larutan ideal -> deviasi positif -> deviasi negatif -> aktivitas	campuran benzena-toluena

Jejaring Prasyarat dan Potensi Hambatan

Konsep dalam bab ini saling terhubung dengan struktur materi, mol, ikatan, energi, kesetimbangan, dan kemampuan matematis. Miskonsepsi pada prasyarat dapat muncul kembali dalam bentuk baru. Karena itu, diagnosis perlu membedakan konsep target dari konsep prasyarat yang belum dikuasai.

- Gunakan pertanyaan awal yang tidak langsung memerlukan perhitungan.
- Minta peserta didik memberikan alasan dan tingkat keyakinan.
- Bandingkan respons pada fenomena nyata, gambar partikel, dan persamaan.
- Catat pola yang konsisten lintas subtopik sebagai miskonsepsi inti.
- Rancang remediasi yang menghubungkan bukti, model, simbol, dan refleksi.

17.1 Hakikat sifat koligatif dan jumlah partikel

17.1.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Sifat koligatif terutama ditentukan oleh banyaknya partikel terlarut yang efektif dalam sejumlah pelarut, bukan semata-mata oleh nama, warna, atau massa molar zat. Identitas kimia tetap penting karena memengaruhi disosiasi, asosiasi, volatilitas, dan ketidakidealan.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis Besarnya efek koligatif sebanding dengan jumlah partikel efektif: efek $\sim i \times$ konsentrasi partikulat. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada hakikat sifat koligatif dan jumlah partikel.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	partikel efektif, nonelektrolit, elektrolit, disosiasi, asosiasi, konsentrasi partikulat
Hubungan simbolik	Besarnya efek koligatif sebanding dengan jumlah partikel efektif: efek $\sim i \times$ konsentrasi partikulat.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Larutan gula dan garam dengan massa sama: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Cairan pendingin kendaraan: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Larutan infus dan cairan tubuh: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami hakikat sifat koligatif dan jumlah partikel dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

17.1.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap larutan gula dan garam dengan massa sama, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan hakikat sifat koligatif dan jumlah partikel.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Besarnya efek koligatif sebanding dengan jumlah partikel efektif: efek $\sim i \times$ konsentrasi partikulat.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena larutan gula dan garam dengan massa sama. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Besarnya efek koligatif sebanding dengan jumlah partikel efektif: efek $\sim i \times$ konsentrasi partikulat. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah partikel efektif dan nonelektrolit perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

17.1.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Sifat koligatif hanya ditentukan oleh massa zat terlarut.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Pada konsentrasi yang sebanding, besarnya efek ditentukan oleh jumlah partikel efektif, bukan massa secara langsung.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Zat dengan massa molar lebih besar selalu memberi efek koligatif lebih besar.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Untuk massa zat yang sama, massa molar lebih kecil justru menghasilkan jumlah mol dan partikel lebih banyak.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Identitas zat sama sekali tidak penting dalam sifat koligatif.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Identitas memengaruhi nilai faktor van t Hoff, volatilitas, asosiasi, dan deviasi dari idealitas.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Semua elektrolit terdisosiasi sempurna pada setiap konsentrasi.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Derajat disosiasi dan interaksi ion bergantung pada kekuatan elektrolit, konsentrasi, pelarut, dan suhu.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Partikel zat terlarut hilang setelah larut.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Partikel terdispersi dan tersolvasi; jumlah serta jenis spesiesnya tetap dapat dianalisis pada tingkat submikroskopik.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Konsentrasi gram per liter langsung menyatakan jumlah partikel.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Jumlah partikel harus diturunkan melalui mol, stoikiometri disosiasi, dan faktor van t Hoff.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

17.1.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Sifat koligatif hanya ditentukan oleh massa zat terlarut."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Pada konsentrasi yang sebanding, besarnya efek ditentukan oleh jumlah partikel efektif, bukan massa secara langsung. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks cairan pendingin kendaraan.

Kasus 2. Respons: "Zat dengan massa molar lebih besar selalu memberi efek koligatif lebih besar."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Untuk massa zat yang sama, massa molar lebih kecil justru menghasilkan jumlah mol dan partikel lebih banyak. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks larutan infus dan cairan tubuh.

Kasus 3. Respons: "Identitas zat sama sekali tidak penting dalam sifat koligatif."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Identitas memengaruhi nilai faktor van t Hoff, volatilitas, asosiasi, dan deviasi dari idealitas. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks larutan gula dan garam dengan massa sama.

Kasus 4. Respons: "Semua elektrolit terdisosiasi sempurna pada setiap konsentrasi."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Derajat disosiasi dan interaksi ion bergantung pada kekuatan elektrolit, konsentrasi, pelarut, dan suhu. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks cairan pendingin kendaraan.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada hakikat sifat koligatif dan jumlah partikel tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

17.1.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks larutan gula dan garam dengan massa sama, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai hakikat sifat koligatif dan jumlah partikel?

Pi l.	Jawaban	Ala san	Pilihan Alasan
A	Pada konsentrasi yang sebanding, besarnya efek ditentukan oleh jumlah partikel efektif, bukan massa secara langsung.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Sifat koligatif hanya ditentukan oleh massa zat terlarut.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks cairan pendingin kendaraan, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai hakikat sifat koligatif dan jumlah partikel?

Pi l.	Jawaban	Ala san	Pilihan Alasan
A	Untuk massa zat yang sama, massa molar lebih kecil justru menghasilkan jumlah mol dan partikel lebih banyak.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Zat dengan massa molar lebih besar selalu memberi efek koligatif lebih besar.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks larutan infus dan cairan tubuh, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai hakikat sifat koligatif dan jumlah partikel?

Pi l.	Jawaban	Ala san	Pilihan Alasan
A	Identitas memengaruhi nilai faktor van t Hoff, volatilitas, asosiasi, dan deviasi dari idealitas.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Identitas zat sama sekali tidak penting dalam sifat koligatif.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

17.1.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa mempermalukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembanding	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks larutan gula dan garam dengan massa sama dan cairan pendingin kendaraan.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Sifat koligatif terutama ditentukan oleh banyaknya partikel terlarut yang efektif dalam sejumlah pelarut, bukan semata-mata oleh nama, warna, atau massa molar zat. Identitas kimia tetap penting karena memengaruhi disosiasi, asosiasi, volatilitas, dan ketidakidealan.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: larutan infus dan cairan tubuh.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

1. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada larutan gula dan garam dengan massa sama dan menuliskan alasan.
2. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
3. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
4. Extend: peserta didik menerapkan model pada larutan infus dan cairan tubuh dan menjelaskan batas persamaan Besarnya efek koligatif sebanding dengan jumlah partikel efektif: efek $\sim i \times$ konsentrasi partikulat.

Teks refutasiional

Bukan: "Sifat koligatif hanya ditentukan oleh massa zat terlarut.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Pada konsentrasi yang sebanding, besarnya efek ditentukan oleh jumlah partikel efektif, bukan massa secara langsung.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

17.1.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan hakikat sifat koligatif dan jumlah partikel pada konteks cairan pendingin kendaraan tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Besarnya efek koligatif sebanding dengan jumlah partikel efektif: efek $\sim i \times$ konsentrasi partikulat.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Zat dengan massa molar lebih besar selalu memberi efek koligatif lebih besar."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Sifat koligatif hanya ditentukan oleh massa zat terlarut.	Benar/Salah + alasan	Pada konsentrasi yang sebanding, besarnya efek ditentukan oleh jumlah partikel efektif, bukan massa secara langsung.
2	Zat dengan massa molar lebih besar selalu memberi efek koligatif lebih besar.	Benar/Salah + alasan	Untuk massa zat yang sama, massa molar lebih kecil justru menghasilkan jumlah mol dan partikel lebih banyak.
3	Identitas zat sama sekali tidak penting dalam sifat koligatif.	Benar/Salah + alasan	Identitas memengaruhi nilai faktor van t Hoff, volatilitas, asosiasi, dan deviasi dari idealitas.
4	Semua elektrolit terdisosiasi sempurna pada setiap konsentrasi.	Benar/Salah + alasan	Derajat disosiasi dan interaksi ion bergantung pada kekuatan elektrolit, konsentrasi, pelarut, dan suhu.
5	Partikel zat terlarut hilang setelah larut.	Benar/Salah + alasan	Partikel terdispersi dan tersolvasi; jumlah serta jenis spesiesnya tetap dapat dianalisis pada tingkat submikroskopik.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman hakikat sifat koligatif dan jumlah partikel dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

17.2 Penurunan tekanan uap

17.2.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Penambahan zat terlarut nonvolatil menurunkan fraksi mol pelarut dan kecenderungan molekul pelarut memasuki fase uap. Tekanan uap merupakan hasil kesetimbangan dinamis antara penguapan dan pengembunan.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis Hukum Raoult ideal: $P_{\text{pelarut}} = x_{\text{pelarut}} P^{\circ}_{\text{pelarut}}$; $\Delta P = x_{\text{terlarut}} P^{\circ}_{\text{pelarut}}$. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada penurunan tekanan uap.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	tekanan uap, kesetimbangan dinamis, fraksi mol, zat nonvolatil, Hukum Raoult, deviasi idealitas
Hubungan simbolik	Hukum Raoult ideal: $P_{\text{pelarut}} = x_{\text{pelarut}} P^{\circ}_{\text{pelarut}}$; $\Delta P = x_{\text{terlarut}} P^{\circ}_{\text{pelarut}}$.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Penguapan air laut: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Sirup pekat yang menguap lebih lambat: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Pengukuran tekanan uap larutan ideal: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami penurunan tekanan uap dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

17.2.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap penguapan air laut, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan penurunan tekanan uap.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Hukum Raoult ideal: $P_{\text{pelarut}} = x_{\text{pelarut}} P^{\circ}_{\text{pelarut}}$; $\Delta P = x_{\text{terlarut}} P^{\circ}_{\text{pelarut}}$.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena penguapan air laut. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Hukum Raoult ideal: $P_{\text{pelarut}} = x_{\text{pelarut}} P^{\circ}_{\text{pelarut}}$; $\Delta P = x_{\text{terlarut}} P^{\circ}_{\text{pelarut}}$. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah tekanan uap dan kesetimbangan dinamis perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

17.2.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Zat terlarut menurunkan tekanan uap hanya karena menutupi permukaan larutan.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Penjelasan utama berasal dari penurunan potensial kimia dan fraksi mol pelarut, bukan sekadar penutupan geometris permukaan.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Tekanan uap adalah tekanan udara luar di atas larutan.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Tekanan uap adalah tekanan parsial uap zat yang berada dalam kesetimbangan dengan fasenya.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Semakin banyak zat terlarut, tekanan uap selalu meningkat.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Untuk zat terlarut nonvolatil, peningkatan jumlah partikel umumnya menurunkan tekanan uap pelarut.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Molekul zat terlarut nonvolatil ikut menguap dalam jumlah sama dengan pelarut.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Kontribusi uap zat nonvolatil dapat diabaikan pada model dasar.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Hukum Raoult tepat untuk semua larutan dan semua konsentrasi.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Hukum Raoult merupakan model ideal; interaksi antarpartikel dapat menimbulkan deviasi positif atau negatif.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Penguapan berhenti ketika larutan ditutup.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Pada wadah tertutup penguapan dan pengembunan tetap berlangsung dengan laju yang sama pada kesetimbangan.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

17.2.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Zat terlarut menurunkan tekanan uap hanya karena menutupi permukaan larutan."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Penjelasan utama berasal dari penurunan potensial kimia dan fraksi mol pelarut, bukan sekadar penutupan geometris permukaan. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks sirup pekat yang menguap lebih lambat.

Kasus 2. Respons: "Tekanan uap adalah tekanan udara luar di atas larutan."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Tekanan uap adalah tekanan parsial uap zat yang berada dalam kesetimbangan dengan fasenya. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks pengukuran tekanan uap larutan ideal.

Kasus 3. Respons: "Semakin banyak zat terlarut, tekanan uap selalu meningkat."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Untuk zat terlarut nonvolatil, peningkatan jumlah partikel umumnya menurunkan tekanan uap pelarut. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks penguapan air laut.

Kasus 4. Respons: "Molekul zat terlarut nonvolatil ikut menguap dalam jumlah sama dengan pelarut."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Kontribusi uap zat nonvolatil dapat diabaikan pada model dasar. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks sirup pekat yang menguap lebih lambat.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada penurunan tekanan uap tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

17.2.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks penguapan air laut, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai penurunan tekanan uap?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Penjelasan utama berasal dari penurunan potensial kimia dan fraksi mol pelarut, bukan sekedar penutupan geometris permukaan.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Zat terlarut menurunkan tekanan uap hanya karena menutupi permukaan larutan.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks sirup pekat yang menguap lebih lambat, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai penurunan tekanan uap?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Tekanan uap adalah tekanan parsial uap zat yang berada dalam kesetimbangan dengan fasenya.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Tekanan uap adalah tekanan udara luar di atas larutan.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks pengukuran tekanan uap larutan ideal, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai penurunan tekanan uap?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Untuk zat terlarut nonvolatil, peningkatan jumlah partikel umumnya menurunkan tekanan uap pelarut.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Semakin banyak zat terlarut, tekanan uap selalu meningkat.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

17.2.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa mempermalukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembanding	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks penguapan air laut dan sirup pekat yang menguap lebih lambat.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Penambahan zat terlarut nonvolatil menurunkan fraksi mol pelarut dan kecenderungan molekul pelarut memasuki fase uap. Tekanan uap merupakan hasil kesetimbangan dinamis antara penguapan dan pengembunan.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: pengukuran tekanan uap larutan ideal.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

5. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada penguapan air laut dan menuliskan alasan.
6. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
7. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
8. Extend: peserta didik menerapkan model pada pengukuran tekanan uap larutan ideal dan menjelaskan batas persamaan Hukum Raoult ideal: $P_{\text{pelarut}} = x_{\text{pelarut}} P^{\circ}_{\text{pelarut}}$; $\Delta P = x_{\text{terlarut}} P^{\circ}_{\text{pelarut}}$.

Teks refutasiional

Bukan: "Zat terlarut menurunkan tekanan uap hanya karena menutupi permukaan larutan.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Penjelasan utama berasal dari penurunan potensial kimia dan fraksi mol pelarut, bukan sekadar penutupan geometris permukaan.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

17.2.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan penurunan tekanan uap pada konteks sirup pekat yang menguap lebih lambat tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Hukum Raoult ideal: $P_{\text{pelarut}} = x_{\text{pelarut}} P^{\circ}_{\text{pelarut}}$; $\Delta P = x_{\text{terlarut}} P^{\circ}_{\text{pelarut}}$.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Tekanan uap adalah tekanan udara luar di atas larutan."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Zat terlarut menurunkan tekanan uap hanya karena menutupi permukaan larutan.	Benar/Salah + alasan	Penjelasan utama berasal dari penurunan potensial kimia dan fraksi mol pelarut, bukan sekadar penutupan geometris permukaan.
2	Tekanan uap adalah tekanan udara luar di atas larutan.	Benar/Salah + alasan	Tekanan uap adalah tekanan parsial uap zat yang berada dalam kesetimbangan dengan fasenya.
3	Semakin banyak zat terlarut, tekanan uap selalu meningkat.	Benar/Salah + alasan	Untuk zat terlarut nonvolatil, peningkatan jumlah partikel umumnya menurunkan tekanan uap pelarut.
4	Molekul zat terlarut nonvolatil ikut menguap dalam jumlah sama dengan pelarut.	Benar/Salah + alasan	Kontribusi uap zat nonvolatil dapat diabaikan pada model dasar.
5	Hukum Raoult tepat untuk semua larutan dan semua konsentrasi.	Benar/Salah + alasan	Hukum Raoult merupakan model ideal; interaksi antarpartikel dapat menimbulkan deviasi positif atau negatif.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman penurunan tekanan uap dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

17.3 Kenaikan titik didih

17.3.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Larutan mendidih ketika tekanan uapnya menyamai tekanan luar. Karena zat terlarut nonvolatil menurunkan tekanan uap pada suhu tertentu, larutan memerlukan suhu lebih tinggi untuk mendidih dibandingkan pelarut murni.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis $\Delta T_b = i K_b m$; $T_{b,\text{larutan}} = T_b^\circ + \Delta T_b$. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada kenaikan titik didih.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	titik didih, tekanan luar, molalitas, konstanta ebullioskopi, gelembung uap, superheating
Hubungan simbolik	$\Delta T_b = i K_b m$; $T_{b,\text{larutan}} = T_b^\circ + \Delta T_b$.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Air garam untuk memasak: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Antibeku dan cairan radiator: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Penentuan massa molar secara ebullioskopi: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami kenaikan titik didih dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

17.3.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap air garam untuk memasak, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan kenaikan titik didih.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: $\Delta T_b = i K_b m$; $T_{b,\text{larutan}} = T_b^\circ + \Delta T_b$.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena air garam untuk memasak. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan $\Delta T_b = i K_b m$; $T_{b,\text{larutan}} = T_b^\circ + \Delta T_b$ harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah titik didih dan tekanan luar perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

17.3.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Menambahkan garam selalu membuat air lebih cepat mendidih karena titik didihnya turun.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Garam nonvolatil menaikkan titik didih; waktu mencapai didih juga dipengaruhi massa, kapasitas kalor, daya pemanas, dan kehilangan panas.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Titik didih hanya ditentukan oleh kuatnya pemanasan.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Titik didih kesetimbangan terutama ditentukan oleh tekanan luar dan komposisi, sedangkan daya pemanas menentukan laju pencapaiannya.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Gelembung saat mendidih terutama berisi udara.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Pada pendidihan stabil, gelembung didominasi uap pelarut.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Suhu cairan terus naik cepat setelah mendidih pada tekanan tetap.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Selama perubahan fase pada kondisi mendekati setimbang, energi terutama digunakan untuk penguapan.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Nilai K_b sama untuk semua pelarut.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	K_b merupakan sifat pelarut dan berkaitan dengan titik didih, entalpi penguapan, serta massa molar pelarut.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Persamaan ΔT_b berlaku tanpa perubahan untuk zat terlarut volatil.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Zat terlarut volatil turut menyumbang tekanan uap sehingga diperlukan model campuran volatil.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

17.3.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Menambahkan garam selalu membuat air lebih cepat mendidih karena titik didihnya turun."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembanding yang perlu dibangun ialah: Garam nonvolatil menaikkan titik didih; waktu mencapai didih juga dipengaruhi massa, kapasitas kalor, daya pemanas, dan kehilangan panas. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks antibeku dan cairan radiator.

Kasus 2. Respons: "Titik didih hanya ditentukan oleh kuatnya pemanasan."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembanding yang perlu dibangun ialah: Titik didih kesetimbangan terutama ditentukan oleh tekanan luar dan komposisi, sedangkan daya pemanas menentukan laju pencapaiannya. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks penentuan massa molar secara ebulioskopi.

Kasus 3. Respons: "Gelembung saat mendidih terutama berisi udara."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembanding yang perlu dibangun ialah: Pada pendidihan stabil, gelembung didominasi uap pelarut. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks air garam untuk memasak.

Kasus 4. Respons: "Suhu cairan terus naik cepat setelah mendidih pada tekanan tetap."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembanding yang perlu dibangun ialah: Selama perubahan fase pada kondisi mendekati setimbang, energi terutama digunakan untuk penguapan. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks antibeku dan cairan radiator.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada kenaikan titik didih tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

17.3.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks air garam untuk memasak, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai kenaikan titik didih?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Garam nonvolatil menaikkan titik didih; waktu mencapai didih juga dipengaruhi massa, kapasitas kalor, daya pemanas, dan kehilangan panas.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Menambahkan garam selalu membuat air lebih cepat mendidih karena titik didihnya turun.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks antibeku dan cairan radiator, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai kenaikan titik didih?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Titik didih kesetimbangan terutama ditentukan oleh tekanan luar dan komposisi, sedangkan daya pemanas menentukan laju pencapaiannya.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Titik didih hanya ditentukan oleh kuatnya pemanasan.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks penentuan massa molar secara ebullioskopi, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai kenaikan titik didih?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Pada pendidihan stabil, gelembung didominasi uap pelarut.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Gelembung saat mendidih terutama berisi udara.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

17.3.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa memperlakukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembanding	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks air garam untuk memasak dan antibeku dan cairan radiator.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Larutan mendidih ketika tekanan uapnya menyamai tekanan luar. Karena zat terlarut nonvolatil menurunkan tekanan uap pada suhu tertentu, larutan memerlukan suhu lebih tinggi untuk mendidih dibandingkan pelarut murni.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: penentuan massa molar secara ebullioskopi.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

9. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada air garam untuk memasak dan menuliskan alasan.
10. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
11. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
12. Extend: peserta didik menerapkan model pada penentuan massa molar secara ebullioskopi dan menjelaskan batas persamaan $\Delta T_b = i K_b m$; $T_{b, \text{larutan}} = T_b^\circ + \Delta T_b$.

Teks refutasiional

Bukan: "Menambahkan garam selalu membuat air lebih cepat mendidih karena titik didihnya turun.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Garam nonvolatil menaikkan titik didih; waktu mencapai didih juga dipengaruhi massa, kapasitas kalor, daya pemanas, dan kehilangan panas.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

17.3.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan kenaikan titik didih pada konteks antibeku dan cairan radiator tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan $\Delta T_b = i K_b m$; $T_{b, \text{larutan}} = T_b^\circ + \Delta T_b$.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Titik didih hanya ditentukan oleh kuatnya pemanasan."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Menambahkan garam selalu membuat air lebih cepat mendidih karena titik didihnya turun.	Benar/Salah + alasan	Garam nonvolatil menaikkan titik didih; waktu mencapai didih juga dipengaruhi massa, kapasitas kalor, daya pemanas, dan kehilangan panas.
2	Titik didih hanya ditentukan oleh kuatnya pemanasan.	Benar/Salah + alasan	Titik didih kesetimbangan terutama ditentukan oleh tekanan luar dan komposisi, sedangkan daya pemanas menentukan laju pencapaiannya.
3	Gelembung saat mendidih terutama berisi udara.	Benar/Salah + alasan	Pada pendidihan stabil, gelembung didominasi uap pelarut.
4	Suhu cairan terus naik cepat setelah mendidih pada tekanan tetap.	Benar/Salah + alasan	Selama perubahan fase pada kondisi mendekati setimbang, energi terutama digunakan untuk penguapan.
5	Nilai K_b sama untuk semua pelarut.	Benar/Salah + alasan	K_b merupakan sifat pelarut dan berkaitan dengan titik didih, entalpi penguapan, serta massa molar pelarut.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman kenaikan titik didih dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

17.4 Penurunan titik beku

17.4.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Zat terlarut mengganggu kecenderungan molekul pelarut membentuk fase padat teratur. Kesetimbangan padat-cair tercapai pada suhu yang lebih rendah dibandingkan pelarut murni.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis $\Delta T_f = i K_f m$; $T_{f, \text{larutan}} = T_f^\circ - \Delta T_f$. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada penurunan titik beku.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	titik beku, kesetimbangan padat-cair, molalitas, konstanta krioskopi, supercooling, kristalisasi fraksional
Hubungan simbolik	$\Delta T_f = i K_f m$; $T_{f, \text{larutan}} = T_f^\circ - \Delta T_f$.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Garam untuk mencairkan es: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Pembuatan es krim dengan campuran es-garam: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Cairan antibeku: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami penurunan titik beku dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

17.4.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap garam untuk mencairkan es, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan penurunan titik beku.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: $\Delta T_f = i K_f m$; $T_{f, \text{larutan}} = T_f^\circ - \Delta T_f$.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena garam untuk mencairkan es. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan $\Delta T_f = i K_f m$; $T_{f, \text{larutan}} = T_f^\circ - \Delta T_f$ harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah titik beku dan kesetimbangan padat-cair perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

17.4.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Garam menaikkan titik beku karena membantu pembentukan kristal.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Garam terlarut umumnya menurunkan titik beku dengan menurunkan potensial kimia pelarut cair.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Penurunan titik beku berarti larutan membeku lebih cepat.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Istilah itu menyatakan suhu beku lebih rendah, bukan laju pembekuan.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Kristal pertama yang terbentuk memiliki komposisi sama dengan larutan.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Pada banyak sistem, kristal awal kaya pelarut sehingga larutan sisa menjadi lebih pekat.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Semua larutan membeku pada satu suhu tajam.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Campuran dapat membeku dalam rentang suhu karena komposisi fase cair berubah selama kristalisasi.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Supercooling sama dengan nilai titik beku kesetimbangan.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Supercooling adalah keadaan metastabil di bawah titik beku tanpa pembentukan kristal segera.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Kf ditentukan oleh jenis zat terlarut.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Kf terutama merupakan konstanta pelarut; zat terlarut masuk melalui molalitas dan faktor partikel.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

17.4.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Garam menaikkan titik beku karena membantu pembentukan kristal."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Garam terlarut umumnya menurunkan titik beku dengan menurunkan potensial kimia pelarut cair. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks pembuatan es krim dengan campuran es-garam.

Kasus 2. Respons: "Penurunan titik beku berarti larutan membeku lebih cepat."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Istilah itu menyatakan suhu beku lebih rendah, bukan laju pembekuan. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks cairan antibeku.

Kasus 3. Respons: "Kristal pertama yang terbentuk memiliki komposisi sama dengan larutan."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Pada banyak sistem, kristal awal kaya pelarut sehingga larutan sisa menjadi lebih pekat. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks garam untuk mencairkan es.

Kasus 4. Respons: "Semua larutan membeku pada satu suhu tajam."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Campuran dapat membeku dalam rentang suhu karena komposisi fase cair berubah selama kristalisasi. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks pembuatan es krim dengan campuran es-garam.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada penurunan titik beku tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

17.4.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks garam untuk mencairkan es, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai penurunan titik beku?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Garam terlarut umumnya menurunkan titik beku dengan menurunkan potensial kimia pelarut cair.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Garam menaikkan titik beku karena membantu pembentukan kristal.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks pembuatan es krim dengan campuran es-garam, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai penurunan titik beku?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Istilah itu menyatakan suhu beku lebih rendah, bukan laju pembekuan.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Penurunan titik beku berarti larutan membeku lebih cepat.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks cairan antibeku, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai penurunan titik beku?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Pada banyak sistem, kristal awal kaya pelarut sehingga larutan sisa menjadi lebih pekat.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Kristal pertama yang terbentuk memiliki komposisi sama dengan larutan.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

17.4.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa memperlakukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembanding	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks garam untuk mencairkan es dan pembuatan es krim dengan campuran es-garam.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Zat terlarut mengganggu kecenderungan molekul pelarut membentuk fase padat teratur. Kesetimbangan padat-cair tercapai pada suhu yang lebih rendah dibandingkan pelarut murni.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: cairan antibeku.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

13. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada garam untuk mencairkan es dan menuliskan alasan.
14. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
15. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
16. Extend: peserta didik menerapkan model pada cairan antibeku dan menjelaskan batas persamaan $\Delta T_f = i K_f m$; $T_{f,larutan} = T_f^\circ - \Delta T_f$.

Teks refutasiional

Bukan: "Garam menaikkan titik beku karena membantu pembentukan kristal.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Garam terlarut umumnya menurunkan titik beku dengan menurunkan potensial kimia pelarut cair.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

17.4.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan penurunan titik beku pada konteks pembuatan es krim dengan campuran es-garam tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan $\Delta T_f = i K_f m$; $T_{f,larutan} = T_f^\circ - \Delta T_f$.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Penurunan titik beku berarti larutan membeku lebih cepat."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Garam menaikkan titik beku karena membantu pembentukan kristal.	Benar/Salah + alasan	Garam terlarut umumnya menurunkan titik beku dengan menurunkan potensial kimia pelarut cair.
2	Penurunan titik beku berarti larutan membeku lebih cepat.	Benar/Salah + alasan	Istilah itu menyatakan suhu beku lebih rendah, bukan laju pembekuan.
3	Kristal pertama yang terbentuk memiliki komposisi sama dengan larutan.	Benar/Salah + alasan	Pada banyak sistem, kristal awal kaya pelarut sehingga larutan sisa menjadi lebih pekat.
4	Semua larutan membeku pada satu suhu tajam.	Benar/Salah + alasan	Campuran dapat membeku dalam rentang suhu karena komposisi fase cair berubah selama kristalisasi.
5	Supercooling sama dengan nilai titik beku kesetimbangan.	Benar/Salah + alasan	Supercooling adalah keadaan metastabil di bawah titik beku tanpa pembentukan kristal segera.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman penurunan titik beku dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

17.5 Tekanan osmotik dan osmosis

17.5.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Osmosis adalah perpindahan bersih pelarut melalui membran semipermeabel akibat perbedaan potensial kimia pelarut. Tekanan osmotik adalah tekanan luar minimum yang diperlukan untuk menghentikan perpindahan bersih tersebut.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis Untuk larutan encer ideal: $\pi = i M R T$. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada tekanan osmotik dan osmosis.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	osmosis, membran semipermeabel, tekanan osmotik, isotonik, hipotonik, hipertonik
Hubungan simbolik	Untuk larutan encer ideal: $\pi = i M R T$.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Sel darah dalam larutan hipotonik dan hipertonik: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Pengawetan makanan dengan garam atau gula: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Desalinasi menggunakan osmosis balik: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami tekanan osmotik dan osmosis dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

17.5.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap sel darah dalam larutan hipotonik dan hipertonik, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan tekanan osmotik dan osmosis.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Untuk larutan encer ideal: $\pi = i M R T$.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena sel darah dalam larutan hipotonik dan hipertonik. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Untuk larutan encer ideal: $\pi = i M R T$. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah osmosis dan membran semipermeabel perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

17.5.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Pada osmosis, zat terlarut berpindah melalui membran menuju larutan encer.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Model dasar menekankan perpindahan bersih pelarut melalui membran yang lebih permeabel terhadap pelarut.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Air selalu bergerak dari larutan pekat ke larutan encer.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Air bergerak bersih dari potensial kimia pelarut lebih tinggi ke lebih rendah, yang sering dinyatakan dari larutan lebih encer ke lebih pekat.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Osmosis hanya dapat terjadi pada sel hidup.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Osmosis merupakan proses fisik yang juga terjadi pada sistem membran buatan.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Tekanan osmotik adalah dorongan mekanis partikel zat terlarut pada membran.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Tekanan osmotik merupakan sifat termodinamik yang berkaitan dengan perbedaan potensial kimia pelarut.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Dua larutan isotonik harus memiliki massa zat terlarut yang sama.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Isotonik berarti tekanan osmotik efektifnya sama pada suhu yang sama, bukan massanya sama.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Osmosis balik terjadi spontan tanpa energi.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Osmosis balik memerlukan tekanan luar yang melebihi tekanan osmotik.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

17.5.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Pada osmosis, zat terlarut berpindah melalui membran menuju larutan encer."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Model dasar menekankan perpindahan bersih pelarut melalui membran yang lebih permeabel terhadap pelarut. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks pengawetan makanan dengan garam atau gula.

Kasus 2. Respons: "Air selalu bergerak dari larutan pekat ke larutan encer."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Air bergerak bersih dari potensial kimia pelarut lebih tinggi ke lebih rendah, yang sering dinyatakan dari larutan lebih encer ke lebih pekat. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks desalinasi menggunakan osmosis balik.

Kasus 3. Respons: "Osmosis hanya dapat terjadi pada sel hidup."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Osmosis merupakan proses fisik yang juga terjadi pada sistem membran buatan. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks sel darah dalam larutan hipotonik dan hipertonik.

Kasus 4. Respons: "Tekanan osmotik adalah dorongan mekanis partikel zat terlarut pada membran."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Tekanan osmotik merupakan sifat termodinamik yang berkaitan dengan perbedaan potensial kimia pelarut. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks pengawetan makanan dengan garam atau gula.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada tekanan osmotik dan osmosis tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

17.5.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks sel darah dalam larutan hipotonik dan hipertonik, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai tekanan osmotik dan osmosis?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Model dasar menekankan perpindahan bersih pelarut melalui membran yang lebih permeabel terhadap pelarut.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Pada osmosis, zat terlarut berpindah melalui membran menuju larutan encer.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks pengawetan makanan dengan garam atau gula, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai tekanan osmotik dan osmosis?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Air bergerak bersih dari potensial kimia pelarut lebih tinggi ke lebih rendah, yang sering dinyatakan dari larutan lebih encer ke lebih pekat.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Air selalu bergerak dari larutan pekat ke larutan encer.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks desalinasi menggunakan osmosis balik, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai tekanan osmotik dan osmosis?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Osmosis merupakan proses fisik yang juga terjadi pada sistem membran buatan.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Osmosis hanya dapat terjadi pada sel hidup.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

17.5.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa mempermalukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks sel darah dalam larutan hipotonik dan hipertonik dan pengawetan makanan dengan garam atau gula.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Osmosis adalah perpindahan bersih pelarut melalui membran semipermeabel akibat perbedaan potensial kimia pelarut. Tekanan osmotik adalah tekanan luar minimum yang diperlukan untuk menghentikan perpindahan bersih tersebut.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: desalinasi menggunakan osmosis balik.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

17. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada sel darah dalam larutan hipotonik dan hipertonik dan menuliskan alasan.
18. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
19. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
20. Extend: peserta didik menerapkan model pada desalinasi menggunakan osmosis balik dan menjelaskan batas persamaan Untuk larutan encer ideal: $\pi = i M R T$.

Teks refutasiional

Bukan: "Pada osmosis, zat terlarut berpindah melalui membran menuju larutan encer.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Model dasar menekankan perpindahan bersih pelarut melalui membran yang lebih permeabel terhadap pelarut.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

17.5.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan tekanan osmotik dan osmosis pada konteks pengawetan makanan dengan garam atau gula tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Untuk larutan encer ideal: $\pi = i M R T$.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Air selalu bergerak dari larutan pekat ke larutan encer."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Pada osmosis, zat terlarut berpindah melalui membran menuju larutan encer.	Benar/Salah + alasan	Model dasar menekankan perpindahan bersih pelarut melalui membran yang lebih permeabel terhadap pelarut.
2	Air selalu bergerak dari larutan pekat ke larutan encer.	Benar/Salah + alasan	Air bergerak bersih dari potensial kimia pelarut lebih tinggi ke lebih rendah, yang sering dinyatakan dari larutan lebih encer ke lebih pekat.
3	Osmosis hanya dapat terjadi pada sel hidup.	Benar/Salah + alasan	Osmosis merupakan proses fisik yang juga terjadi pada sistem membran buatan.
4	Tekanan osmotik adalah dorongan mekanis partikel zat terlarut pada membran.	Benar/Salah + alasan	Tekanan osmotik merupakan sifat termodinamik yang berkaitan dengan perbedaan potensial kimia pelarut.
5	Dua larutan isotonik harus memiliki massa zat terlarut yang sama.	Benar/Salah + alasan	Isotonik berarti tekanan osmotik efektifnya sama pada suhu yang sama, bukan massanya sama.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman tekanan osmotik dan osmosis dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

17.6 Faktor van t Hoff

17.6.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Faktor van t Hoff menyatakan perbandingan jumlah partikel efektif dalam larutan terhadap jumlah unit formula zat yang dilarutkan. Nilainya dipengaruhi disosiasi, asosiasi, dan interaksi antarion.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis $i = \text{jumlah partikel efektif} / \text{jumlah unit formula terlarut}$; untuk disosiasi sederhana $i = 1 + \alpha(nu - 1)$. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada faktor van t hof.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	faktor van t Hoff, derajat disosiasi, asosiasi, pasangan ion, elektrolit kuat, elektrolit lemah
Hubungan simbolik	$i = \text{jumlah partikel efektif} / \text{jumlah unit formula terlarut}$; untuk disosiasi sederhana $i = 1 + \alpha(nu - 1)$.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- NaCl encer dan pekat: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Asam lemah dalam air: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Asam asetat berasosiasi dalam pelarut nonpolar: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami faktor van t hof dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

17.6.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap NaCl encer dan pekat, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan faktor van t hof.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: $i = \text{jumlah partikel efektif} / \text{jumlah unit formula terlarut}$; untuk disosiasi sederhana $i = 1 + \alpha(nu - 1)$.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena NaCl encer dan pekat. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan $i = \text{jumlah partikel efektif} / \text{jumlah unit formula terlarut}$; untuk disosiasi sederhana $i = 1 + \alpha(nu - 1)$. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah faktor van t Hoff dan derajat disosiasi perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

17.6.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Nilai i selalu bilangan bulat sesuai koefisien ion.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Nilai eksperimen dapat nonbulat karena disosiasi tidak lengkap dan interaksi antarion.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Nilai i sama dengan jumlah atom dalam rumus kimia.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	i berkaitan dengan jumlah spesies terlarut, bukan jumlah atom dalam unit formula.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Elektrolit lemah selalu memiliki $i = 1$.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Elektrolit lemah terionisasi sebagian sehingga i umumnya lebih besar dari 1, bergantung pada derajat ionisasi.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Nilai i tidak berubah terhadap konsentrasi.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Pada banyak elektrolit, interaksi ion meningkat pada konsentrasi lebih tinggi sehingga i efektif berubah.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	NaCl selalu menghasilkan tepat dua partikel independen.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Pasangan ion dan atmosfer ion dapat mengurangi jumlah partikel osmotik efektif.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Asosiasi molekul hanya mungkin terjadi pada fase gas.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Asosiasi dapat terjadi dalam larutan, misalnya dimerisasi asam karboksilat pada pelarut tertentu.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

17.6.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Nilai i selalu bilangan bulat sesuai koefisien ion."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Nilai eksperimen dapat nonbulat karena disosiasi tidak lengkap dan interaksi antarion. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks asam lemah dalam air.

Kasus 2. Respons: "Nilai i sama dengan jumlah atom dalam rumus kimia."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: i berkaitan dengan jumlah spesies terlarut, bukan jumlah atom dalam unit formula. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks asam asetat berasosiasi dalam pelarut nonpolar.

Kasus 3. Respons: "Elektrolit lemah selalu memiliki $i = 1$."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Elektrolit lemah terionisasi sebagian sehingga i umumnya lebih besar dari 1, bergantung pada derajat ionisasi. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks NaCl encer dan pekat.

Kasus 4. Respons: "Nilai i tidak berubah terhadap konsentrasi."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Pada banyak elektrolit, interaksi ion meningkat pada konsentrasi lebih tinggi sehingga i efektif berubah. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks asam lemah dalam air.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada faktor van t Hoff tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

17.6.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks NaCl encer dan pekat, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai faktor van t hoff?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Nilai eksperimen dapat nonbulat karena disosiasi tidak lengkap dan interaksi antarion.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Nilai i selalu bilangan bulat sesuai koefisien ion.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks asam lemah dalam air, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai faktor van t hoff?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	i berkaitan dengan jumlah spesies terlarut, bukan jumlah atom dalam unit formula.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Nilai i sama dengan jumlah atom dalam rumus kimia.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks asam asetat berasosiasi dalam pelarut nonpolar, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai faktor van t hoff?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Elektrolit lemah terionisasi sebagian sehingga i umumnya lebih besar dari 1, bergantung pada derajat ionisasi.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Elektrolit lemah selalu memiliki $i = 1$.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

17.6.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa mempermalukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks NaCl encer dan pekat dan asam lemah dalam air.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Faktor van t Hoff menyatakan perbandingan jumlah partikel efektif dalam larutan terhadap jumlah unit formula zat yang dilarutkan. Nilainya dipengaruhi disosiasi, asosiasi, dan interaksi antarion.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: asam asetat berasosiasi dalam pelarut nonpolar.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

21. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada NaCl encer dan pekat dan menuliskan alasan.
22. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
23. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
24. Extend: peserta didik menerapkan model pada asam asetat berasosiasi dalam pelarut nonpolar dan menjelaskan batas persamaan $i = \text{jumlah partikel efektif} / \text{jumlah unit formula terlarut}$; untuk disosiasi sederhana $i = 1 + \alpha(nu - 1)$.

Teks refutasional

Bukan: "Nilai i selalu bilangan bulat sesuai koefisien ion.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Nilai eksperimen dapat nonbulat karena disosiasi tidak lengkap dan interaksi antarion.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

17.6.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan faktor van t hof pada konteks asam lemah dalam air tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan $i = \text{jumlah partikel efektif} / \text{jumlah unit formula terlarut}$; untuk disosiasi sederhana $i = 1 + \alpha(nu - 1)$.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Nilai i sama dengan jumlah atom dalam rumus kimia."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Nilai i selalu bilangan bulat sesuai koefisien ion.	Benar/Salah + alasan	Nilai eksperimen dapat nonbulat karena disosiasi tidak lengkap dan interaksi antarion.
2	Nilai i sama dengan jumlah atom dalam rumus kimia.	Benar/Salah + alasan	i berkaitan dengan jumlah spesies terlarut, bukan jumlah atom dalam unit formula.
3	Elektrolit lemah selalu memiliki $i = 1$.	Benar/Salah + alasan	Elektrolit lemah terionisasi sebagian sehingga i umumnya lebih besar dari 1, bergantung pada derajat ionisasi.
4	Nilai i tidak berubah terhadap konsentrasi.	Benar/Salah + alasan	Pada banyak elektrolit, interaksi ion meningkat pada konsentrasi lebih tinggi sehingga i efektif berubah.
5	NaCl selalu menghasilkan tepat dua partikel independen.	Benar/Salah + alasan	Pasangan ion dan atmosfer ion dapat mengurangi jumlah partikel osmotik efektif.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman faktor van t hof dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

17.7 Molalitas, molaritas, dan fraksi mol

17.7.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Molalitas, molaritas, dan fraksi mol adalah ukuran komposisi dengan penyebut berbeda. Pemilihan ukuran konsentrasi harus disesuaikan dengan fenomena, suhu, serta data yang tersedia.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis $M = n \text{ zat terlarut} / V \text{ larutan}$; $m = n \text{ zat terlarut} / \text{massa pelarut(kg)}$; $x_i = n_i / \text{jumlah } n \text{ semua komponen}$. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada molalitas, molaritas, dan fraksi mol.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	molaritas, molalitas, fraksi mol, volume larutan, massa pelarut, pengenceran
Hubungan simbolik	$M = n \text{ zat terlarut} / V \text{ larutan}$; $m = n \text{ zat terlarut} / \text{massa pelarut(kg)}$; $x_i = n_i / \text{jumlah } n \text{ semua komponen}$.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Pengenceran larutan di laboratorium: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Perubahan volume akibat suhu: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Perhitungan campuran dua cairan: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami molalitas, molaritas, dan fraksi mol dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

17.7.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap pengenceran larutan di laboratorium, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan molalitas, molaritas, dan fraksi mol.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: $M = n \text{ zat terlarut} / V \text{ larutan}$; $m = n \text{ zat terlarut} / \text{massa pelarut(kg)}$; $x_i = n_i / \text{jumlah } n \text{ semua komponen}$.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena pengenceran larutan di laboratorium. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan $M = n \text{ zat terlarut} / V \text{ larutan}$; $m = n \text{ zat terlarut} / \text{massa pelarut(kg)}$; $x_i = n_i / \text{jumlah } n \text{ semua komponen}$. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah molaritas dan molalitas perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

17.7.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Molaritas dan molalitas dapat dipertukarkan tanpa syarat.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Penyebut keduanya berbeda; hubungan numeriknya memerlukan data densitas dan komposisi.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Molalitas menggunakan massa seluruh larutan.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Molalitas menggunakan kilogram pelarut, bukan massa larutan.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Molaritas tidak dipengaruhi suhu.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Volume larutan dapat berubah dengan suhu sehingga molaritas dapat berubah.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Fraksi mol suatu komponen dapat lebih besar dari satu.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Fraksi mol berada antara 0 dan 1, dan jumlah seluruh fraksi mol sama dengan 1.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Penambahan pelarut tidak mengubah molalitas.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Penambahan pelarut memperbesar massa pelarut sehingga molalitas menurun.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Persen massa selalu sama nilainya dengan molaritas.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Keduanya mempunyai definisi dan satuan berbeda; konversi memerlukan massa molar dan densitas.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

17.7.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Molaritas dan molalitas dapat dipertukarkan tanpa syarat."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Penyebut keduanya berbeda; hubungan numeriknya memerlukan data densitas dan komposisi. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks perubahan volume akibat suhu.

Kasus 2. Respons: "Molalitas menggunakan massa seluruh larutan."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Molalitas menggunakan kilogram pelarut, bukan massa larutan. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks perhitungan campuran dua cairan.

Kasus 3. Respons: "Molaritas tidak dipengaruhi suhu."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Volume larutan dapat berubah dengan suhu sehingga molaritas dapat berubah. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks pengenceran larutan di laboratorium.

Kasus 4. Respons: "Fraksi mol suatu komponen dapat lebih besar dari satu."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Fraksi mol berada antara 0 dan 1, dan jumlah seluruh fraksi mol sama dengan 1. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks perubahan volume akibat suhu.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada molalitas, molaritas, dan fraksi mol tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

17.7.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks pengenceran larutan di laboratorium, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai molalitas, molaritas, dan fraksi mol?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Penyebut keduanya berbeda; hubungan numeriknya memerlukan data densitas dan komposisi.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Molaritas dan molalitas dapat dipertukarkan tanpa syarat.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks perubahan volume akibat suhu, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai molalitas, molaritas, dan fraksi mol?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Molalitas menggunakan kilogram pelarut, bukan massa larutan.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Molalitas menggunakan massa seluruh larutan.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks perhitungan campuran dua cairan, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai molalitas, molaritas, dan fraksi mol?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Volume larutan dapat berubah dengan suhu sehingga molaritas dapat berubah.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Molaritas tidak dipengaruhi suhu.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

17.7.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa memperlakukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks pengenceran larutan di laboratorium dan perubahan volume akibat suhu.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Molalitas, molaritas, dan fraksi mol adalah ukuran komposisi dengan penyebut berbeda. Pemilihan ukuran konsentrasi harus disesuaikan dengan fenomena, suhu, serta data yang tersedia.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: perhitungan campuran dua cairan.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

25. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada pengenceran larutan di laboratorium dan menuliskan alasan.
26. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
27. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
28. Extend: peserta didik menerapkan model pada perhitungan campuran dua cairan dan menjelaskan batas persamaan $M = n \text{ zat terlarut} / V \text{ larutan}$; $m = n \text{ zat terlarut} / \text{massa pelarut(kg)}$; $x_i = n_i / \text{jumlah } n \text{ semua komponen}$.

Teks refutasiional

Bukan: "Molaritas dan molalitas dapat dipertukarkan tanpa syarat.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Penyebut keduanya berbeda; hubungan numeriknya memerlukan data densitas dan komposisi.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

17.7.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan molalitas, molaritas, dan fraksi mol pada konteks perubahan volume akibat suhu tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan $M = n \text{ zat terlarut} / V \text{ larutan}$; $m = n \text{ zat terlarut} / \text{massa pelarut(kg)}$; $x_i = n_i / \text{jumlah } n \text{ semua komponen}$.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Molalitas menggunakan massa seluruh larutan."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Molaritas dan molalitas dapat dipertukarkan tanpa syarat.	Benar/Salah + alasan	Penyebut keduanya berbeda; hubungan numeriknya memerlukan data densitas dan komposisi.
2	Molalitas menggunakan massa seluruh larutan.	Benar/Salah + alasan	Molalitas menggunakan kilogram pelarut, bukan massa larutan.
3	Molaritas tidak dipengaruhi suhu.	Benar/Salah + alasan	Volume larutan dapat berubah dengan suhu sehingga molaritas dapat berubah.
4	Fraksi mol suatu komponen dapat lebih besar dari satu.	Benar/Salah + alasan	Fraksi mol berada antara 0 dan 1, dan jumlah seluruh fraksi mol sama dengan 1.
5	Penambahan pelarut tidak mengubah molalitas.	Benar/Salah + alasan	Penambahan pelarut memperbesar massa pelarut sehingga molalitas menurun.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman molalitas, molaritas, dan fraksi mol dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

17.8 Larutan ideal dan batas penerapan

17.8.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Larutan ideal adalah model ketika interaksi A-A, B-B, dan A-B relatif sebanding sehingga hukum Raoult berlaku pada seluruh komposisi. Larutan nyata dapat menunjukkan deviasi dan memerlukan aktivitas.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis Untuk komponen volatil ideal: $P_{\text{total}} = \sum (x_i P_i^\circ)$; larutan nyata menggunakan aktivitas $a_i = \gamma_i x_i$. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada larutan ideal dan batas penerapan.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	larutan ideal, deviasi positif, deviasi negatif, aktivitas, koefisien aktivitas, azeotrop
Hubungan simbolik	Untuk komponen volatil ideal: $P_{\text{total}} = \sum (x_i P_i^\circ)$; larutan nyata menggunakan aktivitas $a_i = \gamma_i x_i$.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Campuran benzena-toluena: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Etanol-air dan azeotrop: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Larutan elektrolit pekat: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami larutan ideal dan batas penerapan dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

17.8.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap campuran benzena-toluena, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan larutan ideal dan batas penerapan.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Untuk komponen volatil ideal: $P_{\text{total}} = \sum (x_i P_i^\circ)$; larutan nyata menggunakan aktivitas $a_i = \gamma_i x_i$.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena campuran benzena-toluena. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Untuk komponen volatil ideal: $P_{\text{total}} = \sum (x_i P_i^\circ)$; larutan nyata menggunakan aktivitas $a_i = \gamma_i x_i$. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah larutan ideal dan deviasi positif perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

17.8.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Semua larutan encer pasti ideal.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Pengenceran membantu, tetapi ion bermuatan dan interaksi spesifik masih dapat menyebabkan ketidakidealan.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Ideal berarti tidak ada gaya antarmolekul.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Larutan ideal tetap memiliki gaya antarmolekul; yang penting adalah kesetaraan relatif interaksi sebelum dan sesudah pencampuran.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Hukum Raoult berlaku langsung untuk larutan elektrolit pekat.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Elektrolit pekat memerlukan pendekatan aktivitas dan pertimbangan interaksi ion.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Deviasi dari Hukum Raoult semata-mata kesalahan eksperimen.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Deviasi sistematis mencerminkan perbedaan kekuatan interaksi antarpartikel.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Azeotrop dapat dipisahkan sempurna dengan distilasi sederhana.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Pada komposisi azeotrop, uap dan cairan memiliki komposisi sama sehingga distilasi sederhana tidak melampauinya.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Aktivitas selalu sama dengan konsentrasi.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Kesetaraan merupakan pendekatan ideal; pada sistem nyata aktivitas dikoreksi dengan koefisien aktivitas.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

17.8.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Semua larutan encer pasti ideal."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembanding yang perlu dibangun ialah: Pengenceran membantu, tetapi ion bermuatan dan interaksi spesifik masih dapat menyebabkan ketidakidealan. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks etanol-air dan azeotrop.

Kasus 2. Respons: "Ideal berarti tidak ada gaya antarmolekul."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembanding yang perlu dibangun ialah: Larutan ideal tetap memiliki gaya antarmolekul; yang penting adalah kesetaraan relatif interaksi sebelum dan sesudah pencampuran. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks larutan elektrolit pekat.

Kasus 3. Respons: "Hukum Raoult berlaku langsung untuk larutan elektrolit pekat."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembanding yang perlu dibangun ialah: Elektrolit pekat memerlukan pendekatan aktivitas dan pertimbangan interaksi ion. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks campuran benzena-toluena.

Kasus 4. Respons: "Deviasi dari Hukum Raoult semata-mata kesalahan eksperimen."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembanding yang perlu dibangun ialah: Deviasi sistematis mencerminkan perbedaan kekuatan interaksi antarpartikel. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks etanol-air dan azeotrop.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada larutan ideal dan batas penerapan tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

17.8.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks campuran benzena-toluena, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai larutan ideal dan batas penerapan?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Pengenceran membantu, tetapi ion bermuatan dan interaksi spesifik masih dapat menyebabkan ketidakidealan.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Semua larutan encer pasti ideal.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks etanol-air dan azeotrop, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai larutan ideal dan batas penerapan?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Larutan ideal tetap memiliki gaya antarmolekul; yang penting adalah kesetaraan relatif interaksi sebelum dan sesudah pencampuran.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Ideal berarti tidak ada gaya antarmolekul.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks larutan elektrolit pekat, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai larutan ideal dan batas penerapan?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Elektrolit pekat memerlukan pendekatan aktivitas dan pertimbangan interaksi ion.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Hukum Raoult berlaku langsung untuk larutan elektrolit pekat.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

17.8.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa memperlakukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks campuran benzena-toluena dan etanol-air dan azeotrop.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Larutan ideal adalah model ketika interaksi A-A, B-B, dan A-B relatif sebanding sehingga hukum Raoult berlaku pada seluruh komposisi. Larutan nyata dapat menunjukkan deviasi dan memerlukan aktivitas.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: larutan elektrolit pekat.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

29. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada campuran benzena-toluena dan menuliskan alasan.
30. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
31. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
32. Extend: peserta didik menerapkan model pada larutan elektrolit pekat dan menjelaskan batas persamaan Untuk komponen volatil ideal: $P_{\text{total}} = \sum (x_i P_i^\circ)$; larutan nyata menggunakan aktivitas $a_i = \gamma_i x_i$.

Teks refutasional

Bukan: "Semua larutan encer pasti ideal.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Pengenceran membantu, tetapi ion bermuatan dan interaksi spesifik masih dapat menyebabkan ketidakidealan.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

17.8.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan larutan ideal dan batas penerapan pada konteks etanol-air dan azeotrop tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Untuk komponen volatil ideal: $P_{\text{total}} = \sum (x_i P_i^\circ)$; larutan nyata menggunakan aktivitas $a_i = \gamma_i x_i$.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Ideal berarti tidak ada gaya antarmolekul."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Semua larutan encer pasti ideal.	Benar/Salah + alasan	Pengenceran membantu, tetapi ion bermuatan dan interaksi spesifik masih dapat menyebabkan ketidakidealan.
2	Ideal berarti tidak ada gaya antarmolekul.	Benar/Salah + alasan	Larutan ideal tetap memiliki gaya antarmolekul; yang penting adalah kesetaraan relatif interaksi sebelum dan sesudah pencampuran.
3	Hukum Raoult berlaku langsung untuk larutan elektrolit pekat.	Benar/Salah + alasan	Elektrolit pekat memerlukan pendekatan aktivitas dan pertimbangan interaksi ion.
4	Deviasi dari Hukum Raoult semata-mata kesalahan eksperimen.	Benar/Salah + alasan	Deviasi sistematis mencerminkan perbedaan kekuatan interaksi antarpartikel.
5	Azeotrop dapat dipisahkan sempurna dengan distilasi sederhana.	Benar/Salah + alasan	Pada komposisi azeotrop, uap dan cairan memiliki komposisi sama sehingga distilasi sederhana tidak melampauinya.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman larutan ideal dan batas penerapan dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

RANGKUMAN BAB 17

Sifat koligatif menghubungkan jumlah efektif partikel terlarut dengan perubahan sifat fisik pelarut. Kesulitan belajar pada bab ini muncul ketika peserta didik hanya menghafal persamaan, tetapi belum membedakan jumlah mol zat, jumlah partikel aktual, jenis pelarut, volatilitas zat terlarut, serta batas idealitas larutan.

Kode	Konsep	Miskonsepsi Representatif	Konsep Ilmiah
17.1	Hakikat sifat koligatif dan jumlah partikel	Sifat koligatif hanya ditentukan oleh massa zat terlarut.	Pada konsentrasi yang sebanding, besarnya efek ditentukan oleh jumlah partikel efektif, bukan massa secara langsung.
17.2	Penurunan tekanan uap	Zat terlarut menurunkan tekanan uap hanya karena menutupi permukaan larutan.	Penjelasan utama berasal dari penurunan potensial kimia dan fraksi mol pelarut, bukan sekadar penutupan geometris permukaan.
17.3	Kenaikan titik didih	Menambahkan garam selalu membuat air lebih cepat mendidih karena titik didihnya turun.	Garam nonvolatil menaikkan titik didih; waktu mencapai didih juga dipengaruhi massa, kapasitas kalor, daya pemanas, dan kehilangan panas.
17.4	Penurunan titik beku	Garam menaikkan titik beku karena membantu pembentukan kristal.	Garam terlarut umumnya menurunkan titik beku dengan menurunkan potensial kimia pelarut cair.
17.5	Tekanan osmotik dan osmosis	Pada osmosis, zat terlarut berpindah melalui membran menuju larutan encer.	Model dasar menekankan perpindahan bersih pelarut melalui membran yang lebih permeabel terhadap pelarut.
17.6	Faktor van t Hoff	Nilai i selalu bilangan bulat sesuai koefisien ion.	Nilai eksperimen dapat nonbulat karena disosiasi tidak lengkap dan interaksi antarion.
17.7	Molalitas, molaritas, dan fraksi mol	Molaritas dan molalitas dapat dipertukarkan tanpa syarat.	Penyebut keduanya berbeda; hubungan numeriknya memerlukan data densitas dan komposisi.
17.8	Larutan ideal dan batas penerapan	Semua larutan encer pasti ideal.	Pengenceran membantu, tetapi ion bermuatan dan interaksi spesifik masih dapat menyebabkan ketidakidealan.

Prinsip Diagnostik Bab

- Jangan menafsirkan satu kesalahan sebagai miskonsepsi tanpa pola bukti.
- Periksa konsistensi respons pada lebih dari satu konteks dan representasi.
- Bedakan ketidaktahuan, salah hitung, salah baca, dan konsepsi alternatif.
- Gunakan keyakinan respons sebagai data pendukung, bukan satu-satunya dasar.
- Hubungkan hasil diagnosis dengan tindakan remediasi yang spesifik.

EVALUASI INTEGRATIF BAB 17

Evaluasi berikut dirancang untuk menilai koordinasi konsep, bukan hanya prosedur rutin. Guru dapat memilih sebagian butir sesuai tujuan dan waktu.

No.	Tugas Integratif	Kriteria Kunci
1	Analisislah konteks larutan gula dan garam dengan massa sama dan jelaskan hakikat sifat koligatif dan jumlah partikel pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Besarnya efek koligatif sebanding dengan jumlah partikel efektif: efek $\sim i \times$ konsentrasi partikulat.
2	Bantahlah pernyataan: "Sifat koligatif hanya ditentukan oleh massa zat terlarut." dengan bukti dan satu contoh batas.	Pada konsentrasi yang sebanding, besarnya efek ditentukan oleh jumlah partikel efektif, bukan massa secara langsung.
3	Analisislah konteks penguapan air laut dan jelaskan penurunan tekanan uap pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Hukum Raoult ideal: $P_{\text{pelarut}} = x_{\text{pelarut}} P^{\circ}_{\text{pelarut}}$; $\Delta P = x_{\text{terlarut}} P^{\circ}_{\text{pelarut}}$.
4	Bantahlah pernyataan: "Zat terlarut menurunkan tekanan uap hanya karena menutupi permukaan larutan." dengan bukti dan satu contoh batas.	Penjelasan utama berasal dari penurunan potensial kimia dan fraksi mol pelarut, bukan sekadar penutupan geometris permukaan.
5	Analisislah konteks air garam untuk memasak dan jelaskan kenaikan titik didih pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan $\Delta T_b = i K_b m$; $T_{b,\text{larutan}} = T_b^{\circ} + \Delta T_b$.
6	Bantahlah pernyataan: "Menambahkan garam selalu membuat air lebih cepat mendidih karena titik didihnya turun." dengan bukti dan satu contoh batas.	Garam nonvolatil menaikkan titik didih; waktu mencapai didih juga dipengaruhi massa, kapasitas kalor, daya pemanas, dan kehilangan panas.
7	Analisislah konteks garam untuk mencairkan es dan jelaskan penurunan titik beku pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan $\Delta T_f = i K_f m$; $T_{f,\text{larutan}} = T_f^{\circ} - \Delta T_f$.
8	Bantahlah pernyataan: "Garam menaikkan titik beku karena membantu pembentukan kristal." dengan bukti dan satu contoh batas.	Garam terlarut umumnya menurunkan titik beku dengan menurunkan potensial kimia pelarut cair.
9	Analisislah konteks sel darah dalam larutan hipotonik dan hipertonik dan jelaskan tekanan osmotik dan osmosis pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Untuk larutan encer ideal: $\pi = i M R T$.
10	Bantahlah pernyataan: "Pada osmosis, zat terlarut berpindah melalui membran menuju larutan encer." dengan bukti dan satu contoh batas.	Model dasar menekankan perpindahan bersih pelarut melalui membran yang lebih permeabel terhadap pelarut.
11	Analisislah konteks NaCl encer dan pekat dan jelaskan faktor van t Hoff pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan $i = \text{jumlah partikel efektif} / \text{jumlah unit formula terlarut}$; untuk disosiasi sederhana $i = 1 + \alpha(nu - 1)$.
12	Bantahlah pernyataan: "Nilai i selalu bilangan bulat sesuai koefisien ion." dengan bukti dan satu contoh batas.	Nilai eksperimen dapat nonbulat karena disosiasi tidak lengkap dan interaksi antarion.
13	Analisislah konteks pengenceran larutan di laboratorium dan jelaskan molalitas, molaritas, dan fraksi mol pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan $M = n \text{ zat terlarut} / V \text{ larutan}$; $m = n \text{ zat terlarut} / \text{massa pelarut (kg)}$; $x_i = n_i / \text{jumlah } n \text{ semua komponen}$.
14	Bantahlah pernyataan: "Molaritas dan molalitas dapat dipertukarkan tanpa syarat." dengan bukti dan satu contoh batas.	Penyebut keduanya berbeda; hubungan numeriknya memerlukan data densitas dan komposisi.
15	Analisislah konteks campuran benzena-toluena dan jelaskan larutan ideal dan batas penerapan pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Untuk komponen volatil ideal: $P_{\text{total}} = \text{jumlah}(x_i P_i^{\circ})$; larutan nyata menggunakan aktivitas $a_i = \gamma_i x_i$.
16	Bantahlah pernyataan: "Semua larutan encer pasti ideal." dengan bukti dan satu contoh batas.	Pengenceran membantu, tetapi ion bermuatan dan interaksi spesifik masih dapat menyebabkan ketidakidealan.

Skor argumentasi

0 = tidak menjawab; 1 = klaim tanpa alasan; 2 = alasan sebagian; 3 = klaim-alasan-bukti konsisten; 4 = mampu menyebut asumsi, batas, dan menerapkan pada konteks baru.

BAB 18 MISKONSEPSI TENTANG REAKSI REDOKS DAN ELEKTROKIMIA

Redoks dan elektrokimia menuntut koordinasi antara perpindahan elektron, perubahan bilangan oksidasi, arah arus, migrasi ion, potensial elektroda, spontanitas termodinamik, dan laju proses. Kesalahan tanda serta analogi aliran muatan menjadi sumber miskonsepsi yang sangat persisten.

Bab ini memperluas daftar miskonsepsi, menyajikan indikator diagnostik, contoh respons peserta didik, instrumen bertingkat, strategi perubahan konseptual, dan evaluasi transfer-retensi. Struktur tetap mengikuti pola buku sebelumnya agar mudah digunakan dalam pembelajaran, penelitian, dan pengembangan instrumen.

Subtopik	Fokus	Istilah Kunci	Miskonsepsi Pemantik
18.1	Bilangan oksidasi dan muatan formal	bilangan oksidasi, muatan formal	Bilangan oksidasi selalu merupakan muatan nyata atom.
18.2	Oksidasi dan reduksi	oksidasi, reduksi	Oksidasi selalu berarti penambahan oksigen.
18.3	Penyetaraan reaksi redoks	setengah reaksi, medium asam	Penyetaraan atom saja sudah cukup untuk reaksi ionik redoks.
18.4	Sel volta dan arah aliran elektron	sel volta, anode	Elektron mengalir melalui jembatan garam.
18.5	Anode dan katode	anode, katode	Anode didefinisikan sebagai elektrode negatif.
18.6	Potensial sel dan spontanitas	potensial reduksi, potensial sel	E sel positif berarti reaksi berlangsung sangat cepat.
18.7	Elektrolisis dan hukum Faraday	elektrolisis, muatan listrik	Arus listrik habis dikonsumsi oleh elektrolit.
18.8	Korosi dan perlindungan logam	korosi, sel lokal	Perkaratan hanya perubahan fisik warna permukaan.

Cara menggunakan bab

Sebelum mengajar, pilih miskonsepsi yang paling relevan. Selama pembelajaran, gunakan pertanyaan dan gambar partikel. Setelah remediasi, ukur transfer dan retensi dengan konteks berbeda.

Peta Konsep Bab 18

Kode	Konsep	Jejaring Konsep	Konteks Utama
18.1	Bilangan oksidasi dan muatan formal	bilangan oksidasi -> muatan formal -> muatan parsial -> peroksida	penentuan oksidator-reduktor
18.2	Oksidasi dan reduksi	oksidasi -> reduksi -> oksidator -> reduktor	pembakaran bahan bakar
18.3	Penyetaraan reaksi redoks	setengah reaksi -> medium asam -> medium basa -> koefisien stoikiometri	reaksi permanganat dalam asam
18.4	Sel volta dan arah aliran elektron	sel volta -> anode -> katode -> jembatan garam	sel Daniell Zn-Cu
18.5	Anode dan katode	anode -> katode -> tanda elektrode -> oksidasi	sel volta
18.6	Potensial sel dan spontanitas	potensial reduksi -> potensial sel -> spontanitas -> persamaan Nernst	prediksi reaksi logam dengan ion
18.7	Elektrolisis dan hukum Faraday	elektrolisis -> muatan listrik -> arus -> waktu	penyepuhan logam
18.8	Korosi dan perlindungan logam	korosi -> sel lokal -> korosi galvanik -> pelapisan	karat pada kendaraan

Jejaring Prasyarat dan Potensi Hambatan

Konsep dalam bab ini saling terhubung dengan struktur materi, mol, ikatan, energi, kesetimbangan, dan kemampuan matematis. Miskonsepsi pada prasyarat dapat muncul kembali dalam bentuk baru. Karena itu, diagnosis perlu membedakan konsep target dari konsep prasyarat yang belum dikuasai.

- Gunakan pertanyaan awal yang tidak langsung memerlukan perhitungan.
- Minta peserta didik memberikan alasan dan tingkat keyakinan.
- Bandingkan respons pada fenomena nyata, gambar partikel, dan persamaan.
- Catat pola yang konsisten lintas subtopik sebagai miskonsepsi inti.
- Rancang remediasi yang menghubungkan bukti, model, simbol, dan refleksi.

18.1 Bilangan oksidasi dan muatan formal

18.1.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Bilangan oksidasi adalah perangkat pembukuan elektron berdasarkan aturan ionik ideal, sedangkan muatan formal membagi elektron ikatan secara sama. Keduanya bukan selalu muatan nyata atom.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis Jumlah bilangan oksidasi = muatan total spesies; muatan formal = elektron valensi - elektron bebas - $1/2$ elektron ikatan. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada bilangan oksidasi dan muatan formal.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	bilangan oksidasi, muatan formal, muatan parsial, peroksida, hidrida, aturan pembukuan
Hubungan simbolik	Jumlah bilangan oksidasi = muatan total spesies; muatan formal = elektron valensi - elektron bebas - $1/2$ elektron ikatan.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Penentuan oksidator-reduktor: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Struktur lewis ion poliatomik: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Senyawa peroksida dan hidrida logam: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami bilangan oksidasi dan muatan formal dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

18.1.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap penentuan oksidator-reduktor, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan bilangan oksidasi dan muatan formal.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Jumlah bilangan oksidasi = muatan total spesies; muatan formal = elektron valensi - elektron bebas - $1/2$ elektron ikatan.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena penentuan oksidator-reduktor. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Jumlah bilangan oksidasi = muatan total spesies; muatan formal = elektron valensi - elektron bebas - $1/2$ elektron ikatan. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah bilangan oksidasi dan muatan formal perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

18.1.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Bilangan oksidasi selalu merupakan muatan nyata atom.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Bilangan oksidasi adalah konstruksi formal; distribusi elektron nyata dapat bersifat kovalen dan menghasilkan muatan parsial.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Muatan formal sama dengan bilangan oksidasi.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Keduanya memakai aturan pembagian elektron berbeda dan melayani tujuan berbeda.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Jumlah bilangan oksidasi semua atom selalu nol.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Untuk ion poliatomik, jumlahnya sama dengan muatan ion.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Oksigen selalu memiliki bilangan oksidasi -2.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Peroksida, superoksida, dan senyawa dengan fluor merupakan pengecualian.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Hidrogen selalu memiliki bilangan oksidasi +1.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Dalam hidrida logam tertentu, hidrogen memiliki bilangan oksidasi -1.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Bilangan oksidasi rata-rata pecahan berarti setiap atom memiliki muatan pecahan identik.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Nilai rata-rata dapat mewakili atom setara secara formal atau campuran keadaan oksidasi yang perlu dianalisis struktural.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

18.1.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Bilangan oksidasi selalu merupakan muatan nyata atom."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Bilangan oksidasi adalah konstruksi formal; distribusi elektron nyata dapat bersifat kovalen dan menghasilkan muatan parsial. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks struktur Lewis ion poliatomik.

Kasus 2. Respons: "Muatan formal sama dengan bilangan oksidasi."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Keduanya memakai aturan pembagian elektron berbeda dan melayani tujuan berbeda. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks senyawa peroksida dan hidrida logam.

Kasus 3. Respons: "Jumlah bilangan oksidasi semua atom selalu nol."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Untuk ion poliatomik, jumlahnya sama dengan muatan ion. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks penentuan oksidator-reduktor.

Kasus 4. Respons: "Oksigen selalu memiliki bilangan oksidasi -2."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Peroksida, superoksida, dan senyawa dengan fluor merupakan pengecualian. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks struktur Lewis ion poliatomik.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada bilangan oksidasi dan muatan formal tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

18.1.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks penentuan oksidator-reduktor, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai bilangan oksidasi dan muatan formal?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Bilangan oksidasi adalah konstruksi formal; distribusi elektron nyata dapat bersifat kovalen dan menghasilkan muatan parsial.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Bilangan oksidasi selalu merupakan muatan nyata atom.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks struktur Lewis ion poliatomik, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai bilangan oksidasi dan muatan formal?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Keduanya memakai aturan pembagian elektron berbeda dan melayani tujuan berbeda.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Muatan formal sama dengan bilangan oksidasi.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks senyawa peroksida dan hidrida logam, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai bilangan oksidasi dan muatan formal?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Untuk ion poliatomik, jumlahnya sama dengan muatan ion.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Jumlah bilangan oksidasi semua atom selalu nol.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

18.1.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa memperlakukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks penentuan oksidator-reduktor dan struktur Lewis ion poliatomik.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Bilangan oksidasi adalah perangkat pembukuan elektron berdasarkan aturan ionik ideal, sedangkan muatan formal membagi elektron ikatan secara sama. Keduanya bukan selalu muatan nyata atom.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: senyawa peroksida dan hidrida logam.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

33. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada penentuan oksidator-reduktor dan menuliskan alasan.
34. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
35. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
36. Extend: peserta didik menerapkan model pada senyawa peroksida dan hidrida logam dan menjelaskan batas persamaan Jumlah bilangan oksidasi = muatan total spesies; muatan formal = elektron valensi - elektron bebas - $1/2$ elektron ikatan.

Teks refutasional

Bukan: "Bilangan oksidasi selalu merupakan muatan nyata atom.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Bilangan oksidasi adalah konstruksi formal; distribusi elektron nyata dapat bersifat kovalen dan menghasilkan muatan parsial.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

18.1.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan bilangan oksidasi dan muatan formal pada konteks struktur Lewis ion poliatomik tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Jumlah bilangan oksidasi = muatan total spesies; muatan formal = elektron valensi - elektron bebas - $1/2$ elektron ikatan.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Muatan formal sama dengan bilangan oksidasi."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Bilangan oksidasi selalu merupakan muatan nyata atom.	Benar/Salah + alasan	Bilangan oksidasi adalah konstruksi formal; distribusi elektron nyata dapat bersifat kovalen dan menghasilkan muatan parsial.
2	Muatan formal sama dengan bilangan oksidasi.	Benar/Salah + alasan	Keduanya memakai aturan pembagian elektron berbeda dan melayani tujuan berbeda.
3	Jumlah bilangan oksidasi semua atom selalu nol.	Benar/Salah + alasan	Untuk ion poliatomik, jumlahnya sama dengan muatan ion.
4	Oksigen selalu memiliki bilangan oksidasi -2.	Benar/Salah + alasan	Peroksida, superoksida, dan senyawa dengan fluor merupakan pengecualian.
5	Hidrogen selalu memiliki bilangan oksidasi +1.	Benar/Salah + alasan	Dalam hidrida logam tertentu, hidrogen memiliki bilangan oksidasi -1.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman bilangan oksidasi dan muatan formal dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

18.2 Oksidasi dan reduksi

18.2.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Oksidasi adalah pelepasan elektron atau kenaikan bilangan oksidasi, sedangkan reduksi adalah penerimaan elektron atau penurunan bilangan oksidasi. Kedua proses selalu berpasangan.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis Oksidasi: e^- sebagai produk setengah reaksi; reduksi: e^- sebagai pereaksi setengah reaksi. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada oksidasi dan reduksi.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	oksidasi, reduksi, oksidator, reduktor, setengah reaksi, transfer elektron
Hubungan simbolik	Oksidasi: e^- sebagai produk setengah reaksi; reduksi: e^- sebagai pereaksi setengah reaksi.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Pembakaran bahan bakar: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Perkaratan besi: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Reaksi pemutih dan antioksidan: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami oksidasi dan reduksi dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

18.2.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap pembakaran bahan bakar, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan oksidasi dan reduksi.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Oksidasi: e- sebagai produk setengah reaksi; reduksi: e- sebagai pereaksi setengah reaksi.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena pembakaran bahan bakar. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Oksidasi: e- sebagai produk setengah reaksi; reduksi: e- sebagai pereaksi setengah reaksi. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah oksidasi dan reduksi perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

18.2.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Oksidasi selalu berarti penambahan oksigen.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Definisi modern menggunakan perubahan elektron atau bilangan oksidasi; oksigen tidak harus terlibat.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Reduksi selalu berarti pelepasan oksigen.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Reduksi ditandai penerimaan elektron atau penurunan bilangan oksidasi.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Oksidator mengalami oksidasi.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Oksidator mengoksidasi spesies lain dan dirinya mengalami reduksi.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Transfer elektron harus tampak sebagai elektron bebas dalam persamaan total.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Elektron biasanya dieliminasi ketika setengah reaksi dijumlahkan.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Reaksi kovalen tidak dapat berupa redoks.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Perubahan pembagian formal elektron pada senyawa kovalen dapat menghasilkan perubahan bilangan oksidasi.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Semua reaksi asam-basa adalah redoks.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Transfer proton dapat terjadi tanpa perubahan bilangan oksidasi.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

18.2.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Oksidasi selalu berarti penambahan oksigen."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Definisi modern menggunakan perubahan elektron atau bilangan oksidasi; oksigen tidak harus terlibat. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks perkaratan besi.

Kasus 2. Respons: "Reduksi selalu berarti pelepasan oksigen."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Reduksi ditandai penerimaan elektron atau penurunan bilangan oksidasi. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks reaksi pemutih dan antioksidan.

Kasus 3. Respons: "Oksidator mengalami oksidasi."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Oksidator mengoksidasi spesies lain dan dirinya mengalami reduksi. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks pembakaran bahan bakar.

Kasus 4. Respons: "Transfer elektron harus tampak sebagai elektron bebas dalam persamaan total."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Elektron biasanya dieliminasi ketika setengah reaksi dijumlahkan. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks perkaratan besi.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada oksidasi dan reduksi tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

18.2.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks pembakaran bahan bakar, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai oksidasi dan reduksi?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Definisi modern menggunakan perubahan elektron atau bilangan oksidasi; oksigen tidak harus terlibat.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Oksidasi selalu berarti penambahan oksigen.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks perkaratan besi, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai oksidasi dan reduksi?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Reduksi ditandai penerimaan elektron atau penurunan bilangan oksidasi.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Reduksi selalu berarti pelepasan oksigen.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks reaksi pemutih dan antioksidan, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai oksidasi dan reduksi?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Oksidator mengoksidasi spesies lain dan dirinya mengalami reduksi.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Oksidator mengalami oksidasi.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

18.2.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa mempermalukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks pembakaran bahan bakar dan perkaratan besi.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Oksidasi adalah pelepasan elektron atau kenaikan bilangan oksidasi, sedangkan reduksi adalah penerimaan elektron atau penurunan bilangan oksidasi. Kedua proses selalu berpasangan.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: reaksi pemutih dan antioksidan.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

37. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada pembakaran bahan bakar dan menuliskan alasan.
38. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
39. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
40. Extend: peserta didik menerapkan model pada reaksi pemutih dan antioksidan dan menjelaskan batas persamaan Oksidasi: e^- sebagai produk setengah reaksi; reduksi: e^- sebagai pereaksi setengah reaksi.

Teks refutasiional

Bukan: "Oksidasi selalu berarti penambahan oksigen.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Definisi modern menggunakan perubahan elektron atau bilangan oksidasi; oksigen tidak harus terlibat.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

18.2.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan oksidasi dan reduksi pada konteks perkaratan besi tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Oksidasi: e- sebagai produk setengah reaksi; reduksi: e- sebagai pereaksi setengah reaksi.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Reduksi selalu berarti pelepasan oksigen."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Oksidasi selalu berarti penambahan oksigen.	Benar/Salah + alasan	Definisi modern menggunakan perubahan elektron atau bilangan oksidasi; oksigen tidak harus terlibat.
2	Reduksi selalu berarti pelepasan oksigen.	Benar/Salah + alasan	Reduksi ditandai penerimaan elektron atau penurunan bilangan oksidasi.
3	Oksidator mengalami oksidasi.	Benar/Salah + alasan	Oksidator mengoksidasi spesies lain dan dirinya mengalami reduksi.
4	Transfer elektron harus tampak sebagai elektron bebas dalam persamaan total.	Benar/Salah + alasan	Elektron biasanya dieliminasi ketika setengah reaksi dijumlahkan.
5	Reaksi kovalen tidak dapat berupa redoks.	Benar/Salah + alasan	Perubahan pembagian formal elektron pada senyawa kovalen dapat menghasilkan perubahan bilangan oksidasi.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman oksidasi dan reduksi dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

18.3 Penyetaraan reaksi redoks

18.3.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Penyetaraan redoks harus memenuhi kekekalan atom, muatan, dan elektron. Metode setengah reaksi membedakan medium asam dan basa serta memastikan jumlah elektron dilepas sama dengan diterima.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis Jumlah elektron oksidasi = jumlah elektron reduksi; cek akhir: atom dan muatan kedua sisi sama. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada penyetaraan reaksi redoks.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	setengah reaksi, medium asam, medium basa, koefisien stoikiometri, kekekalan muatan, elektron
Hubungan simbolik	Jumlah elektron oksidasi = jumlah elektron reduksi; cek akhir: atom dan muatan kedua sisi sama.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Reaksi permanganat dalam asam: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Disproporsionasi klorin dalam basa: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Reaksi dikromat dengan ion besi(ii): gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami penyetaraan reaksi redoks dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

18.3.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap reaksi permanganat dalam asam, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan penyetaraan reaksi redoks.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Jumlah elektron oksidasi = jumlah elektron reduksi; cek akhir: atom dan muatan kedua sisi sama.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena reaksi permanganat dalam asam. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Jumlah elektron oksidasi = jumlah elektron reduksi; cek akhir: atom dan muatan kedua sisi sama. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah setengah reaksi dan medium asam perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

18.3.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Penyetaraan atom saja sudah cukup untuk reaksi ionik redoks.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Muatan total dan jumlah elektron juga harus setara.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Indeks dalam rumus boleh diubah untuk menyeimbangkan reaksi.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Hanya koefisien stoikiometri yang boleh diubah; perubahan indeks mengubah identitas zat.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Elektron harus tersisa dalam persamaan ion total.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Elektron saling menghapus setelah setengah reaksi dijumlahkan.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Langkah medium asam dapat dipakai di basa tanpa penyesuaian.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Ion H^+ yang muncul harus dinetralkan dengan OH^- dan bentuk akhir disederhanakan.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Persamaan akhir dalam medium basa boleh mengandung H^+ bebas.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Bentuk akhir harus konsisten dengan medium basa setelah penambahan OH^- dan penyederhanaan air.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Koefisien kelipatan besar sama baiknya dengan koefisien terkecil.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Secara kimia ekuivalen, tetapi konvensi menuntut rasio bilangan bulat terkecil untuk komunikasi yang jelas.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

18.3.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Penyetaraan atom saja sudah cukup untuk reaksi ionik redoks."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Muatan total dan jumlah elektron juga harus setara. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks disproporsionasi klorin dalam basa.

Kasus 2. Respons: "Indeks dalam rumus boleh diubah untuk menyeimbangkan reaksi."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Hanya koefisien stoikiometri yang boleh diubah; perubahan indeks mengubah identitas zat. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks reaksi dikromat dengan ion besi(II).

Kasus 3. Respons: "Elektron harus tersisa dalam persamaan ion total."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Elektron saling menghapus setelah setengah reaksi dijumlahkan. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks reaksi permanganat dalam asam.

Kasus 4. Respons: "Langkah medium asam dapat dipakai di basa tanpa penyesuaian."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Ion H^+ yang muncul harus dinetralkan dengan OH^- dan bentuk akhir disederhanakan. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks disproporsionasi klorin dalam basa.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada penyetaraan reaksi redoks tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

18.3.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks reaksi permanganat dalam asam, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai penyetaraan reaksi redoks?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Muatan total dan jumlah elektron juga harus setara.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Penyetaraan atom saja sudah cukup untuk reaksi ionik redoks.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks disproporsionasi klorin dalam basa, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai penyetaraan reaksi redoks?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Hanya koefisien stoikiometri yang boleh diubah; perubahan indeks mengubah identitas zat.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Indeks dalam rumus boleh diubah untuk menyeimbangkan reaksi.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks reaksi dikromat dengan ion besi(II), pernyataan manakah yang paling tepat mengenai penyetaraan reaksi redoks?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Elektron saling menghapus setelah setengah reaksi dijumlahkan.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Elektron harus tersisa dalam persamaan ion total.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

18.3.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa memperlakukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks reaksi permanganat dalam asam dan disproporsionasi klorin dalam basa.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Penyetaraan redoks harus memenuhi kekekalan atom, muatan, dan elektron. Metode setengah reaksi membedakan medium asam dan basa serta memastikan jumlah elektron dilepas sama dengan diterima.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: reaksi dikromat dengan ion besi(II).	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

41. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada reaksi permanganat dalam asam dan menuliskan alasan.
42. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
43. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
44. Extend: peserta didik menerapkan model pada reaksi dikromat dengan ion besi(II) dan menjelaskan batas persamaan Jumlah elektron oksidasi = jumlah elektron reduksi; cek akhir: atom dan muatan kedua sisi sama.

Teks refutasional

Bukan: "Penyetaraan atom saja sudah cukup untuk reaksi ionik redoks.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Muatan total dan jumlah elektron juga harus setara.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

18.3.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan penyetaraan reaksi redoks pada konteks disproporsionasi klorin dalam basa tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Jumlah elektron oksidasi = jumlah elektron reduksi; cek akhir: atom dan muatan kedua sisi sama.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Indeks dalam rumus boleh diubah untuk menyeimbangkan reaksi."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Penyetaraan atom saja sudah cukup untuk reaksi ionik redoks.	Benar/Salah + alasan	Muatan total dan jumlah elektron juga harus setara.
2	Indeks dalam rumus boleh diubah untuk menyeimbangkan reaksi.	Benar/Salah + alasan	Hanya koefisien stoikiometri yang boleh diubah; perubahan indeks mengubah identitas zat.
3	Elektron harus tersisa dalam persamaan ion total.	Benar/Salah + alasan	Elektron saling menghapus setelah setengah reaksi dijumlahkan.
4	Langkah medium asam dapat dipakai di basa tanpa penyesuaian.	Benar/Salah + alasan	Ion H ⁺ yang muncul harus dinetralkan dengan OH ⁻ dan bentuk akhir disederhanakan.
5	Persamaan akhir dalam medium basa boleh mengandung H ⁺ bebas.	Benar/Salah + alasan	Bentuk akhir harus konsisten dengan medium basa setelah penambahan OH ⁻ dan penyederhanaan air.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman penyetaraan reaksi redoks dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

18.4 Sel volta dan arah aliran elektron

18.4.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Sel volta mengubah energi bebas reaksi spontan menjadi energi listrik. Elektron mengalir melalui rangkaian luar dari anode ke katode, sedangkan ion bermigrasi dalam elektrolit dan jembatan garam untuk menjaga kenetralan muatan.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis Anode: oksidasi; katode: reduksi; elektron: anode $\rightarrow$ katode pada rangkaian luar. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada sel volta dan arah aliran elektron.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	sel volta, anode, katode, jembatan garam, rangkaian luar, migrasi ion
Hubungan simbolik	Anode: oksidasi; katode: reduksi; elektron: anode $\rightarrow$ katode pada rangkaian luar.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Sel daniell zn-cu: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Baterai primer: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Pengukuran tegangan sel: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami sel volta dan arah aliran elektron dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

18.4.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap sel Daniell Zn-Cu, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan sel volta dan arah aliran elektron.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Anode: oksidasi; katode: reduksi; elektron: anode $\rightarrow$ katode pada rangkaian luar.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena sel Daniell Zn-Cu. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Anode: oksidasi; katode: reduksi; elektron: anode $\rightarrow$ katode pada rangkaian luar. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah sel volta dan anode perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

18.4.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Elektron mengalir melalui jembatan garam.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Jembatan garam menghantarkan ion; elektron bergerak melalui konduktor logam eksternal.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Ion positif dalam larutan membawa elektron dari anode ke katode.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Ion membawa muatan melalui migrasi, tetapi mekanismenya bukan mengangkut elektron bebas melalui larutan.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Anode sel volta selalu bertanda positif.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Pada sel volta anode umumnya negatif karena menjadi sumber elektron.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Massa kedua elektroda selalu berubah dengan besar yang sama.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Perubahan massa bergantung pada stoikiometri elektron dan massa molar spesies elektroda.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Jembatan garam hanya menyangga dua bejana secara mekanis.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Jembatan garam mempertahankan kenetralan dan menutup rangkaian ionik.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Sel berhenti hanya karena semua elektron di anode habis.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Sel dapat berhenti karena pereaksi habis, perubahan konsentrasi, polarisasi, peningkatan resistansi, atau tercapainya kesetimbangan.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

18.4.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Elektron mengalir melalui jembatan garam."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Jembatan garam menghantarkan ion; elektron bergerak melalui konduktor logam eksternal. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks baterai primer.

Kasus 2. Respons: "Ion positif dalam larutan membawa elektron dari anode ke katode."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Ion membawa muatan melalui migrasi, tetapi mekanismenya bukan mengangkut elektron bebas melalui larutan. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks pengukuran tegangan sel.

Kasus 3. Respons: "Anode sel volta selalu bertanda positif."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Pada sel volta anode umumnya negatif karena menjadi sumber elektron. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks sel Daniell Zn-Cu.

Kasus 4. Respons: "Massa kedua elektroda selalu berubah dengan besar yang sama."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Perubahan massa bergantung pada stoikiometri elektron dan massa molar spesies elektroda. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks baterai primer.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada sel volta dan arah aliran elektron tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

18.4.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks sel Daniell Zn-Cu, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai sel volta dan arah aliran elektron?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Jembatan garam menghantarkan ion; elektron bergerak melalui konduktor logam eksternal.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Elektron mengalir melalui jembatan garam.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks baterai primer, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai sel volta dan arah aliran elektron?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Ion membawa muatan melalui migrasi, tetapi mekanismenya bukan mengangkut elektron bebas melalui larutan.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Ion positif dalam larutan membawa elektron dari anode ke katode.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks pengukuran tegangan sel, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai sel volta dan arah aliran elektron?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Pada sel volta anode umumnya negatif karena menjadi sumber elektron.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Anode sel volta selalu bertanda positif.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

18.4.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa mempermalukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks sel Daniell Zn-Cu dan baterai primer.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Sel volta mengubah energi bebas reaksi spontan menjadi energi listrik. Elektron mengalir melalui rangkaian luar dari anode ke katode, sedangkan ion bermigrasi dalam elektrolit dan jembatan garam untuk menjaga kenetralan muatan.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: pengukuran tegangan sel.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

45. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada sel Daniell Zn-Cu dan menuliskan alasan.
46. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
47. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
48. Extend: peserta didik menerapkan model pada pengukuran tegangan sel dan menjelaskan batas persamaan Anode: oksidasi; katode: reduksi; elektron: anode $\rightarrow$ katode pada rangkaian luar.

Teks refutasiional

Bukan: "Elektron mengalir melalui jembatan garam.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Jembatan garam menghantarkan ion; elektron bergerak melalui konduktor logam eksternal.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

18.4.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan sel volta dan arah aliran elektron pada konteks baterai primer tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Anode: oksidasi; katode: reduksi; elektron: anode → katode pada rangkaian luar.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Ion positif dalam larutan membawa elektron dari anode ke katode."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Elektron mengalir melalui jembatan garam.	Benar/Salah + alasan	Jembatan garam menghantarkan ion; elektron bergerak melalui konduktor logam eksternal.
2	Ion positif dalam larutan membawa elektron dari anode ke katode.	Benar/Salah + alasan	Ion membawa muatan melalui migrasi, tetapi mekanismenya bukan mengangkut elektron bebas melalui larutan.
3	Anode sel volta selalu bertanda positif.	Benar/Salah + alasan	Pada sel volta anode umumnya negatif karena menjadi sumber elektron.
4	Massa kedua elektroda selalu berubah dengan besar yang sama.	Benar/Salah + alasan	Perubahan massa bergantung pada stoikiometri elektron dan massa molar spesies elektroda.
5	Jembatan garam hanya menyangga dua bejana secara mekanis.	Benar/Salah + alasan	Jembatan garam mempertahankan kenetralan dan menutup rangkaian ionik.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman sel volta dan arah aliran elektron dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

18.5 Anode dan katode

18.5.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Anode didefinisikan sebagai tempat oksidasi dan katode sebagai tempat reduksi. Tanda elektrode bergantung pada apakah sistem bekerja spontan sebagai sel volta atau dipaksa sebagai sel elektrolisis.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis AnOx dan RedCat: anode-oksidasi, katode-reduksi; definisi tidak berubah meskipun tanda berubah. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada anode dan katode.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	anode, katode, tanda elektrode, oksidasi, reduksi, elektrode inert
Hubungan simbolik	AnOx dan RedCat: anode-oksidasi, katode-reduksi; definisi tidak berubah meskipun tanda berubah.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Sel volta: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Sel elektrolisis: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Pelapisan logam dan pemurnian tembaga: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami anode dan katode dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

18.5.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap sel volta, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan anode dan katode.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: AnOx dan RedCat: anode-oksidasi, katode-reduksi; definisi tidak berubah meskipun tanda berubah.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena sel volta. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan AnOx dan RedCat: anode-oksidasi, katode-reduksi; definisi tidak berubah meskipun tanda berubah. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah anode dan katode perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

18.5.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Anode didefinisikan sebagai elektrode negatif.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Anode didefinisikan oleh oksidasi; tandanya negatif pada sel volta dan positif pada sel elektrolisis.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Katode selalu positif.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Katode positif pada sel volta tetapi negatif pada sel elektrolisis.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Oksidasi dapat berlangsung di katode jika sumber listrik dibalik.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Perubahan sambungan mengubah elektrode mana yang menjadi anode, tetapi oksidasi tetap terjadi di anode.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Elektron selalu masuk ke anode dari rangkaian luar.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Anode menghasilkan elektron melalui oksidasi; arah pada kabel ditentukan jenis sel dan sumber listrik.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Nama anode dan katode ditentukan oleh jenis logamnya.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Nama ditentukan oleh proses elektrokimia yang berlangsung, bukan identitas material.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Elektrode inert selalu ikut bereaksi dan habis.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Elektrode inert terutama menyediakan permukaan transfer elektron, walaupun pada kondisi tertentu dapat mengalami reaksi samping.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

18.5.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Anode didefinisikan sebagai elektrode negatif."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Anode didefinisikan oleh oksidasi; tandanya negatif pada sel volta dan positif pada sel elektrolisis. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks sel elektrolisis.

Kasus 2. Respons: "Katode selalu positif."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Katode positif pada sel volta tetapi negatif pada sel elektrolisis. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks pelapisan logam dan pemurnian tembaga.

Kasus 3. Respons: "Oksidasi dapat berlangsung di katode jika sumber listrik dibalik."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Perubahan sambungan mengubah elektrode mana yang menjadi anode, tetapi oksidasi tetap terjadi di anode. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks sel volta.

Kasus 4. Respons: "Elektron selalu masuk ke anode dari rangkaian luar."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Anode menghasilkan elektron melalui oksidasi; arah pada kabel ditentukan jenis sel dan sumber listrik. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks sel elektrolisis.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada anode dan katode tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

18.5.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks sel volta, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai anode dan katode?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Anode didefinisikan oleh oksidasi; tandanya negatif pada sel volta dan positif pada sel elektrolisis.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Anode didefinisikan sebagai elektrode negatif.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks sel elektrolisis, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai anode dan katode?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Katode positif pada sel volta tetapi negatif pada sel elektrolisis.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Katode selalu positif.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks pelapisan logam dan pemurnian tembaga, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai anode dan katode?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Perubahan sambungan mengubah elektrode mana yang menjadi anode, tetapi oksidasi tetap terjadi di anode.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Oksidasi dapat berlangsung di katode jika sumber listrik dibalik.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

18.5.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa memperlakukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks sel volta dan sel elektrolisis.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Anode didefinisikan sebagai tempat oksidasi dan katode sebagai tempat reduksi. Tanda elektrode bergantung pada apakah sistem bekerja spontan sebagai sel volta atau dipaksa sebagai sel elektrolisis.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: pelapisan logam dan pemurnian tembaga.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

49. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada sel volta dan menuliskan alasan.
50. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
51. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
52. Extend: peserta didik menerapkan model pada pelapisan logam dan pemurnian tembaga dan menjelaskan batas persamaan $AnOx$ dan RedCat: anode-oksidasi, katode-reduksi; definisi tidak berubah meskipun tanda berubah.

Teks refutasional

Bukan: "Anode didefinisikan sebagai elektrode negatif." Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Anode didefinisikan oleh oksidasi; tandanya negatif pada sel volta dan positif pada sel elektrolisis.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

18.5.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan anode dan katode pada konteks sel elektrolisis tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan AnOx dan RedCat: anode-oksidasi, katode-reduksi; definisi tidak berubah meskipun tanda berubah.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Katode selalu positif."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Anode didefinisikan sebagai elektrode negatif.	Benar/Salah + alasan	Anode didefinisikan oleh oksidasi; tandanya negatif pada sel volta dan positif pada sel elektrolisis.
2	Katode selalu positif.	Benar/Salah + alasan	Katode positif pada sel volta tetapi negatif pada sel elektrolisis.
3	Oksidasi dapat berlangsung di katode jika sumber listrik dibalik.	Benar/Salah + alasan	Perubahan sambungan mengubah elektrode mana yang menjadi anode, tetapi oksidasi tetap terjadi di anode.
4	Elektron selalu masuk ke anode dari rangkaian luar.	Benar/Salah + alasan	Anode menghasilkan elektron melalui oksidasi; arah pada kabel ditentukan jenis sel dan sumber listrik.
5	Nama anode dan katode ditentukan oleh jenis logamnya.	Benar/Salah + alasan	Nama ditentukan oleh proses elektrokimia yang berlangsung, bukan identitas material.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman anode dan katode dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

18.6 Potensial sel dan spontanitas

18.6.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Potensial sel mengukur kecenderungan termodinamik reaksi redoks menghasilkan kerja listrik pada kondisi tertentu. Nilai positif menunjukkan spontanitas termodinamik untuk arah yang ditulis, bukan kecepatan reaksi.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis $E^{\circ}_{\text{sel}} = E^{\circ}_{\text{katode}} - E^{\circ}_{\text{anode}}$; $\Delta G^{\circ} = -n F E^{\circ}$; $E = E^{\circ} - (RT/nF) \ln Q$. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada potensial sel dan spontanitas.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	potensial reduksi, potensial sel, spontanitas, persamaan Nernst, energi bebas, kuosien reaksi
Hubungan simbolik	$E^{\circ}_{\text{sel}} = E^{\circ}_{\text{katode}} - E^{\circ}_{\text{anode}}$; $\Delta G^{\circ} = -n F E^{\circ}$; $E = E^{\circ} - (RT/nF) \ln Q$.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Prediksi reaksi logam dengan ion: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Pengaruh konsentrasi pada tegangan: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Hubungan e° , k , dan ΔG° : gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami potensial sel dan spontanitas dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

18.6.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap prediksi reaksi logam dengan ion, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan potensial sel dan spontanitas.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: $E^{\circ}_{\text{sel}} = E^{\circ}_{\text{katode}} - E^{\circ}_{\text{anode}}$; $\Delta G^{\circ} = -n F E^{\circ}$; $E = E^{\circ} - (RT/nF) \ln Q$.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena prediksi reaksi logam dengan ion. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan $E^{\circ}_{\text{sel}} = E^{\circ}_{\text{katode}} - E^{\circ}_{\text{anode}}$; $\Delta G^{\circ} = -n F E^{\circ}$; $E = E^{\circ} - (RT/nF) \ln Q$. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah potensial reduksi dan potensial sel perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

18.6.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	E sel positif berarti reaksi berlangsung sangat cepat.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	E berkaitan dengan kelayakan termodinamik; laju ditentukan pula oleh kinetika dan energi aktivasi.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	E sel dihitung dengan menjumlahkan dua potensial reduksi tabel tanpa perubahan.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Jika keduanya ditulis sebagai reduksi, gunakan E katode dikurangi E anode.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	E° positif berarti reaksi berlangsung sampai semua pereaksi habis.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Reaksi menuju kesetimbangan; besarnya konstanta kesetimbangan menentukan derajat kemajuan.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Potensial sel tidak dipengaruhi konsentrasi.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Potensial nonstandar bergantung pada Q melalui persamaan Nernst.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Q dalam persamaan Nernst dapat dibalik tanpa mengubah tanda.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Pembalikan Q harus konsisten dengan pembalikan arah reaksi dan tanda E.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Delta G° positif untuk reaksi spontan.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Pada suhu dan tekanan tetap, reaksi spontan arah standar memiliki Delta G° negatif dan E° positif.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

18.6.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "E sel positif berarti reaksi berlangsung sangat cepat."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: E berkaitan dengan kelayakan termodinamik; laju ditentukan pula oleh kinetika dan energi aktivasi. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks pengaruh konsentrasi pada tegangan.

Kasus 2. Respons: "E sel dihitung dengan menjumlahkan dua potensial reduksi tabel tanpa perubahan."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Jika keduanya ditulis sebagai reduksi, gunakan E katode dikurangi E anode. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks hubungan E° , K, dan ΔG° .

Kasus 3. Respons: " E° positif berarti reaksi berlangsung sampai semua pereaksi habis."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Reaksi menuju kesetimbangan; besarnya konstanta kesetimbangan menentukan derajat kemajuan. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks prediksi reaksi logam dengan ion.

Kasus 4. Respons: "Potensial sel tidak dipengaruhi konsentrasi."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Potensial nonstandar bergantung pada Q melalui persamaan Nernst. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks pengaruh konsentrasi pada tegangan.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada potensial sel dan spontanitas tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

18.6.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks prediksi reaksi logam dengan ion, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai potensial sel dan spontanitas?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	E berkaitan dengan kelayakan termodinamik; laju ditentukan pula oleh kinetika dan energi aktivasi.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	E sel positif berarti reaksi berlangsung sangat cepat.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks pengaruh konsentrasi pada tegangan, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai potensial sel dan spontanitas?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Jika keduanya ditulis sebagai reduksi, gunakan E katode dikurangi E anode.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	E sel dihitung dengan menjumlahkan dua potensial reduksi tabel tanpa perubahan.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks hubungan E° , K , dan ΔG° , pernyataan manakah yang paling tepat mengenai potensial sel dan spontanitas?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Reaksi menuju kesetimbangan; besarnya konstanta kesetimbangan menentukan derajat kemajuan.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	E° positif berarti reaksi berlangsung sampai semua pereaksi habis.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

18.6.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa mempermalukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks prediksi reaksi logam dengan ion dan pengaruh konsentrasi pada tegangan.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Potensial sel mengukur kecenderungan termodinamik reaksi redoks menghasilkan kerja listrik pada kondisi tertentu. Nilai positif menunjukkan spontanitas termodinamik untuk arah yang ditulis, bukan kecepatan reaksi.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: hubungan E° , K, dan ΔG° .	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

53. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada prediksi reaksi logam dengan ion dan menuliskan alasan.
54. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
55. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
56. Extend: peserta didik menerapkan model pada hubungan E° , K, dan ΔG° dan menjelaskan batas persamaan $E^\circ_{\text{sel}} = E^\circ_{\text{katode}} - E^\circ_{\text{anode}}$; $\Delta G^\circ = -n F E^\circ$; $E = E^\circ - (RT/nF) \ln Q$.

Teks refutasiional

Bukan: "E sel positif berarti reaksi berlangsung sangat cepat.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: E berkaitan dengan kelayakan termodinamik; laju ditentukan pula oleh kinetika dan energi aktivasi.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

18.6.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan potensial sel dan spontanitas pada konteks pengaruh konsentrasi pada tegangan tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan $E^{\circ}_{\text{sel}} = E^{\circ}_{\text{katode}} - E^{\circ}_{\text{anode}}$; $\Delta G^{\circ} = -n F E^{\circ}$; $E = E^{\circ} - (RT/nF) \ln Q$.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "E sel dihitung dengan menjumlahkan dua potensial reduksi tabel tanpa perubahan."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	E sel positif berarti reaksi berlangsung sangat cepat.	Benar/Salah + alasan	E berkaitan dengan kelayakan termodinamik; laju ditentukan pula oleh kinetika dan energi aktivasi.
2	E sel dihitung dengan menjumlahkan dua potensial reduksi tabel tanpa perubahan.	Benar/Salah + alasan	Jika keduanya ditulis sebagai reduksi, gunakan E katode dikurangi E anode.
3	E° positif berarti reaksi berlangsung sampai semua pereaksi habis.	Benar/Salah + alasan	Reaksi menuju kesetimbangan; besarnya konstanta kesetimbangan menentukan derajat kemajuan.
4	Potensial sel tidak dipengaruhi konsentrasi.	Benar/Salah + alasan	Potensial nonstandar bergantung pada Q melalui persamaan Nernst.
5	Q dalam persamaan Nernst dapat dibalik tanpa mengubah tanda.	Benar/Salah + alasan	Pembalikan Q harus konsisten dengan pembalikan arah reaksi dan tanda E.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman potensial sel dan spontanitas dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

18.7 Elektrolisis dan hukum Faraday

18.7.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Elektrolisis menggunakan energi listrik untuk mendorong reaksi nonspontan. Jumlah zat yang terbentuk berkaitan langsung dengan muatan listrik total dan stoikiometri elektron.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis $Q = I t$; $\text{mol } e^- = Q/F$; $\text{mol produk} = \text{mol } e^-/z$. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada elektrolisis dan hukum faraday.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	elektrolisis, muatan listrik, arus, waktu, Hukum Faraday, selektivitas elektrode
Hubungan simbolik	$Q = I t$; $\text{mol } e^- = Q/F$; $\text{mol produk} = \text{mol } e^-/z$.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Penyepuhan logam: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Elektrolisis larutan NaCl : gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Pemurnian elektrolitik tembaga: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami elektrolisis dan hukum faraday dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

18.7.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap penyepuhan logam, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan elektrolisis dan hukum faraday.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: $Q = I t$; $\text{mol } e^- = Q/F$; $\text{mol produk} = \text{mol } e^-/z$.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena penyepuhan logam. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan $Q = I t$; $\text{mol } e^- = Q/F$; $\text{mol produk} = \text{mol } e^-/z$. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah elektrolisis dan muatan listrik perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

18.7.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Arus listrik habis dikonsumsi oleh elektrolit.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Arus adalah laju aliran muatan; energi dipindahkan dan reaksi mengubah spesies, bukan menghabiskan arus sebagai zat.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Massa endapan hanya ditentukan oleh tegangan.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Massa ideal ditentukan oleh muatan $I \times t$ dan jumlah elektron per mol, sedangkan tegangan memengaruhi kemampuan serta laju melalui arus.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Semua kation selalu lebih dahulu direduksi daripada air.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Selektivitas bergantung potensial, konsentrasi, overpotensial, dan jenis elektrode.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Muatan listrik sama menghasilkan massa endapan sama untuk semua logam.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Massa bergantung pada massa molar ekuivalen M/z .	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Satu mol elektron selalu menghasilkan satu mol logam.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Rasio ditentukan oleh jumlah elektron z pada setengah reaksi.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Sel elektrolisis secara spontan menghasilkan energi listrik.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Sel elektrolisis memerlukan sumber energi eksternal untuk mendorong reaksi nonspontan.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

18.7.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Arus listrik habis dikonsumsi oleh elektrolit."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembanding yang perlu dibangun ialah: Arus adalah laju aliran muatan; energi dipindahkan dan reaksi mengubah spesies, bukan menghabiskan arus sebagai zat. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks elektrolisis larutan NaCl.

Kasus 2. Respons: "Massa endapan hanya ditentukan oleh tegangan."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembanding yang perlu dibangun ialah: Massa ideal ditentukan oleh muatan $I \times t$ dan jumlah elektron per mol, sedangkan tegangan memengaruhi kemampuan serta laju melalui arus. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks pemurnian elektrolitik tembaga.

Kasus 3. Respons: "Semua kation selalu lebih dahulu direduksi daripada air."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembanding yang perlu dibangun ialah: Selektivitas bergantung potensial, konsentrasi, overpotensial, dan jenis elektrode. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks penyepuhan logam.

Kasus 4. Respons: "Muatan listrik sama menghasilkan massa endapan sama untuk semua logam."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembanding yang perlu dibangun ialah: Massa bergantung pada massa molar ekuivalen M/z . Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks elektrolisis larutan NaCl.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada elektrolisis dan hukum Faraday tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

18.7.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks penyepuhan logam, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai elektrolisis dan hukum faraday?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Arus adalah laju aliran muatan; energi dipindahkan dan reaksi mengubah spesies, bukan menghabiskan arus sebagai zat.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Arus listrik habis dikonsumsi oleh elektrolit.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks elektrolisis larutan NaCl, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai elektrolisis dan hukum faraday?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Massa ideal ditentukan oleh muatan $I \times t$ dan jumlah elektron per mol, sedangkan tegangan memengaruhi kemampuan serta laju melalui arus.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Massa endapan hanya ditentukan oleh tegangan.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks pemurnian elektrolitik tembaga, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai elektrolisis dan hukum faraday?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Selektivitas bergantung potensial, konsentrasi, overpotensial, dan jenis elektrode.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Semua kation selalu lebih dahulu direduksi daripada air.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

18.7.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa memperlakukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks penyepuhan logam dan elektrolisis larutan NaCl.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Elektrolisis menggunakan energi listrik untuk mendorong reaksi nonspontan. Jumlah zat yang terbentuk berkaitan langsung dengan muatan listrik total dan stoikiometri elektron.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: pemurnian elektrolitik tembaga.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

57. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada penyepuhan logam dan menuliskan alasan.
58. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
59. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
60. Extend: peserta didik menerapkan model pada pemurnian elektrolitik tembaga dan menjelaskan batas persamaan $Q = I t$; $\text{mol } e^- = Q/F$; $\text{mol produk} = \text{mol } e^-/z$.

Teks refutasiional

Bukan: "Arus listrik habis dikonsumsi oleh elektrolit.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Arus adalah laju aliran muatan; energi dipindahkan dan reaksi mengubah spesies, bukan menghabiskan arus sebagai zat.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

18.7.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan elektrolisis dan hukum faraday pada konteks elektrolisis larutan NaCl tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan $Q = I t$; $\text{mol } e^- = Q/F$; $\text{mol produk} = \text{mol } e^-/z$.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Massa endapan hanya ditentukan oleh tegangan."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Arus listrik habis dikonsumsi oleh elektrolit.	Benar/Salah + alasan	Arus adalah laju aliran muatan; energi dipindahkan dan reaksi mengubah spesies, bukan menghabiskan arus sebagai zat.
2	Massa endapan hanya ditentukan oleh tegangan.	Benar/Salah + alasan	Massa ideal ditentukan oleh muatan $I \times t$ dan jumlah elektron per mol, sedangkan tegangan memengaruhi kemampuan serta laju melalui arus.
3	Semua kation selalu lebih dahulu direduksi daripada air.	Benar/Salah + alasan	Selektivitas bergantung potensial, konsentrasi, overpotensial, dan jenis elektrode.
4	Muatan listrik sama menghasilkan massa endapan sama untuk semua logam.	Benar/Salah + alasan	Massa bergantung pada massa molar ekuivalen M/z .
5	Satu mol elektron selalu menghasilkan satu mol logam.	Benar/Salah + alasan	Rasio ditentukan oleh jumlah elektron z pada setengah reaksi.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman elektrolisis dan hukum faraday dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

18.8 Korosi dan perlindungan logam

18.8.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Korosi adalah proses elektrokimia yang melibatkan daerah anodik dan katodik pada permukaan logam. Laju korosi dipengaruhi air, oksigen, elektrolit, mikrostruktur, pasangan galvanik, dan perlindungan permukaan.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis Pada besi: $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$ (anodik); $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$ (katodik, kondisi netral). Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada korosi dan perlindungan logam.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	korosi, sel lokal, korosi galvanik, pelapisan, proteksi katodik, anode korban
Hubungan simbolik	Pada besi: $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$ (anodik); $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$ (katodik, kondisi netral).
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Karat pada kendaraan: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Korosi galvanik: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Proteksi katodik pipa dan kapal: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami korosi dan perlindungan logam dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

18.8.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap karat pada kendaraan, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan korosi dan perlindungan logam.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Pada besi: $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$ (anodik); $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$ (katodik, kondisi netral).
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena karat pada kendaraan. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Pada besi: $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$ (anodik); $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$ (katodik, kondisi netral). harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah korosi dan sel lokal perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

18.8.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Perkaratan hanya perubahan fisik warna permukaan.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Korosi melibatkan reaksi redoks dan pembentukan senyawa baru.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Besi berkarat sama cepat tanpa air dan tanpa oksigen.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Air dan oksigen sangat penting pada mekanisme korosi besi dalam kondisi umum.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Garam mencegah karat karena menyerap air.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Elektrolit garam meningkatkan konduktivitas dan sering mempercepat korosi.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Pengecatan mengubah karat kembali menjadi besi.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Pengecatan terutama menghambat kontak logam dengan lingkungan; karat yang ada perlu ditangani.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Logam korban harus lebih mulia daripada besi.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Anode korban harus lebih mudah teroksidasi, yaitu memiliki potensial reduksi lebih rendah.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Baja tahan karat tidak pernah mengalami korosi.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Lapisan pasif meningkatkan ketahanan, tetapi klorida, suhu, dan kerusakan lokal dapat memicu korosi.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

18.8.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Perkaratan hanya perubahan fisik warna permukaan."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembanding yang perlu dibangun ialah: Korosi melibatkan reaksi redoks dan pembentukan senyawa baru. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks korosi galvanik.

Kasus 2. Respons: "Besi berkarat sama cepat tanpa air dan tanpa oksigen."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembanding yang perlu dibangun ialah: Air dan oksigen sangat penting pada mekanisme korosi besi dalam kondisi umum. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks proteksi katodik pipa dan kapal.

Kasus 3. Respons: "Garam mencegah karat karena menyerap air."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembanding yang perlu dibangun ialah: Elektrolit garam meningkatkan konduktivitas dan sering mempercepat korosi. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks karat pada kendaraan.

Kasus 4. Respons: "Pengecatan mengubah karat kembali menjadi besi."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembanding yang perlu dibangun ialah: Pengecatan terutama menghambat kontak logam dengan lingkungan; karat yang ada perlu ditangani. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks korosi galvanik.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada korosi dan perlindungan logam tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

18.8.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks karat pada kendaraan, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai korosi dan perlindungan logam?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Korosi melibatkan reaksi redoks dan pembentukan senyawa baru.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Perkaratan hanya perubahan fisik warna permukaan.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks korosi galvanik, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai korosi dan perlindungan logam?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Air dan oksigen sangat penting pada mekanisme korosi besi dalam kondisi umum.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Besi berkarat sama cepat tanpa air dan tanpa oksigen.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks proteksi katodik pipa dan kapal, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai korosi dan perlindungan logam?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Elektrolit garam meningkatkan konduktivitas dan sering mempercepat korosi.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Garam mencegah karat karena menyerap air.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

18.8.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa mempermalukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks karat pada kendaraan dan korosi galvanik.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Korosi adalah proses elektrokimia yang melibatkan daerah anodik dan katodik pada permukaan logam. Laju korosi dipengaruhi air, oksigen, elektrolit, mikrostruktur, pasangan galvanik, dan perlindungan permukaan.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: proteksi katodik pipa dan kapal.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

61. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada karat pada kendaraan dan menuliskan alasan.
62. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
63. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
64. Extend: peserta didik menerapkan model pada proteksi katodik pipa dan kapal dan menjelaskan batas persamaan Pada besi: $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$ (anodik); $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$ (katodik, kondisi netral).

Teks refutasional

Bukan: "Perkaratan hanya perubahan fisik warna permukaan.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Korosi melibatkan reaksi redoks dan pembentukan senyawa baru.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

18.8.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan korosi dan perlindungan logam pada konteks korosi galvanik tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Pada besi: $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$ (anodik); $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$ (katodik, kondisi netral).
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Besi berkarat sama cepat tanpa air dan tanpa oksigen."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Perkaratan hanya perubahan fisik warna permukaan.	Benar/Salah + alasan	Korosi melibatkan reaksi redoks dan pembentukan senyawa baru.
2	Besi berkarat sama cepat tanpa air dan tanpa oksigen.	Benar/Salah + alasan	Air dan oksigen sangat penting pada mekanisme korosi besi dalam kondisi umum.
3	Garam mencegah karat karena menyerap air.	Benar/Salah + alasan	Elektrolit garam meningkatkan konduktivitas dan sering mempercepat korosi.
4	Pengecatan mengubah karat kembali menjadi besi.	Benar/Salah + alasan	Pengecatan terutama menghambat kontak logam dengan lingkungan; karat yang ada perlu ditangani.
5	Logam korban harus lebih mulia daripada besi.	Benar/Salah + alasan	Anode korban harus lebih mudah teroksidasi, yaitu memiliki potensial reduksi lebih rendah.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman korosi dan perlindungan logam dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

RANGKUMAN BAB 18

Redoks dan elektrokimia menuntut koordinasi antara perpindahan elektron, perubahan bilangan oksidasi, arah arus, migrasi ion, potensial elektroda, spontanitas termodinamik, dan laju proses. Kesalahan tanda serta analogi aliran muatan menjadi sumber miskonsepsi yang sangat persisten.

Kode	Konsep	Miskonsepsi Representatif	Konsep Ilmiah
18.1	Bilangan oksidasi dan muatan formal	Bilangan oksidasi selalu merupakan muatan nyata atom.	Bilangan oksidasi adalah konstruksi formal; distribusi elektron nyata dapat bersifat kovalen dan menghasilkan muatan parsial.
18.2	Oksidasi dan reduksi	Oksidasi selalu berarti penambahan oksigen.	Definisi modern menggunakan perubahan elektron atau bilangan oksidasi; oksigen tidak harus terlibat.
18.3	Penyetaraan reaksi redoks	Penyetaraan atom saja sudah cukup untuk reaksi ionik redoks.	Muatan total dan jumlah elektron juga harus setara.
18.4	Sel volta dan arah aliran elektron	Elektron mengalir melalui jembatan garam.	Jembatan garam menghantarkan ion; elektron bergerak melalui konduktor logam eksternal.
18.5	Anode dan katode	Anode didefinisikan sebagai elektrode negatif.	Anode didefinisikan oleh oksidasi; tandanya negatif pada sel volta dan positif pada sel elektrolisis.
18.6	Potensial sel dan spontanitas	E sel positif berarti reaksi berlangsung sangat cepat.	E berkaitan dengan kelayakan termodinamik; laju ditentukan pula oleh kinetika dan energi aktivasi.
18.7	Elektrolisis dan hukum Faraday	Arus listrik habis dikonsumsi oleh elektrolit.	Arus adalah laju aliran muatan; energi dipindahkan dan reaksi mengubah spesies, bukan menghabiskan arus sebagai zat.
18.8	Korosi dan perlindungan logam	Perkaratan hanya perubahan fisik warna permukaan.	Korosi melibatkan reaksi redoks dan pembentukan senyawa baru.

Prinsip Diagnostik Bab

- Jangan menafsirkan satu kesalahan sebagai miskonsepsi tanpa pola bukti.
- Periksa konsistensi respons pada lebih dari satu konteks dan representasi.
- Bedakan ketidaktahuan, salah hitung, salah baca, dan konsepsi alternatif.
- Gunakan keyakinan respons sebagai data pendukung, bukan satu-satunya dasar.
- Hubungkan hasil diagnosis dengan tindakan remediasi yang spesifik.

EVALUASI INTEGRATIF BAB 18

Evaluasi berikut dirancang untuk menilai koordinasi konsep, bukan hanya prosedur rutin. Guru dapat memilih sebagian butir sesuai tujuan dan waktu.

No.	Tugas Integratif	Kriteria Kunci
1	Analisislah konteks penentuan oksidator-reduktor dan jelaskan bilangan oksidasi dan muatan formal pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Jumlah bilangan oksidasi = muatan total spesies; muatan formal = elektron valensi - elektron bebas - $1/2$ elektron ikatan.
2	Bantahlah pernyataan: "Bilangan oksidasi selalu merupakan muatan nyata atom." dengan bukti dan satu contoh batas.	Bilangan oksidasi adalah konstruksi formal; distribusi elektron nyata dapat bersifat kovalen dan menghasilkan muatan parsial.
3	Analisislah konteks pembakaran bahan bakar dan jelaskan oksidasi dan reduksi pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Oksidasi: e- sebagai produk setengah reaksi; reduksi: e- sebagai pereaksi setengah reaksi.
4	Bantahlah pernyataan: "Oksidasi selalu berarti penambahan oksigen." dengan bukti dan satu contoh batas.	Definisi modern menggunakan perubahan elektron atau bilangan oksidasi; oksigen tidak harus terlibat.
5	Analisislah konteks reaksi permanganat dalam asam dan jelaskan penyetaraan reaksi redoks pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Jumlah elektron oksidasi = jumlah elektron reduksi; cek akhir: atom dan muatan kedua sisi sama.
6	Bantahlah pernyataan: "Penyetaraan atom saja sudah cukup untuk reaksi ionik redoks." dengan bukti dan satu contoh batas.	Muatan total dan jumlah elektron juga harus setara.
7	Analisislah konteks sel Daniell Zn-Cu dan jelaskan sel volta dan arah aliran elektron pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Anode: oksidasi; katode: reduksi; elektron: anode → katode pada rangkaian luar.
8	Bantahlah pernyataan: "Elektron mengalir melalui jembatan garam." dengan bukti dan satu contoh batas.	Jembatan garam menghantarkan ion; elektron bergerak melalui konduktor logam eksternal.
9	Analisislah konteks sel volta dan jelaskan anode dan katode pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan AnOx dan RedCat: anode-oksidasi, katode-reduksi; definisi tidak berubah meskipun tanda berubah.
10	Bantahlah pernyataan: "Anode didefinisikan sebagai elektrode negatif." dengan bukti dan satu contoh batas.	Anode didefinisikan oleh oksidasi; tandanya negatif pada sel volta dan positif pada sel elektrolisis.
11	Analisislah konteks prediksi reaksi logam dengan ion dan jelaskan potensial sel dan spontanitas pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan $E^\circ_{\text{sel}} = E^\circ_{\text{katode}} - E^\circ_{\text{anode}}$; $\Delta G^\circ = -n F E^\circ$; $E = E^\circ - (RT/nF) \ln Q$.
12	Bantahlah pernyataan: "E sel positif berarti reaksi berlangsung sangat cepat." dengan bukti dan satu contoh batas.	E berkaitan dengan kelayakan termodinamik; laju ditentukan pula oleh kinetika dan energi aktivasi.
13	Analisislah konteks penyepuhan logam dan jelaskan elektrolisis dan hukum faraday pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan $Q = I t$; $\text{mol } e^- = Q/F$; $\text{mol produk} = \text{mol } e^-/z$.
14	Bantahlah pernyataan: "Arus listrik habis dikonsumsi oleh elektrolit." dengan bukti dan satu contoh batas.	Arus adalah laju aliran muatan; energi dipindahkan dan reaksi mengubah spesies, bukan menghabiskan arus sebagai zat.
15	Analisislah konteks karat pada kendaraan dan jelaskan korosi dan perlindungan logam pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Pada besi: $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2e^-$ (anodik); $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e^- \rightarrow 4\text{OH}^-$ (katodik, kondisi netral).
16	Bantahlah pernyataan: "Perkaratan hanya perubahan fisik warna permukaan." dengan bukti dan satu contoh batas.	Korosi melibatkan reaksi redoks dan pembentukan senyawa baru.

Skor argumentasi

0 = tidak menjawab; 1 = klaim tanpa alasan; 2 = alasan sebagian; 3 = klaim-alasan-bukti konsisten; 4 = mampu menyebut asumsi, batas, dan menerapkan pada konteks baru.

BAB 19 MISKONSEPSI TENTANG KIMIA UNSUR

Kimia unsur memadukan periodisitas, keadaan oksidasi, struktur, proses ekstraksi, penggunaan industri, dan dampak lingkungan. Generalisasi berlebihan dari tren sederhana sering menghasilkan miskonsepsi ketika peserta didik menghadapi pengecualian dan konteks nyata.

Bab ini memperluas daftar miskonsepsi, menyajikan indikator diagnostik, contoh respons peserta didik, instrumen bertingkat, strategi perubahan konseptual, dan evaluasi transfer-retensi. Struktur tetap mengikuti pola buku sebelumnya agar mudah digunakan dalam pembelajaran, penelitian, dan pengembangan instrumen.

Subtopik	Fokus	Istilah Kunci	Miskonsepsi Pemantik
19.1	Kelimpahan dan keberadaan unsur	kelimpahan, unsur bebas	Unsur yang melimpah selalu ditemukan sebagai zat bebas.
19.2	Sifat periodik unsur	muatan inti efektif, jari-jari atom	Jari-jari atom meningkat dari kiri ke kanan dalam satu periode.
19.3	Logam alkali dan alkali tanah	logam alkali, alkali tanah	Logam alkali banyak ditemukan sebagai logam bebas di alam.
19.4	Halogen dan gas mulia	halogen, halida	Semua halogen berwujud gas pada suhu kamar.
19.5	Unsur transisi	unsur transisi, orbital d	Semua unsur blok d pasti merupakan unsur transisi.
19.6	Proses industri unsur	proses industri, kesetimbangan	Industri selalu memilih kondisi dengan hasil kesetimbangan maksimum.
19.7	Mineral, bijih, dan pemurnian	mineral, bijih	Mineral dan bijih adalah istilah yang sama.
19.8	Dampak lingkungan unsur	spesiasi, bioavailabilitas	Toksisitas hanya ditentukan oleh nama unsur.

Cara menggunakan bab

Sebelum mengajar, pilih miskonsepsi yang paling relevan. Selama pembelajaran, gunakan pertanyaan dan gambar partikel. Setelah remediasi, ukur transfer dan retensi dengan konteks berbeda.

Peta Konsep Bab 19

Kode	Konsep	Jejaring Konsep	Konteks Utama
19.1	Kelimpahan dan keberadaan unsur	kelimpahan -> unsur bebas -> senyawa alam -> isotop	unsur dominan di kerak bumi
19.2	Sifat periodik unsur	muatan inti efektif -> jari-jari atom -> energi ionisasi -> afinitas elektron	perbandingan Na, Mg, dan Al
19.3	Logam alkali dan alkali tanah	logam alkali -> alkali tanah -> reaktivitas -> energi ionisasi	reaksi Na dengan air
19.4	Halogen dan gas mulia	halogen -> halida -> daya oksidasi -> gas mulia	desinfeksi klorin
19.5	Unsur transisi	unsur transisi -> orbital d -> kompleks -> ligan	kompleks Cu^{2+} berwarna biru
19.6	Proses industri unsur	proses industri -> kesetimbangan -> katalis -> tekanan	proses Haber-Bosch
19.7	Mineral, bijih, dan pemurnian	mineral -> bijih -> gangue -> benefisiassi	bauksit menjadi aluminium
19.8	Dampak lingkungan unsur	spesiasi -> bioavailabilitas -> toksisitas -> bioakumulasi	merkuri dalam rantai makanan

Jejaring Prasyarat dan Potensi Hambatan

Konsep dalam bab ini saling terhubung dengan struktur materi, mol, ikatan, energi, kesetimbangan, dan kemampuan matematis. Miskonsepsi pada prasyarat dapat muncul kembali dalam bentuk baru. Karena itu, diagnosis perlu membedakan konsep target dari konsep prasyarat yang belum dikuasai.

- Gunakan pertanyaan awal yang tidak langsung memerlukan perhitungan.
- Minta peserta didik memberikan alasan dan tingkat keyakinan.
- Bandingkan respons pada fenomena nyata, gambar partikel, dan persamaan.
- Catat pola yang konsisten lintas subtopik sebagai miskonsepsi inti.
- Rancang remediasi yang menghubungkan bukti, model, simbol, dan refleksi.

19.1 Kelimpahan dan keberadaan unsur

19.1.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Kelimpahan unsur bergantung pada sistem yang dikaji: alam semesta, kerak bumi, laut, atmosfer, atau organisme. Keberadaan bebas atau sebagai senyawa dipengaruhi reaktivitas dan sejarah geokimia.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis Kelimpahan dapat dinyatakan sebagai persen massa, fraksi atom, atau konsentrasi; basis pengukuran harus disebutkan. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada kelimpahan dan keberadaan unsur.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	kelimpahan, unsur bebas, senyawa alam, isotop, kerak bumi, geokimia
Hubungan simbolik	Kelimpahan dapat dinyatakan sebagai persen massa, fraksi atom, atau konsentrasi; basis pengukuran harus disebutkan.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Unsur dominan di kerak bumi: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Komposisi atmosfer: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Unsur utama tubuh manusia: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami kelimpahan dan keberadaan unsur dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

19.1.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap unsur dominan di kerak bumi, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan kelimpahan dan keberadaan unsur.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Kelimpahan dapat dinyatakan sebagai persen massa, fraksi atom, atau konsentrasi; basis pengukuran harus disebutkan.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena unsur dominan di kerak bumi. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Kelimpahan dapat dinyatakan sebagai persen massa, fraksi atom, atau konsentrasi; basis pengukuran harus disebutkan. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah kelimpahan dan unsur bebas perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

19.1.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Unsur yang melimpah selalu ditemukan sebagai zat bebas.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Unsur reaktif dapat melimpah tetapi terutama terdapat dalam senyawa, seperti oksigen dalam silikat.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Urutan kelimpahan di kerak bumi sama dengan di alam semesta.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Proses nukleosintesis dan diferensiasi planet menghasilkan distribusi berbeda.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Unsur langka berarti tidak membentuk senyawa.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Kelangkaan adalah ukuran kelimpahan, bukan kemampuan kimia membentuk senyawa.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Bijih adalah logam murni yang tinggal dipisahkan.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Bijih merupakan bahan alam yang mengandung mineral bernilai ekonomis bersama pengotor.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Kelimpahan oksigen di kerak berarti terdapat banyak gas O ₂ di batuan.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Oksigen terutama terikat dalam oksida dan silikat.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Rasio isotop selalu identik di semua sampel alam.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Variasi isotop kecil dapat muncul akibat proses fisik, kimia, biologis, dan sumber geologi.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

19.1.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Unsur yang melimpah selalu ditemukan sebagai zat bebas."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Unsur reaktif dapat melimpah tetapi terutama terdapat dalam senyawa, seperti oksigen dalam silikat. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks komposisi atmosfer.

Kasus 2. Respons: "Urutan kelimpahan di kerak bumi sama dengan di alam semesta."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Proses nukleosintesis dan diferensiasi planet menghasilkan distribusi berbeda. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks unsur utama tubuh manusia.

Kasus 3. Respons: "Unsur langka berarti tidak membentuk senyawa."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Kelangkaan adalah ukuran kelimpahan, bukan kemampuan kimia membentuk senyawa. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks unsur dominan di kerak bumi.

Kasus 4. Respons: "Bijih adalah logam murni yang tinggal dipisahkan."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Bijih merupakan bahan alam yang mengandung mineral bernilai ekonomis bersama pengotor. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks komposisi atmosfer.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada kelimpahan dan keberadaan unsur tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

19.1.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks unsur dominan di kerak bumi, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai kelimpahan dan keberadaan unsur?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Unsur reaktif dapat melimpah tetapi terutama terdapat dalam senyawa, seperti oksigen dalam silikat.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Unsur yang melimpah selalu ditemukan sebagai zat bebas.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks komposisi atmosfer, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai kelimpahan dan keberadaan unsur?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Proses nukleosintesis dan diferensiasi planet menghasilkan distribusi berbeda.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Urutan kelimpahan di kerak bumi sama dengan di alam semesta.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks unsur utama tubuh manusia, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai kelimpahan dan keberadaan unsur?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Kelangkaan adalah ukuran kelimpahan, bukan kemampuan kimia membentuk senyawa.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Unsur langka berarti tidak membentuk senyawa.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

19.1.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa mempermalukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks unsur dominan di kerak bumi dan komposisi atmosfer.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Kelimpahan unsur bergantung pada sistem yang dikaji: alam semesta, kerak bumi, laut, atmosfer, atau organisme. Keberadaan bebas atau sebagai senyawa dipengaruhi reaktivitas dan sejarah geokimia.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: unsur utama tubuh manusia.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

65. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada unsur dominan di kerak bumi dan menuliskan alasan.
66. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
67. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
68. Extend: peserta didik menerapkan model pada unsur utama tubuh manusia dan menjelaskan batas persamaan Kelimpahan dapat dinyatakan sebagai persen massa, fraksi atom, atau konsentrasi; basis pengukuran harus disebutkan.

Teks refutasional

Bukan: "Unsur yang melimpah selalu ditemukan sebagai zat bebas.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Unsur reaktif dapat melimpah tetapi terutama terdapat dalam senyawa, seperti oksigen dalam silikat.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

19.1.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan kelimpahan dan keberadaan unsur pada konteks komposisi atmosfer tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Kelimpahan dapat dinyatakan sebagai persen massa, fraksi atom, atau konsentrasi; basis pengukuran harus disebutkan.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Urutan kelimpahan di kerak bumi sama dengan di alam semesta."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Unsur yang melimpah selalu ditemukan sebagai zat bebas.	Benar/Salah + alasan	Unsur reaktif dapat melimpah tetapi terutama terdapat dalam senyawa, seperti oksigen dalam silikat.
2	Urutan kelimpahan di kerak bumi sama dengan di alam semesta.	Benar/Salah + alasan	Proses nukleosintesis dan diferensiasi planet menghasilkan distribusi berbeda.
3	Unsur langka berarti tidak membentuk senyawa.	Benar/Salah + alasan	Kelangkaan adalah ukuran kelimpahan, bukan kemampuan kimia membentuk senyawa.
4	Bijih adalah logam murni yang tinggal dipisahkan.	Benar/Salah + alasan	Bijih merupakan bahan alam yang mengandung mineral bernilai ekonomis bersama pengotor.
5	Kelimpahan oksigen di kerak berarti terdapat banyak gas O ₂ di batuan.	Benar/Salah + alasan	Oksigen terutama terikat dalam oksida dan silikat.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman kelimpahan dan keberadaan unsur dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

19.2 Sifat periodik unsur

19.2.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Tren periodik berasal dari perubahan muatan inti efektif, perisai elektron, jumlah kulit, dan konfigurasi elektron. Arah umum perlu disertai penjelasan mekanistik dan pengakuan terhadap anomali.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis Z_{eff} mendasari banyak tren; ukuran atom, energi ionisasi, afinitas elektron, dan elektronegativitas tidak berdiri sendiri. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada sifat periodik unsur.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	muatan inti efektif, jari-jari atom, energi ionisasi, afinitas elektron, elektronegativitas, efek perisai
Hubungan simbolik	Z_{eff} mendasari banyak tren; ukuran atom, energi ionisasi, afinitas elektron, dan elektronegativitas tidak berdiri sendiri.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Perbandingan na, mg, dan al: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Ukuran atom dan ion: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Anomali energi ionisasi be-b dan n-o: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami sifat periodik unsur dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

19.2.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap perbandingan Na, Mg, dan Al, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan sifat periodik unsur.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Z_{eff} mendasari banyak tren; ukuran atom, energi ionisasi, afinitas elektron, dan elektronegativitas tidak berdiri sendiri.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena perbandingan Na, Mg, dan Al. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Z_{eff} mendasari banyak tren; ukuran atom, energi ionisasi, afinitas elektron, dan elektronegativitas tidak berdiri sendiri. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah muatan inti efektif dan jari-jari atom perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

19.2.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Jari-jari atom meningkat dari kiri ke kanan dalam satu periode.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Umumnya jari-jari menurun karena muatan inti efektif meningkat pada kulit utama yang sama.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Ion selalu berukuran sama dengan atom netralnya.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Kation umumnya lebih kecil dan anion lebih besar dibanding atom asal karena perubahan elektron dan tolak-menolak.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Tren periodik tidak memiliki pengecualian.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Konfigurasi subkulit, pasangan elektron, dan efek lain menimbulkan anomali yang dapat dijelaskan.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Elektronegativitas adalah muatan aktual atom.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Elektronegativitas adalah kecenderungan relatif menarik elektron dalam ikatan.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Energi ionisasi hanya ditentukan oleh jarak elektron dari inti.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Muatan inti efektif, penetrasi orbital, perisai, dan stabilitas konfigurasi juga berpengaruh.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Tren unsur transisi selalu sama sederhana dengan unsur utama.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Pengisian orbital d dan efek ukuran yang lebih halus menghasilkan pola lebih kompleks.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

19.2.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Jari-jari atom meningkat dari kiri ke kanan dalam satu periode."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Umumnya jari-jari menurun karena muatan inti efektif meningkat pada kulit utama yang sama. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks ukuran atom dan ion.

Kasus 2. Respons: "Ion selalu berukuran sama dengan atom netralnya."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Kation umumnya lebih kecil dan anion lebih besar dibanding atom asal karena perubahan elektron dan tolak-menolak. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks anomali energi ionisasi Be-B dan N-O.

Kasus 3. Respons: "Tren periodik tidak memiliki pengecualian."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Konfigurasi subkulit, pasangan elektron, dan efek lain menimbulkan anomali yang dapat dijelaskan. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks perbandingan Na, Mg, dan Al.

Kasus 4. Respons: "Elektronegativitas adalah muatan aktual atom."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Elektronegativitas adalah kecenderungan relatif menarik elektron dalam ikatan. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks ukuran atom dan ion.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada sifat periodik unsur tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

19.2.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks perbandingan Na, Mg, dan Al, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai sifat periodik unsur?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Umumnya jari-jari menurun karena muatan inti efektif meningkat pada kulit utama yang sama.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Jari-jari atom meningkat dari kiri ke kanan dalam satu periode.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks ukuran atom dan ion, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai sifat periodik unsur?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Kation umumnya lebih kecil dan anion lebih besar dibanding atom asal karena perubahan elektron dan tolak-menolak.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Ion selalu berukuran sama dengan atom netralnya.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks anomali energi ionisasi Be-B dan N-O, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai sifat periodik unsur?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Konfigurasi subkulit, pasangan elektron, dan efek lain menimbulkan anomali yang dapat dijelaskan.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Tren periodik tidak memiliki pengecualian.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

19.2.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa mempermalukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti perbandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks perbandingan Na, Mg, dan Al dan ukuran atom dan ion.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Tren periodik berasal dari perubahan muatan inti efektif, perisai elektron, jumlah kulit, dan konfigurasi elektron. Arah umum perlu disertai penjelasan mekanistik dan pengakuan terhadap anomali.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: anomali energi ionisasi Be-B dan N-O.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

69. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada perbandingan Na, Mg, dan Al dan menuliskan alasan.
70. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
71. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
72. Extend: peserta didik menerapkan model pada anomali energi ionisasi Be-B dan N-O dan menjelaskan batas persamaan Z_{eff} mendasari banyak tren; ukuran atom, energi ionisasi, afinitas elektron, dan elektronegativitas tidak berdiri sendiri.

Teks refutasiional

Bukan: "Jari-jari atom meningkat dari kiri ke kanan dalam satu periode.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Umumnya jari-jari menurun karena muatan inti efektif meningkat pada kulit utama yang sama.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

19.2.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan sifat periodik unsur pada konteks ukuran atom dan ion tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Z_{eff} mendasari banyak tren; ukuran atom, energi ionisasi, afinitas elektron, dan elektronegativitas tidak berdiri sendiri.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Ion selalu berukuran sama dengan atom netralnya."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Jari-jari atom meningkat dari kiri ke kanan dalam satu periode.	Benar/Salah + alasan	Umumnya jari-jari menurun karena muatan inti efektif meningkat pada kulit utama yang sama.
2	Ion selalu berukuran sama dengan atom netralnya.	Benar/Salah + alasan	Kation umumnya lebih kecil dan anion lebih besar dibanding atom asal karena perubahan elektron dan tolak-menolak.
3	Tren periodik tidak memiliki pengecualian.	Benar/Salah + alasan	Konfigurasi subkulit, pasangan elektron, dan efek lain menimbulkan anomali yang dapat dijelaskan.
4	Elektronegativitas adalah muatan aktual atom.	Benar/Salah + alasan	Elektronegativitas adalah kecenderungan relatif menarik elektron dalam ikatan.
5	Energi ionisasi hanya ditentukan oleh jarak elektron dari inti.	Benar/Salah + alasan	Muatan inti efektif, penetrasi orbital, perisai, dan stabilitas konfigurasi juga berpengaruh.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman sifat periodik unsur dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

19.3 Logam alkali dan alkali tanah

19.3.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Logam golongan 1 dan 2 sangat elektropositif dan umumnya ditemukan sebagai ion dalam senyawa. Reaktivitas, kelarutan, warna nyala, dan fungsi biologis perlu dijelaskan melalui struktur elektron dan energi proses.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis Kecenderungan melepas elektron meningkat ke bawah golongan, tetapi sifat senyawa juga dipengaruhi energi kisi dan hidrasi. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada logam alkali dan alkali tanah.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	logam alkali, alkali tanah, reaktivitas, energi ionisasi, warna nyala, kesadahan
Hubungan simbolik	Kecenderungan melepas elektron meningkat ke bawah golongan, tetapi sifat senyawa juga dipengaruhi energi kisi dan hidrasi.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Reaksi na dengan air: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Kesadahan air oleh Ca^{2+} dan Mg^{2+} : gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Warna nyala garam logam: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami logam alkali dan alkali tanah dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

19.3.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap reaksi Na dengan air, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan logam alkali dan alkali tanah.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Kecenderungan melepas elektron meningkat ke bawah golongan, tetapi sifat senyawa juga dipengaruhi energi kisi dan hidrasi.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena reaksi Na dengan air. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Kecenderungan melepas elektron meningkat ke bawah golongan, tetapi sifat senyawa juga dipengaruhi energi kisi dan hidrasi. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah logam alkali dan alkali tanah perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

19.3.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Logam alkali banyak ditemukan sebagai logam bebas di alam.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Reaktivitas tinggi membuatnya terutama terdapat sebagai ion dalam mineral dan larutan.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Reaktivitas logam alkali menurun ke bawah golongan.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Umumnya meningkat karena elektron valensi lebih mudah dilepas.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Semua garam alkali dan alkali tanah selalu larut.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Kelarutan bergantung pasangan ion; beberapa karbonat, sulfat, dan hidroksida memiliki kelarutan rendah.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Istilah alkali berarti semua senyawanya adalah basa kuat.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Alkali merujuk golongan; sifat basa bergantung senyawa dan reaksi dalam air.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Warna nyala berasal dari pembakaran logam menjadi warna tertentu.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Warna timbul dari emisi foton ketika elektron tereksitasi kembali ke tingkat energi lebih rendah.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Natrium dan kalium dalam tubuh berada sebagai logam.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Keduanya berada sebagai ion terhidrasi dan bagian dari sistem elektrolit biologis.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

19.3.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Logam alkali banyak ditemukan sebagai logam bebas di alam."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembanding yang perlu dibangun ialah: Reaktivitas tinggi membuatnya terutama terdapat sebagai ion dalam mineral dan larutan. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks kesadahan air oleh Ca^{2+} dan Mg^{2+} .

Kasus 2. Respons: "Reaktivitas logam alkali menurun ke bawah golongan."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembanding yang perlu dibangun ialah: Umumnya meningkat karena elektron valensi lebih mudah dilepas. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks warna nyala garam logam.

Kasus 3. Respons: "Semua garam alkali dan alkali tanah selalu larut."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembanding yang perlu dibangun ialah: Kelarutan bergantung pasangan ion; beberapa karbonat, sulfat, dan hidroksida memiliki kelarutan rendah. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks reaksi Na dengan air.

Kasus 4. Respons: "Istilah alkali berarti semua senyawanya adalah basa kuat."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembanding yang perlu dibangun ialah: Alkali merujuk golongan; sifat basa bergantung senyawa dan reaksi dalam air. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks kesadahan air oleh Ca^{2+} dan Mg^{2+} .

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada logam alkali dan alkali tanah tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

19.3.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks reaksi Na dengan air, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai logam alkali dan alkali tanah?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Reaktivitas tinggi membuatnya terutama terdapat sebagai ion dalam mineral dan larutan.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Logam alkali banyak ditemukan sebagai logam bebas di alam.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks kesadahan air oleh Ca^{2+} dan Mg^{2+} , pernyataan manakah yang paling tepat mengenai logam alkali dan alkali tanah?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Umumnya meningkat karena elektron valensi lebih mudah dilepas.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Reaktivitas logam alkali menurun ke bawah golongan.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks warna nyala garam logam, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai logam alkali dan alkali tanah?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Kelarutan bergantung pasangan ion; beberapa karbonat, sulfat, dan hidroksida memiliki kelarutan rendah.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Semua garam alkali dan alkali tanah selalu larut.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

19.3.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa memperlakukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembanding	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks reaksi Na dengan air dan kesadahan air oleh Ca^{2+} dan Mg^{2+} .	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Logam golongan 1 dan 2 sangat elektropositif dan umumnya ditemukan sebagai ion dalam senyawa. Reaktivitas, kelarutan, warna nyala, dan fungsi biologis perlu dijelaskan melalui struktur elektron dan energi proses.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: warna nyala garam logam.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

73. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada reaksi Na dengan air dan menuliskan alasan.
74. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
75. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
76. Extend: peserta didik menerapkan model pada warna nyala garam logam dan menjelaskan batas persamaan Kecenderungan melepas elektron meningkat ke bawah golongan, tetapi sifat senyawa juga dipengaruhi energi kisi dan hidrasi.

Teks refutasional

Bukan: "Logam alkali banyak ditemukan sebagai logam bebas di alam.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Reaktivitas tinggi membuatnya terutama terdapat sebagai ion dalam mineral dan larutan.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

19.3.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan logam alkali dan alkali tanah pada konteks kesadahan air oleh Ca^{2+} dan Mg^{2+} tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Kecenderungan melepas elektron meningkat ke bawah golongan, tetapi sifat senyawa juga dipengaruhi energi kisi dan hidrasi.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Reaktivitas logam alkali menurun ke bawah golongan."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Logam alkali banyak ditemukan sebagai logam bebas di alam.	Benar/Salah + alasan	Reaktivitas tinggi membuatnya terutama terdapat sebagai ion dalam mineral dan larutan.
2	Reaktivitas logam alkali menurun ke bawah golongan.	Benar/Salah + alasan	Umumnya meningkat karena elektron valensi lebih mudah dilepas.
3	Semua garam alkali dan alkali tanah selalu larut.	Benar/Salah + alasan	Kelarutan bergantung pasangan ion; beberapa karbonat, sulfat, dan hidroksida memiliki kelarutan rendah.
4	Istilah alkali berarti semua senyawanya adalah basa kuat.	Benar/Salah + alasan	Alkali merujuk golongan; sifat basa bergantung senyawa dan reaksi dalam air.
5	Warna nyala berasal dari pembakaran logam menjadi warna tertentu.	Benar/Salah + alasan	Warna timbul dari emisi foton ketika elektron tereksitasi kembali ke tingkat energi lebih rendah.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman logam alkali dan alkali tanah dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

19.4 Halogen dan gas mulia

19.4.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Halogen bersifat elektronegatif dan membentuk molekul diatomik, sedangkan gas mulia memiliki kulit valensi relatif stabil. Keadaan fisik, daya oksidasi, reaktivitas, dan pembentukan senyawa berubah sepanjang golongan.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis Daya oksidasi halogen umumnya menurun ke bawah golongan; kemampuan reduksi halida meningkat ke bawah. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada halogen dan gas mulia.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	halogen, halida, daya oksidasi, gas mulia, polarizabilitas, senyawa xenon
Hubungan simbolik	Daya oksidasi halogen umumnya menurun ke bawah golongan; kemampuan reduksi halida meningkat ke bawah.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Desinfeksi klorin: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Reaksi perpindahan halogen: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Senyawa xenon: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami halogen dan gas mulia dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

19.4.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap desinfeksi klorin, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan halogen dan gas mulia.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Daya oksidasi halogen umumnya menurun ke bawah golongan; kemampuan reduksi halida meningkat ke bawah.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena desinfeksi klorin. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Daya oksidasi halogen umumnya menurun ke bawah golongan; kemampuan reduksi halida meningkat ke bawah. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah halogen dan halida perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

19.4.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Semua halogen berwujud gas pada suhu kamar.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	F ₂ dan Cl ₂ gas, Br ₂ cair, sedangkan I ₂ padat pada kondisi kamar.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Daya oksidasi halogen meningkat ke bawah golongan.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Secara umum F ₂ paling kuat dan daya oksidasi menurun ke bawah.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Gas mulia sama sekali tidak dapat membentuk senyawa.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Xe dan beberapa gas mulia lain dapat membentuk senyawa pada kondisi sesuai.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Klorida dan klorin adalah zat yang sama.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Cl ⁻ adalah ion klorida dengan sifat berbeda dari molekul Cl ₂ .	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Pemutihan oleh klorin terjadi karena warna klorin menutupi warna noda.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Spesies pengoksidasi merusak sistem kromofor sehingga warna hilang.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Semua gas mulia benar-benar tidak reaktif dalam semua kondisi.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Reaktivitas sangat rendah, tetapi tidak nol, terutama untuk atom besar dan kondisi ekstrem.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

19.4.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Semua halogen berwujud gas pada suhu kamar."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: F_2 dan Cl_2 gas, Br_2 cair, sedangkan I_2 padat pada kondisi kamar. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks reaksi perpindahan halogen.

Kasus 2. Respons: "Daya oksidasi halogen meningkat ke bawah golongan."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Secara umum F_2 paling kuat dan daya oksidasi menurun ke bawah. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks senyawa xenon.

Kasus 3. Respons: "Gas mulia sama sekali tidak dapat membentuk senyawa."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Xe dan beberapa gas mulia lain dapat membentuk senyawa pada kondisi sesuai. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks desinfeksi klorin.

Kasus 4. Respons: "Klorida dan klorin adalah zat yang sama."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Cl^- adalah ion klorida dengan sifat berbeda dari molekul Cl_2 . Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks reaksi perpindahan halogen.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada halogen dan gas mulia tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

19.4.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks desinfeksi klorin, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai halogen dan gas mulia?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	F ₂ dan Cl ₂ gas, Br ₂ cair, sedangkan I ₂ padat pada kondisi kamar.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Semua halogen berwujud gas pada suhu kamar.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks reaksi perpindahan halogen, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai halogen dan gas mulia?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Secara umum F ₂ paling kuat dan daya oksidasi menurun ke bawah.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Daya oksidasi halogen meningkat ke bawah golongan.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks senyawa xenon, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai halogen dan gas mulia?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Xe dan beberapa gas mulia lain dapat membentuk senyawa pada kondisi sesuai.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Gas mulia sama sekali tidak dapat membentuk senyawa.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

19.4.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa mempermalukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks desinfeksi klorin dan reaksi perpindahan halogen.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Halogen bersifat elektronegatif dan membentuk molekul diatomik, sedangkan gas mulia memiliki kulit valensi relatif stabil. Keadaan fisik, daya oksidasi, reaktivitas, dan pembentukan senyawa berubah sepanjang golongan.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: senyawa xenon.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

77. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada desinfeksi klorin dan menuliskan alasan.
78. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
79. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
80. Extend: peserta didik menerapkan model pada senyawa xenon dan menjelaskan batas persamaan Daya oksidasi halogen umumnya menurun ke bawah golongan; kemampuan reduksi halida meningkat ke bawah.

Teks refutasional

Bukan: "Semua halogen berwujud gas pada suhu kamar.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: F₂ dan Cl₂ gas, Br₂ cair, sedangkan I₂ padat pada kondisi kamar.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

19.4.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan halogen dan gas mulia pada konteks reaksi perpindahan halogen tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Daya oksidasi halogen umumnya menurun ke bawah golongan; kemampuan reduksi halida meningkat ke bawah.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Daya oksidasi halogen meningkat ke bawah golongan."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Semua halogen berwujud gas pada suhu kamar.	Benar/Salah + alasan	F ₂ dan Cl ₂ gas, Br ₂ cair, sedangkan I ₂ padat pada kondisi kamar.
2	Daya oksidasi halogen meningkat ke bawah golongan.	Benar/Salah + alasan	Secara umum F ₂ paling kuat dan daya oksidasi menurun ke bawah.
3	Gas mulia sama sekali tidak dapat membentuk senyawa.	Benar/Salah + alasan	Xe dan beberapa gas mulia lain dapat membentuk senyawa pada kondisi sesuai.
4	Klorida dan klorin adalah zat yang sama.	Benar/Salah + alasan	Cl ⁻ adalah ion klorida dengan sifat berbeda dari molekul Cl ₂ .
5	Pemutihan oleh klorin terjadi karena warna klorin menutupi warna noda.	Benar/Salah + alasan	Spesies pengoksidasi merusak sistem kromofor sehingga warna hilang.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman halogen dan gas mulia dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

19.5 Unsur transisi

19.5.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Unsur transisi dicirikan oleh subkulit d yang belum penuh pada atom atau ionnya. Variasi keadaan oksidasi, warna kompleks, magnetisme, dan katalisis berkaitan dengan elektron d serta lingkungan ligan.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis Pemisahan tingkat energi orbital d oleh medan ligan membantu menjelaskan warna dan magnetisme kompleks. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada unsur transisi.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	unsur transisi, orbital d, kompleks, ligan, keadaan oksidasi, magnetisme
Hubungan simbolik	Pemisahan tingkat energi orbital d oleh medan ligan membantu menjelaskan warna dan magnetisme kompleks.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Kompleks Cu^{2+} berwarna biru: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ dalam redoks: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Katalis logam transisi: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami unsur transisi dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

19.5.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap kompleks Cu^{2+} berwarna biru, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan unsur transisi.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Pemisahan tingkat energi orbital d oleh medan ligan membantu menjelaskan warna dan magnetisme kompleks.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena kompleks Cu^{2+} berwarna biru. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Pemisahan tingkat energi orbital d oleh medan ligan membantu menjelaskan warna dan magnetisme kompleks. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah unsur transisi dan orbital d perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

19.5.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Semua unsur blok d pasti merupakan unsur transisi.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Zn, Cd, dan Hg sering tidak memenuhi definisi karena konfigurasi d penuh pada atom dan ion umum.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Warna senyawa transisi berasal dari warna logam murninya.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Warna sering berasal dari transisi elektronik yang dipengaruhi ligan dan keadaan oksidasi.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Keadaan oksidasi beragam muncul secara acak.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Pola berkaitan dengan energi orbital ns dan (n-1)d serta stabilitas konfigurasi.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Katalis tidak ikut bereaksi sama sekali.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Katalis mengikuti lintasan reaksi alternatif dan membentuk intermediat, lalu diregenerasi.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Ion kompleks hanya campuran ion logam dan ligan tanpa ikatan.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Kompleks memiliki struktur koordinasi dan ikatan yang menentukan sifatnya.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Magnetisme hanya ditentukan oleh massa atom.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Magnetisme terutama dipengaruhi jumlah elektron tidak berpasangan dan interaksi spin.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

19.5.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Semua unsur blok d pasti merupakan unsur transisi."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Zn, Cd, dan Hg sering tidak memenuhi definisi karena konfigurasi d penuh pada atom dan ion umum. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ dalam redoks.

Kasus 2. Respons: "Warna senyawa transisi berasal dari warna logam murninya."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Warna sering berasal dari transisi elektronik yang dipengaruhi ligan dan keadaan oksidasi. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks katalis logam transisi.

Kasus 3. Respons: "Keadaan oksidasi beragam muncul secara acak."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Pola berkaitan dengan energi orbital ns dan $(n-1)d$ serta stabilitas konfigurasi. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks kompleks Cu^{2+} berwarna biru.

Kasus 4. Respons: "Katalis tidak ikut bereaksi sama sekali."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Katalis mengikuti lintasan reaksi alternatif dan membentuk intermediat, lalu diregenerasi. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ dalam redoks.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada unsur transisi tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

19.5.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks kompleks Cu^{2+} berwarna biru, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai unsur transisi?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Zn, Cd, dan Hg sering tidak memenuhi definisi karena konfigurasi d penuh pada atom dan ion umum.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Semua unsur blok d pasti merupakan unsur transisi.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ dalam redoks, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai unsur transisi?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Warna sering berasal dari transisi elektronik yang dipengaruhi ligan dan keadaan oksidasi.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Warna senyawa transisi berasal dari warna logam murninya.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks katalis logam transisi, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai unsur transisi?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Pola berkaitan dengan energi orbital ns dan (n-1)d serta stabilitas konfigurasi.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Keadaan oksidasi beragam muncul secara acak.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

19.5.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa memperlakukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembanding	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks kompleks Cu^{2+} berwarna biru dan $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ dalam redoks.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Unsur transisi dicirikan oleh subkulit d yang belum penuh pada atom atau ionnya. Variasi keadaan oksidasi, warna kompleks, magnetisme, dan katalisis berkaitan dengan elektron d serta lingkungan ligan.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: katalis logam transisi.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

81. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada kompleks Cu^{2+} berwarna biru dan menuliskan alasan.
82. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
83. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
84. Extend: peserta didik menerapkan model pada katalis logam transisi dan menjelaskan batas persamaan Pemisahan tingkat energi orbital d oleh medan ligan membantu menjelaskan warna dan magnetisme kompleks.

Teks refutasional

Bukan: "Semua unsur blok d pasti merupakan unsur transisi.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Zn, Cd, dan Hg sering tidak memenuhi definisi karena konfigurasi d penuh pada atom dan ion umum.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

19.5.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan unsur transisi pada konteks $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ dalam redoks tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Pemisahan tingkat energi orbital d oleh medan ligan membantu menjelaskan warna dan magnetisme kompleks.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Warna senyawa transisi berasal dari warna logam murninya."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Semua unsur blok d pasti merupakan unsur transisi.	Benar/Salah + alasan	Zn, Cd, dan Hg sering tidak memenuhi definisi karena konfigurasi d penuh pada atom dan ion umum.
2	Warna senyawa transisi berasal dari warna logam murninya.	Benar/Salah + alasan	Warna sering berasal dari transisi elektronik yang dipengaruhi ligan dan keadaan oksidasi.
3	Keadaan oksidasi beragam muncul secara acak.	Benar/Salah + alasan	Pola berkaitan dengan energi orbital ns dan (n-1)d serta stabilitas konfigurasi.
4	Katalis tidak ikut bereaksi sama sekali.	Benar/Salah + alasan	Katalis mengikuti lintasan reaksi alternatif dan membentuk intermediat, lalu diregenerasi.
5	Ion kompleks hanya campuran ion logam dan ligan tanpa ikatan.	Benar/Salah + alasan	Kompleks memiliki struktur koordinasi dan ikatan yang menentukan sifatnya.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman unsur transisi dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

19.6 Proses industri unsur

19.6.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Proses industri mengoptimalkan kompromi antara kesetimbangan, laju, energi, tekanan, keamanan, ketersediaan bahan, pemisahan, dan dampak lingkungan. Kondisi operasi tidak dipilih hanya dari satu prinsip.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis Keputusan proses mempertimbangkan yield, rate, energy, separation, safety, and cost secara terpadu. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada proses industri unsur.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	proses industri, kesetimbangan, katalis, tekanan, energi, ekonomi atom
Hubungan simbolik	Keputusan proses mempertimbangkan yield, rate, energy, separation, safety, and cost secara terpadu.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Proses haber-bosch: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Proses kontak asam sulfat: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Ekstraksi aluminium dan besi: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami proses industri unsur dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

19.6.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap proses Haber-Bosch, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan proses industri unsur.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Keputusan proses mempertimbangkan yield, rate, energy, separation, safety, and cost secara terpadu.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena proses Haber-Bosch. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Keputusan proses mempertimbangkan yield, rate, energy, separation, safety, and cost secara terpadu. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah proses industri dan kesetimbangan perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

19.6.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Industri selalu memilih kondisi dengan hasil kesetimbangan maksimum.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Kondisi optimum merupakan kompromi antara hasil, laju, biaya, energi, keselamatan, dan ketahanan alat.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Katalis menggeser kesetimbangan ke arah produk.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Katalis mempercepat pencapaian kesetimbangan tanpa mengubah K.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Tekanan setinggi mungkin selalu terbaik.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Tekanan tinggi mahal dan berisiko; manfaatnya bergantung perubahan mol gas dan kinetika.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Proses Haber menggunakan nitrogen dan oksigen untuk membuat amonia.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Amonia diproduksi dari N_2 dan H_2 .	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Aluminium dapat dielektrolisis langsung dari larutan air Al^{3+} .	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Air lebih mudah direduksi; industri menggunakan lelehan alumina dalam kriolit.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Besi dari tanur tinggi langsung merupakan besi murni.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Produk awal mengandung karbon dan pengotor sehingga memerlukan pengolahan lanjutan.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

19.6.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Industri selalu memilih kondisi dengan hasil kesetimbangan maksimum."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Kondisi optimum merupakan kompromi antara hasil, laju, biaya, energi, keselamatan, dan ketahanan alat. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks proses kontak asam sulfat.

Kasus 2. Respons: "Katalis menggeser kesetimbangan ke arah produk."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Katalis mempercepat pencapaian kesetimbangan tanpa mengubah K. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks ekstraksi aluminium dan besi.

Kasus 3. Respons: "Tekanan setinggi mungkin selalu terbaik."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Tekanan tinggi mahal dan berisiko; manfaatnya bergantung perubahan mol gas dan kinetika. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks proses Haber-Bosch.

Kasus 4. Respons: "Proses Haber menggunakan nitrogen dan oksigen untuk membuat amonia."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Amonia diproduksi dari N_2 dan H_2 . Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks proses kontak asam sulfat.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada proses industri unsur tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

19.6.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks proses Haber-Bosch, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai proses industri unsur?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Kondisi optimum merupakan kompromi antara hasil, laju, biaya, energi, keselamatan, dan ketahanan alat.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Industri selalu memilih kondisi dengan hasil kesetimbangan maksimum.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks proses kontak asam sulfat, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai proses industri unsur?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Katalis mempercepat pencapaian kesetimbangan tanpa mengubah K.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Katalis menggeser kesetimbangan ke arah produk.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks ekstraksi aluminium dan besi, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai proses industri unsur?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Tekanan tinggi mahal dan berisiko; manfaatnya bergantung perubahan mol gas dan kinetika.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Tekanan setinggi mungkin selalu terbaik.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

19.6.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa memperlakukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks proses Haber-Bosch dan proses kontak asam sulfat.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Proses industri mengoptimalkan kompromi antara kesetimbangan, laju, energi, tekanan, keamanan, ketersediaan bahan, pemisahan, dan dampak lingkungan. Kondisi operasi tidak dipilih hanya dari satu prinsip.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: ekstraksi aluminium dan besi.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

85. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada proses Haber-Bosch dan menuliskan alasan.
86. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
87. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
88. Extend: peserta didik menerapkan model pada ekstraksi aluminium dan besi dan menjelaskan batas persamaan Keputusan proses mempertimbangkan yield, rate, energy, separation, safety, and cost secara terpadu.

Teks refutasiional

Bukan: "Industri selalu memilih kondisi dengan hasil kesetimbangan maksimum.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Kondisi optimum merupakan kompromi antara hasil, laju, biaya, energi, keselamatan, dan ketahanan alat.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

19.6.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan proses industri unsur pada konteks proses kontak asam sulfat tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Keputusan proses mempertimbangkan yield, rate, energy, separation, safety, and cost secara terpadu.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Katalis menggeser kesetimbangan ke arah produk."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Industri selalu memilih kondisi dengan hasil kesetimbangan maksimum.	Benar/Salah + alasan	Kondisi optimum merupakan kompromi antara hasil, laju, biaya, energi, keselamatan, dan ketahanan alat.
2	Katalis menggeser kesetimbangan ke arah produk.	Benar/Salah + alasan	Katalis mempercepat pencapaian kesetimbangan tanpa mengubah K.
3	Tekanan setinggi mungkin selalu terbaik.	Benar/Salah + alasan	Tekanan tinggi mahal dan berisiko; manfaatnya bergantung perubahan mol gas dan kinetika.
4	Proses Haber menggunakan nitrogen dan oksigen untuk membuat amonia.	Benar/Salah + alasan	Amonia diproduksi dari N ₂ dan H ₂ .
5	Aluminium dapat dielektrolisis langsung dari larutan air Al ³⁺ .	Benar/Salah + alasan	Air lebih mudah direduksi; industri menggunakan lelehan alumina dalam kriolit.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman proses industri unsur dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

19.7 Mineral, bijih, dan pemurnian

19.7.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Mineral adalah padatan alam berstruktur dan berkomposisi tertentu, sedangkan bijih adalah bahan yang layak dieksploitasi secara ekonomi. Ekstraksi mencakup benefisiasi, konversi kimia, reduksi, dan pemurnian.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis Kelayakan bijih = kadar x kemudahan ekstraksi x harga - biaya energi, lingkungan, dan pengolahan. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada mineral, bijih, dan pemurnian.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	mineral, bijih, gangue, benefisiasi, reduksi, pemurnian
Hubungan simbolik	Kelayakan bijih = kadar x kemudahan ekstraksi x harga - biaya energi, lingkungan, dan pengolahan.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Bauksit menjadi aluminium: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Hematit menjadi besi: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Pemurnian tembaga elektrolitik: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami mineral, bijih, dan pemurnian dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

19.7.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap bauksit menjadi aluminium, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan mineral, bijih, dan pemurnian.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Kelayakan bijih = kadar x kemudahan ekstraksi x harga - biaya energi, lingkungan, dan pengolahan.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena bauksit menjadi aluminium. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Kelayakan bijih = kadar x kemudahan ekstraksi x harga - biaya energi, lingkungan, dan pengolahan. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah mineral dan bijih perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

19.7.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Mineral dan bijih adalah istilah yang sama.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Semua bijih mengandung mineral, tetapi tidak semua mineral ekonomis sebagai bijih.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Kadar logam adalah satu-satunya penentu kelayakan bijih.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Lokasi, mineralogi, energi, limbah, harga, dan teknologi juga menentukan.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Konsentrasi bijih menciptakan logam baru.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Konsentrasi memisahkan mineral berharga dari pengotor tanpa mengubah jumlah unsur secara ajaib.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Semua oksida logam dapat direduksi dengan karbon.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Logam sangat reaktif memerlukan metode lain seperti elektrolisis.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Pemurnian selalu menghilangkan seluruh pengotor.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Produk industri memiliki spesifikasi kemurnian; penghilangan mutlak tidak realistis.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Daur ulang logam selalu identik dengan ekstraksi primer.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Alur, energi, kontaminan, dan pemisahan paduan berbeda dari pengolahan bijih.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

19.7.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Mineral dan bijih adalah istilah yang sama."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Semua bijih mengandung mineral, tetapi tidak semua mineral ekonomis sebagai bijih. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks hematit menjadi besi.

Kasus 2. Respons: "Kadar logam adalah satu-satunya penentu kelayakan bijih."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Lokasi, mineralogi, energi, limbah, harga, dan teknologi juga menentukan. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks pemurnian tembaga elektrolitik.

Kasus 3. Respons: "Konsentrasi bijih menciptakan logam baru."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Konsentrasi memisahkan mineral berharga dari pengotor tanpa mengubah jumlah unsur secara ajaib. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks bauksit menjadi aluminium.

Kasus 4. Respons: "Semua oksida logam dapat direduksi dengan karbon."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Logam sangat reaktif memerlukan metode lain seperti elektrolisis. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks hematit menjadi besi.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada mineral, bijih, dan pemurnian tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

19.7.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks bauksit menjadi aluminium, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai mineral, bijih, dan pemurnian?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Semua bijih mengandung mineral, tetapi tidak semua mineral ekonomis sebagai bijih.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Mineral dan bijih adalah istilah yang sama.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks hematit menjadi besi, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai mineral, bijih, dan pemurnian?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Lokasi, mineralogi, energi, limbah, harga, dan teknologi juga menentukan.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Kadar logam adalah satu-satunya penentu kelayakan bijih.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks pemurnian tembaga elektrolitik, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai mineral, bijih, dan pemurnian?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Konsentrasi memisahkan mineral berharga dari pengotor tanpa mengubah jumlah unsur secara ajaib.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Konsentrasi bijih menciptakan logam baru.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

19.7.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa mempermalukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks bauksit menjadi aluminium dan hematit menjadi besi.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Mineral adalah padatan alam berstruktur dan berkomposisi tertentu, sedangkan bijih adalah bahan yang layak dieksploitasi secara ekonomi. Ekstraksi mencakup benefisiasi, konversi kimia, reduksi, dan pemurnian.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: pemurnian tembaga elektrolitik.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

89. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada bauksit menjadi aluminium dan menuliskan alasan.
90. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
91. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
92. Extend: peserta didik menerapkan model pada pemurnian tembaga elektrolitik dan menjelaskan batas persamaan Kelayakan bijih = kadar x kemudahan ekstraksi x harga - biaya energi, lingkungan, dan pengolahan.

Teks refutasional

Bukan: "Mineral dan bijih adalah istilah yang sama.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Semua bijih mengandung mineral, tetapi tidak semua mineral ekonomis sebagai bijih.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

19.7.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan mineral, bijih, dan pemurnian pada konteks hematit menjadi besi tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Kelayakan bijih = kadar x kemudahan ekstraksi x harga - biaya energi, lingkungan, dan pengolahan.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Kadar logam adalah satu-satunya penentu kelayakan bijih."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Mineral dan bijih adalah istilah yang sama.	Benar/Salah + alasan	Semua bijih mengandung mineral, tetapi tidak semua mineral ekonomis sebagai bijih.
2	Kadar logam adalah satu-satunya penentu kelayakan bijih.	Benar/Salah + alasan	Lokasi, mineralogi, energi, limbah, harga, dan teknologi juga menentukan.
3	Konsentrasi bijih menciptakan logam baru.	Benar/Salah + alasan	Konsentrasi memisahkan mineral berharga dari pengotor tanpa mengubah jumlah unsur secara ajaib.
4	Semua oksida logam dapat direduksi dengan karbon.	Benar/Salah + alasan	Logam sangat reaktif memerlukan metode lain seperti elektrolisis.
5	Pemurnian selalu menghilangkan seluruh pengotor.	Benar/Salah + alasan	Produk industri memiliki spesifikasi kemurnian; penghilangan mutlak tidak realistis.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman mineral, bijih, dan pemurnian dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

19.8 Dampak lingkungan unsur

19.8.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Dampak lingkungan ditentukan oleh spesiasi, dosis, jalur paparan, persistensi, bioavailabilitas, dan kondisi ekosistem. Unsur yang sama dapat memiliki efek berbeda pada keadaan oksidasi atau bentuk kimia yang berbeda.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis $\text{Risiko} = \text{bahaya} \times \text{paparan}$; konsentrasi saja tidak cukup tanpa informasi spesiasi dan jalur paparan. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada dampak lingkungan unsur.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	spesiasi, bioavailabilitas, toksisitas, bioakumulasi, biomagnifikasi, risiko
Hubungan simbolik	$\text{Risiko} = \text{bahaya} \times \text{paparan}$; konsentrasi saja tidak cukup tanpa informasi spesiasi dan jalur paparan.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Merkuri dalam rantai makanan: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Kromium(iii) dan kromium(vi): gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Eutrofikasi oleh senyawa nitrogen dan fosfor: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami dampak lingkungan unsur dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

19.8.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap merkuri dalam rantai makanan, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan dampak lingkungan unsur.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Risiko = bahaya x paparan; konsentrasi saja tidak cukup tanpa informasi spesiasi dan jalur paparan.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena merkuri dalam rantai makanan. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Risiko = bahaya x paparan; konsentrasi saja tidak cukup tanpa informasi spesiasi dan jalur paparan. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah spesiasi dan bioavailabilitas perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

19.8.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Toksisitas hanya ditentukan oleh nama unsur.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Bentuk kimia, keadaan oksidasi, dosis, dan jalur paparan sangat menentukan.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Zat alami selalu aman bagi lingkungan.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Bahan alami dapat berbahaya pada dosis dan konteks tertentu.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Semua logam berat sama toksiknya.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Toksisitas dan fungsi biologis bervariasi; istilah logam berat sendiri sering tidak cukup presisi.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Biodegradasi dapat memusnahkan unsur.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Unsur tidak hilang; senyawanya berubah bentuk dan dapat berpindah antar kompartemen.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Pengenceran selalu menghilangkan pencemaran.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Pengenceran menurunkan konsentrasi lokal tetapi tidak menghilangkan massa dan dapat memperluas penyebaran.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Keadaan oksidasi tidak memengaruhi bahaya.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Contoh klasik menunjukkan Cr(VI) jauh berbeda dari Cr(III) dalam mobilitas dan toksisitas.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

19.8.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Toksistas hanya ditentukan oleh nama unsur."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Bentuk kimia, keadaan oksidasi, dosis, dan jalur paparan sangat menentukan. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks kromium(III) dan kromium(VI).

Kasus 2. Respons: "Zat alami selalu aman bagi lingkungan."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Bahan alami dapat berbahaya pada dosis dan konteks tertentu. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks eutrofikasi oleh senyawa nitrogen dan fosfor.

Kasus 3. Respons: "Semua logam berat sama toksiknya."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Toksistas dan fungsi biologis bervariasi; istilah logam berat sendiri sering tidak cukup presisi. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks merkuri dalam rantai makanan.

Kasus 4. Respons: "Biodegradasi dapat memusnahkan unsur."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Unsur tidak hilang; senyawanya berubah bentuk dan dapat berpindah antar kompartemen. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks kromium(III) dan kromium(VI).

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada dampak lingkungan unsur tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

19.8.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks merkuri dalam rantai makanan, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai dampak lingkungan unsur?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Bentuk kimia, keadaan oksidasi, dosis, dan jalur paparan sangat menentukan.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Toksisitas hanya ditentukan oleh nama unsur.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks kromium(III) dan kromium(VI), pernyataan manakah yang paling tepat mengenai dampak lingkungan unsur?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Bahan alami dapat berbahaya pada dosis dan konteks tertentu.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Zat alami selalu aman bagi lingkungan.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks eutrofikasi oleh senyawa nitrogen dan fosfor, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai dampak lingkungan unsur?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Toksisitas dan fungsi biologis bervariasi; istilah logam berat sendiri sering tidak cukup presisi.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Semua logam berat sama toksiknya.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

19.8.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa mempermalukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembanding	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks merkuri dalam rantai makanan dan kromium(III) dan kromium(VI).	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Dampak lingkungan ditentukan oleh spesiasi, dosis, jalur paparan, persistensi, bioavailabilitas, dan kondisi ekosistem. Unsur yang sama dapat memiliki efek berbeda pada keadaan oksidasi atau bentuk kimia yang berbeda.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: eutrofikasi oleh senyawa nitrogen dan fosfor.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

93. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada merkuri dalam rantai makanan dan menuliskan alasan.
94. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
95. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
96. Extend: peserta didik menerapkan model pada eutrofikasi oleh senyawa nitrogen dan fosfor dan menjelaskan batas persamaan Risiko = bahaya x paparan; konsentrasi saja tidak cukup tanpa informasi spesiasi dan jalur paparan.

Teks refutasional

Bukan: "Toksisitas hanya ditentukan oleh nama unsur.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Bentuk kimia, keadaan oksidasi, dosis, dan jalur paparan sangat menentukan.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

19.8.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan dampak lingkungan unsur pada konteks kromium(III) dan kromium(VI) tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Risiko = bahaya x paparan; konsentrasi saja tidak cukup tanpa informasi spesiasi dan jalur paparan.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Zat alami selalu aman bagi lingkungan."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Toksisitas hanya ditentukan oleh nama unsur.	Benar/Salah + alasan	Bentuk kimia, keadaan oksidasi, dosis, dan jalur paparan sangat menentukan.
2	Zat alami selalu aman bagi lingkungan.	Benar/Salah + alasan	Bahan alami dapat berbahaya pada dosis dan konteks tertentu.
3	Semua logam berat sama toksiknya.	Benar/Salah + alasan	Toksisitas dan fungsi biologis bervariasi; istilah logam berat sendiri sering tidak cukup presisi.
4	Biodegradasi dapat memusnahkan unsur.	Benar/Salah + alasan	Unsur tidak hilang; senyawanya berubah bentuk dan dapat berpindah antar kompartemen.
5	Pengenceran selalu menghilangkan pencemaran.	Benar/Salah + alasan	Pengenceran menurunkan konsentrasi lokal tetapi tidak menghilangkan massa dan dapat memperluas penyebaran.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman dampak lingkungan unsur dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

RANGKUMAN BAB 19

Kimia unsur memadukan periodisitas, keadaan oksidasi, struktur, proses ekstraksi, penggunaan industri, dan dampak lingkungan. Generalisasi berlebihan dari tren sederhana sering menghasilkan miskonsepsi ketika peserta didik menghadapi pengecualian dan konteks nyata.

Kode	Konsep	Miskonsepsi Representatif	Konsep Ilmiah
19.1	Kelimpahan dan keberadaan unsur	Unsur yang melimpah selalu ditemukan sebagai zat bebas.	Unsur reaktif dapat melimpah tetapi terutama terdapat dalam senyawa, seperti oksigen dalam silikat.
19.2	Sifat periodik unsur	Jari-jari atom meningkat dari kiri ke kanan dalam satu periode.	Umumnya jari-jari menurun karena muatan inti efektif meningkat pada kulit utama yang sama.
19.3	Logam alkali dan alkali tanah	Logam alkali banyak ditemukan sebagai logam bebas di alam.	Reaktivitas tinggi membuatnya terutama terdapat sebagai ion dalam mineral dan larutan.
19.4	Halogen dan gas mulia	Semua halogen berwujud gas pada suhu kamar.	F ₂ dan Cl ₂ gas, Br ₂ cair, sedangkan I ₂ padat pada kondisi kamar.
19.5	Unsur transisi	Semua unsur blok d pasti merupakan unsur transisi.	Zn, Cd, dan Hg sering tidak memenuhi definisi karena konfigurasi d penuh pada atom dan ion umum.
19.6	Proses industri unsur	Industri selalu memilih kondisi dengan hasil kesetimbangan maksimum.	Kondisi optimum merupakan kompromi antara hasil, laju, biaya, energi, keselamatan, dan ketahanan alat.
19.7	Mineral, bijih, dan pemurnian	Mineral dan bijih adalah istilah yang sama.	Semua bijih mengandung mineral, tetapi tidak semua mineral ekonomis sebagai bijih.
19.8	Dampak lingkungan unsur	Toksisitas hanya ditentukan oleh nama unsur.	Bentuk kimia, keadaan oksidasi, dosis, dan jalur paparan sangat menentukan.

Prinsip Diagnostik Bab

- Jangan menafsirkan satu kesalahan sebagai miskonsepsi tanpa pola bukti.
- Periksa konsistensi respons pada lebih dari satu konteks dan representasi.
- Bedakan ketidaktahuan, salah hitung, salah baca, dan konsepsi alternatif.
- Gunakan keyakinan respons sebagai data pendukung, bukan satu-satunya dasar.
- Hubungkan hasil diagnosis dengan tindakan remediasi yang spesifik.

EVALUASI INTEGRATIF BAB 19

Evaluasi berikut dirancang untuk menilai koordinasi konsep, bukan hanya prosedur rutin. Guru dapat memilih sebagian butir sesuai tujuan dan waktu.

No.	Tugas Integratif	Kriteria Kunci
1	Analisislah konteks unsur dominan di kerak bumi dan jelaskan kelimpahan dan keberadaan unsur pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Kelimpahan dapat dinyatakan sebagai persen massa, fraksi atom, atau konsentrasi; basis pengukuran harus disebutkan.
2	Bantahlah pernyataan: "Unsur yang melimpah selalu ditemukan sebagai zat bebas." dengan bukti dan satu contoh batas.	Unsur reaktif dapat melimpah tetapi terutama terdapat dalam senyawa, seperti oksigen dalam silikat.
3	Analisislah konteks perbandingan Na, Mg, dan Al dan jelaskan sifat periodik unsur pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Z_{eff} mendasari banyak tren; ukuran atom, energi ionisasi, afinitas elektron, dan elektronegativitas tidak berdiri sendiri.
4	Bantahlah pernyataan: "Jari-jari atom meningkat dari kiri ke kanan dalam satu periode." dengan bukti dan satu contoh batas.	Umumnya jari-jari menurun karena muatan inti efektif meningkat pada kulit utama yang sama.
5	Analisislah konteks reaksi Na dengan air dan jelaskan logam alkali dan alkali tanah pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Kecenderungan melepas elektron meningkat ke bawah golongan, tetapi sifat senyawa juga dipengaruhi energi kisi dan hidrasi.
6	Bantahlah pernyataan: "Logam alkali banyak ditemukan sebagai logam bebas di alam." dengan bukti dan satu contoh batas.	Reaktivitas tinggi membuatnya terutama terdapat sebagai ion dalam mineral dan larutan.
7	Analisislah konteks desinfeksi klorin dan jelaskan halogen dan gas mulia pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Daya oksidasi halogen umumnya menurun ke bawah golongan; kemampuan reduksi halida meningkat ke bawah.
8	Bantahlah pernyataan: "Semua halogen berwujud gas pada suhu kamar." dengan bukti dan satu contoh batas.	F ₂ dan Cl ₂ gas, Br ₂ cair, sedangkan I ₂ padat pada kondisi kamar.
9	Analisislah konteks kompleks Cu ²⁺ berwarna biru dan jelaskan unsur transisi pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Pemisahan tingkat energi orbital d oleh medan ligan membantu menjelaskan warna dan magnetisme kompleks.
10	Bantahlah pernyataan: "Semua unsur blok d pasti merupakan unsur transisi." dengan bukti dan satu contoh batas.	Zn, Cd, dan Hg sering tidak memenuhi definisi karena konfigurasi d penuh pada atom dan ion umum.
11	Analisislah konteks proses Haber-Bosch dan jelaskan proses industri unsur pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Keputusan proses mempertimbangkan yield, rate, energy, separation, safety, and cost secara terpadu.
12	Bantahlah pernyataan: "Industri selalu memilih kondisi dengan hasil kesetimbangan maksimum." dengan bukti dan satu contoh batas.	Kondisi optimum merupakan kompromi antara hasil, laju, biaya, energi, keselamatan, dan ketahanan alat.
13	Analisislah konteks bauksit menjadi aluminium dan jelaskan mineral, bijih, dan pemurnian pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Kelayakan bijih = kadar x kemudahan ekstraksi x harga - biaya energi, lingkungan, dan pengolahan.
14	Bantahlah pernyataan: "Mineral dan bijih adalah istilah yang sama." dengan bukti dan satu contoh batas.	Semua bijih mengandung mineral, tetapi tidak semua mineral ekonomis sebagai bijih.
15	Analisislah konteks merkuri dalam rantai makanan dan jelaskan dampak lingkungan unsur pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Risiko = bahaya x paparan; konsentrasi saja tidak cukup tanpa informasi spesiasi dan jalur paparan.
16	Bantahlah pernyataan: "Toksistasitas hanya ditentukan oleh nama unsur." dengan bukti dan satu contoh batas.	Bentuk kimia, keadaan oksidasi, dosis, dan jalur paparan sangat menentukan.

Skor argumentasi

0 = tidak menjawab; 1 = klaim tanpa alasan; 2 = alasan sebagian; 3 = klaim-alasan-bukti konsisten; 4 = mampu menyebut asumsi, batas, dan menerapkan pada konteks baru.

BAB 20 MISKONSEPSI TENTANG KIMIA ORGANIK

Kimia organik bergantung pada kemampuan menerjemahkan rumus dua dimensi menjadi struktur tiga dimensi, mengenali gugus fungsi, memprediksi distribusi elektron, dan menghubungkan struktur dengan sifat serta reaktivitas. Representasi yang sangat ringkas sering disalahartikan sebagai bentuk fisik literal.

Bab ini memperluas daftar miskonsepsi, menyajikan indikator diagnostik, contoh respons peserta didik, instrumen bertingkat, strategi perubahan konseptual, dan evaluasi transfer-retensi. Struktur tetap mengikuti pola buku sebelumnya agar mudah digunakan dalam pembelajaran, penelitian, dan pengembangan instrumen.

Subtopik	Fokus	Istilah Kunci	Miskonsepsi Pemantik
20.1	Struktur karbon dan representasi	rumus rangka, valensi	Setiap garis pada rumus organik selalu menyatakan satu atom karbon.
20.2	Tata nama dan isomer	rantai induk, lokan	Rantai induk selalu garis yang tampak paling lurus pada gambar.
20.3	Gugus fungsi	gugus fungsi, karbonil	Satu gugus fungsi menentukan seluruh sifat tanpa pengaruh bagian molekul lain.
20.4	Reaksi substitusi, adisi, dan eliminasi	substitusi, adisi	Substitusi berarti dua molekul utuh saling bertukar tempat.
20.5	Benzena dan aromatisitas	benzena, aromatisitas	Benzena memiliki tiga ikatan tunggal dan tiga ikatan rangkap yang tetap.
20.6	Kepolaran dan kelarutan organik	kepolaran, momen dipol	Kaidah like dissolves like selalu memberikan jawaban ya atau tidak mutlak.
20.7	Oksidasi senyawa organik	oksidasi organik, alkohol	Oksidasi organik selalu harus menambahkan atom oksigen dari oksidator ke produk.
20.8	Hubungan struktur dan sifat	struktur-sifat, gaya antarmolekul	Massa molar lebih besar selalu berarti titik didih lebih tinggi.

Cara menggunakan bab

Sebelum mengajar, pilih miskonsepsi yang paling relevan. Selama pembelajaran, gunakan pertanyaan dan gambar partikel. Setelah remediasi, ukur transfer dan retensi dengan konteks berbeda.

Peta Konsep Bab 20

Kode	Konsep	Jejaring Konsep	Konteks Utama
20.1	Struktur karbon dan representasi	rumus rangka -> valensi -> hibridisasi -> geometri	membaca rumus rangka hidrokarbon
20.2	Tata nama dan isomer	rantai induk -> lokan -> substituen -> isomer struktur	penamaan hidrokarbon bercabang
20.3	Gugus fungsi	gugus fungsi -> karbonil -> hidroksil -> amina	alkohol versus fenol
20.4	Reaksi substitusi, adisi, dan eliminasi	substitusi -> adisi -> eliminasi -> nukleofil	halogenasi alkana
20.5	Benzena dan aromatisitas	benzena -> aromatisitas -> delokalisasi -> aturan Huckel	substitusi elektrofilik benzena
20.6	Kepolaran dan kelarutan organik	kepolaran -> momen dipol -> ikatan hidrogen -> hidrofobik	etanol dan air
20.7	Oksidasi senyawa organik	oksidasi organik -> alkohol -> aldehida -> keton	oksidasi alkohol primer dan sekunder
20.8	Hubungan struktur dan sifat	struktur-sifat -> gaya antarmolekul -> percabangan -> simetri	titik didih isomer pentana

Jejaring Prasyarat dan Potensi Hambatan

Konsep dalam bab ini saling terhubung dengan struktur materi, mol, ikatan, energi, kesetimbangan, dan kemampuan matematis. Miskonsepsi pada prasyarat dapat muncul kembali dalam bentuk baru. Karena itu, diagnosis perlu membedakan konsep target dari konsep prasyarat yang belum dikuasai.

- Gunakan pertanyaan awal yang tidak langsung memerlukan perhitungan.
- Minta peserta didik memberikan alasan dan tingkat keyakinan.
- Bandingkan respons pada fenomena nyata, gambar partikel, dan persamaan.
- Catat pola yang konsisten lintas subtopik sebagai miskonsepsi inti.
- Rancang remediasi yang menghubungkan bukti, model, simbol, dan refleksi.

20.1 Struktur karbon dan representasi

20.1.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Representasi organik - rumus molekul, struktur Lewis, rumus terkondensasi, rangka garis, model bola-tongkat, dan model ruang - menonjolkan informasi berbeda. Tidak satu pun merupakan gambar literal lengkap molekul.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis Karbon netral umumnya valensi empat; jumlah ikatan, muatan formal, dan elektron bebas harus konsisten. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada struktur karbon dan representasi.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	rumus rangka, valensi, hibridisasi, geometri, resonansi, konformasi
Hubungan simbolik	Karbon netral umumnya valensi empat; jumlah ikatan, muatan formal, dan elektron bebas harus konsisten.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Membaca rumus rangka hidrokarbon: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Model 3d molekul: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Resonansi ion karboksilat: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami struktur karbon dan representasi dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

20.1.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap membaca rumus rangka hidrokarbon, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan struktur karbon dan representasi.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Karbon netral umumnya valensi empat; jumlah ikatan, muatan formal, dan elektron bebas harus konsisten.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena membaca rumus rangka hidrokarbon. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Karbon netral umumnya valensi empat; jumlah ikatan, muatan formal, dan elektron bebas harus konsisten. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah rumus rangka dan valensi perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

20.1.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Setiap garis pada rumus organik selalu menyatakan satu atom karbon.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Garis menyatakan ikatan; atom karbon berada pada titik ujung atau sudut yang tidak diberi label.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Rumus dua dimensi menunjukkan molekul benar-benar datar.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Banyak atom memiliki geometri tiga dimensi dan rotasi ikatan.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Ikatan rangkap dapat berotasi bebas seperti ikatan tunggal.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Rotasi ikatan rangkap memerlukan pemutusan tumpang tindih pi dan sangat terhambat.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Hidrogen yang tidak digambar tidak ada dalam molekul.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Pada rumus rangka, H pada karbon diimplikasikan untuk memenuhi valensi.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Struktur resonansi bergantian secara cepat sebagai molekul berbeda.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Molekul nyata adalah hibrida resonansi dengan distribusi elektron terdelokalisasi.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Karbon netral biasa dapat membentuk lima ikatan kovalen penuh tanpa muatan.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Model valensi perlu memeriksa oktet, muatan formal, dan jenis ikatan.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

20.1.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Setiap garis pada rumus organik selalu menyatakan satu atom karbon."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Garis menyatakan ikatan; atom karbon berada pada titik ujung atau sudut yang tidak diberi label. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks model 3D molekul.

Kasus 2. Respons: "Rumus dua dimensi menunjukkan molekul benar-benar datar."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Banyak atom memiliki geometri tiga dimensi dan rotasi ikatan. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks resonansi ion karboksilat.

Kasus 3. Respons: "Ikatan rangkap dapat berotasi bebas seperti ikatan tunggal."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Rotasi ikatan rangkap memerlukan pemutusan tumpang tindih pi dan sangat terhambat. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks membaca rumus rangka hidrokarbon.

Kasus 4. Respons: "Hidrogen yang tidak digambar tidak ada dalam molekul."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Pada rumus rangka, H pada karbon diimplikasikan untuk memenuhi valensi. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks model 3D molekul.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada struktur karbon dan representasi tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

20.1.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks membaca rumus rangka hidrokarbon, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai struktur karbon dan representasi?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Garis menyatakan ikatan; atom karbon berada pada titik ujung atau sudut yang tidak diberi label.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Setiap garis pada rumus organik selalu menyatakan satu atom karbon.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks model 3D molekul, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai struktur karbon dan representasi?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Banyak atom memiliki geometri tiga dimensi dan rotasi ikatan.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Rumus dua dimensi menunjukkan molekul benar-benar datar.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks resonansi ion karboksilat, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai struktur karbon dan representasi?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Rotasi ikatan rangkap memerlukan pemutusan tumpang tindih pi dan sangat terhambat.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Ikatan rangkap dapat berotasi bebas seperti ikatan tunggal.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

20.1.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa memperlakukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks membaca rumus rangka hidrokarbon dan model 3D molekul.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Representasi organik - rumus molekul, struktur Lewis, rumus terkondensasi, rangka garis, model bola-tongkat, dan model ruang - menonjolkan informasi berbeda. Tidak satu pun merupakan gambar literal lengkap molekul.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: resonansi ion karboksilat.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

97. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada membaca rumus rangka hidrokarbon dan menuliskan alasan.
98. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
99. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
100. Extend: peserta didik menerapkan model pada resonansi ion karboksilat dan menjelaskan batas persamaan Karbon netral umumnya valensi empat; jumlah ikatan, muatan formal, dan elektron bebas harus konsisten.

Teks refutasiional

Bukan: "Setiap garis pada rumus organik selalu menyatakan satu atom karbon.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Garis menyatakan ikatan; atom karbon berada pada titik ujung atau sudut yang tidak diberi label.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

20.1.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan struktur karbon dan representasi pada konteks model 3D molekul tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Karbon netral umumnya valensi empat; jumlah ikatan, muatan formal, dan elektron bebas harus konsisten.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Rumus dua dimensi menunjukkan molekul benar-benar datar."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Setiap garis pada rumus organik selalu menyatakan satu atom karbon.	Benar/Salah + alasan	Garis menyatakan ikatan; atom karbon berada pada titik ujung atau sudut yang tidak diberi label.
2	Rumus dua dimensi menunjukkan molekul benar-benar datar.	Benar/Salah + alasan	Banyak atom memiliki geometri tiga dimensi dan rotasi ikatan.
3	Ikatan rangkap dapat berotasi bebas seperti ikatan tunggal.	Benar/Salah + alasan	Rotasi ikatan rangkap memerlukan pemutusan tumpang tindih pi dan sangat terhambat.
4	Hidrogen yang tidak digambar tidak ada dalam molekul.	Benar/Salah + alasan	Pada rumus rangka, H pada karbon diimplikasikan untuk memenuhi valensi.
5	Struktur resonansi bergantian secara cepat sebagai molekul berbeda.	Benar/Salah + alasan	Molekul nyata adalah hibrida resonansi dengan distribusi elektron terdelokalisasi.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman struktur karbon dan representasi dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

20.2 Tata nama dan isomer

20.2.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Tata nama IUPAC mengodekan struktur melalui pemilihan rantai induk, prioritas gugus fungsi, penomoran, substituen, dan stereokimia. Isomer memiliki rumus molekul sama tetapi konektivitas atau susunan ruang berbeda.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis Nama sistematis diturunkan dari struktur; verifikasi dilakukan dengan menggambar kembali struktur dari nama. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada tata nama dan isomer.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	rantai induk, lokan, substituen, isomer struktur, stereoisomer, kiralitas
Hubungan simbolik	Nama sistematis diturunkan dari struktur; verifikasi dilakukan dengan menggambar kembali struktur dari nama.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Penamaan hidrokarbon bercabang: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Isomer $C_4H_{10}O$: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Isomer geometris dan optis: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami tata nama dan isomer dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

20.2.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap penamaan hidrokarbon bercabang, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan tata nama dan isomer.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Nama sistematis diturunkan dari struktur; verifikasi dilakukan dengan menggambar kembali struktur dari nama.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena penamaan hidrokarbon bercabang. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Nama sistematis diturunkan dari struktur; verifikasi dilakukan dengan menggambar kembali struktur dari nama. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah rantai induk dan lokan perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

20.2.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Rantai induk selalu garis yang tampak paling lurus pada gambar.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Rantai induk dipilih menurut jumlah atom dan prioritas aturan, bukan penampilan visual.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Penomoran selalu dimulai dari substituen terdekat tanpa mempertimbangkan gugus fungsi.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Gugus fungsi utama dan aturan himpunan loka terendah memiliki prioritas.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Rumus molekul sama berarti zatnya sama.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Isomer dapat memiliki rumus sama tetapi struktur dan sifat berbeda.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Konformer adalah isomer struktur yang berbeda.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Konformer umumnya saling berubah melalui rotasi ikatan tanpa memutus ikatan.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Semua bayangan cermin merupakan enansiomer.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Hanya bayangan cermin yang tidak dapat ditumpangtindihkan yang merupakan enansiomer.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Awalan di-, tri-, dan tetra- selalu diperhitungkan dalam urutan alfabet substituen.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Dalam banyak aturan dasar, awalan pengganda diabaikan untuk pengurutan alfabet.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

20.2.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Rantai induk selalu garis yang tampak paling lurus pada gambar."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Rantai induk dipilih menurut jumlah atom dan prioritas aturan, bukan penampilan visual. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks isomer C_4H_{10} .

Kasus 2. Respons: "Penomoran selalu dimulai dari substituen terdekat tanpa mempertimbangkan gugus fungsi."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Gugus fungsi utama dan aturan himpunan loka terendah memiliki prioritas. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks isomer geometris dan optis.

Kasus 3. Respons: "Rumus molekul sama berarti zatnya sama."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Isomer dapat memiliki rumus sama tetapi struktur dan sifat berbeda. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks penamaan hidrokarbon bercabang.

Kasus 4. Respons: "Konformer adalah isomer struktur yang berbeda."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Konformer umumnya saling berubah melalui rotasi ikatan tanpa memutus ikatan. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks isomer C_4H_{10} .

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada tata nama dan isomer tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

20.2.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks penamaan hidrokarbon bercabang, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai tata nama dan isomer?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Rantai induk dipilih menurut jumlah atom dan prioritas aturan, bukan penampilan visual.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Rantai induk selalu garis yang tampak paling lurus pada gambar.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks isomer $C_4H_{10}O$, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai tata nama dan isomer?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Gugus fungsi utama dan aturan himpunan lokan terendah memiliki prioritas.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Penomoran selalu dimulai dari substituen terdekat tanpa mempertimbangkan gugus fungsi.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks isomer geometris dan optis, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai tata nama dan isomer?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Isomer dapat memiliki rumus sama tetapi struktur dan sifat berbeda.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Rumus molekul sama berarti zatnya sama.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

20.2.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa mempermalukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembanding	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks penamaan hidrokarbon bercabang dan isomer C ₄ H ₁₀ O.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Tata nama IUPAC mengodekan struktur melalui pemilihan rantai induk, prioritas gugus fungsi, penomoran, substituen, dan stereokimia. Isomer memiliki rumus molekul sama tetapi konektivitas atau susunan ruang berbeda.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: isomer geometris dan optis.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

101. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada penamaan hidrokarbon bercabang dan menuliskan alasan.
102. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
103. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
104. Extend: peserta didik menerapkan model pada isomer geometris dan optis dan menjelaskan batas persamaan Nama sistematis diturunkan dari struktur; verifikasi dilakukan dengan menggambar kembali struktur dari nama.

Teks refutasional

Bukan: "Rantai induk selalu garis yang tampak paling lurus pada gambar.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Rantai induk dipilih menurut jumlah atom dan prioritas aturan, bukan penampilan visual.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

20.2.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan tata nama dan isomer pada konteks isomer $C_4H_{10}O$ tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Nama sistematis diturunkan dari struktur; verifikasi dilakukan dengan menggambar kembali struktur dari nama.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Penomoran selalu dimulai dari substituen terdekat tanpa mempertimbangkan gugus fungsi."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Rantai induk selalu garis yang tampak paling lurus pada gambar.	Benar/Salah + alasan	Rantai induk dipilih menurut jumlah atom dan prioritas aturan, bukan penampilan visual.
2	Penomoran selalu dimulai dari substituen terdekat tanpa mempertimbangkan gugus fungsi.	Benar/Salah + alasan	Gugus fungsi utama dan aturan himpunan lokan terendah memiliki prioritas.
3	Rumus molekul sama berarti zatnya sama.	Benar/Salah + alasan	Isomer dapat memiliki rumus sama tetapi struktur dan sifat berbeda.
4	Konformer adalah isomer struktur yang berbeda.	Benar/Salah + alasan	Konformer umumnya saling berubah melalui rotasi ikatan tanpa memutus ikatan.
5	Semua bayangan cermin merupakan enansiomer.	Benar/Salah + alasan	Hanya bayangan cermin yang tidak dapat ditumpangtindihkan yang merupakan enansiomer.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman tata nama dan isomer dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

20.3 Gugus fungsi

20.3.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Gugus fungsi adalah motif struktural yang memberi pola reaktivitas, tetapi sifat akhir molekul juga dipengaruhi rangka karbon, gugus lain, posisi, sterik, induktif, resonansi, dan lingkungan.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis Identifikasi gugus fungsi harus berdasarkan konektivitas atom, bukan hanya keberadaan unsur tertentu. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada gugus fungsi.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	gugus fungsi, karbonil, hidroksil, amina, amida, reaktivitas
Hubungan simbolik	Identifikasi gugus fungsi harus berdasarkan konektivitas atom, bukan hanya keberadaan unsur tertentu.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Alkohol versus fenol: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Aldehida versus keton: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Amina, amida, dan nitril: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami gugus fungsi dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

20.3.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap alkohol versus fenol, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan gugus fungsi.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Identifikasi gugus fungsi harus berdasarkan konektivitas atom, bukan hanya keberadaan unsur tertentu.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena alkohol versus fenol. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Identifikasi gugus fungsi harus berdasarkan konektivitas atom, bukan hanya keberadaan unsur tertentu. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah gugus fungsi dan karbonil perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

20.3.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Satu gugus fungsi menentukan seluruh sifat tanpa pengaruh bagian molekul lain.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Sifat merupakan hasil gabungan gugus fungsi, ukuran, bentuk, dan interaksi keseluruhan molekul.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Semua gugus -OH berarti ion hidroksida dan sangat basa.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	-OH kovalen pada alkohol atau fenol berbeda dari OH ⁻ bebas.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Setiap senyawa yang mengandung C=O adalah asam karboksilat.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Karbonil terdapat pada aldehida, keton, ester, amida, dan turunan lain.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Eter dan alkohol sama karena sama-sama mengandung oksigen.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Konektivitas R-O-R dan R-O-H menghasilkan sifat serta reaktivitas berbeda.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Semua amina bersifat basa kuat seperti NaOH.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Kebasaan amina relatif dan dipengaruhi substituen, resonansi, pelarut, dan sterik.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Gugus fungsi dalam molekul tidak saling memengaruhi.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Efek induktif, resonansi, dan kedekatan ruang dapat mengubah reaktivitas.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

20.3.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Satu gugus fungsi menentukan seluruh sifat tanpa pengaruh bagian molekul lain."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Sifat merupakan hasil gabungan gugus fungsi, ukuran, bentuk, dan interaksi keseluruhan molekul. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks aldehida versus keton.

Kasus 2. Respons: "Semua gugus -OH berarti ion hidroksida dan sangat basa."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: -OH kovalen pada alkohol atau fenol berbeda dari OH⁻ bebas. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks amina, amida, dan nitril.

Kasus 3. Respons: "Setiap senyawa yang mengandung C=O adalah asam karboksilat."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Karbonil terdapat pada aldehida, keton, ester, amida, dan turunan lain. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks alkohol versus fenol.

Kasus 4. Respons: "Eter dan alkohol sama karena sama-sama mengandung oksigen."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Konektivitas R-O-R dan R-O-H menghasilkan sifat serta reaktivitas berbeda. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks aldehida versus keton.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada gugus fungsi tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

20.3.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks alkohol versus fenol, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai gugus fungsi?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Sifat merupakan hasil gabungan gugus fungsi, ukuran, bentuk, dan interaksi keseluruhan molekul.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Satu gugus fungsi menentukan seluruh sifat tanpa pengaruh bagian molekul lain.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks aldehida versus keton, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai gugus fungsi?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	-OH kovalen pada alkohol atau fenol berbeda dari OH-bebas.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Semua gugus -OH berarti ion hidroksida dan sangat basa.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks amina, amida, dan nitril, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai gugus fungsi?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Karbonil terdapat pada aldehida, keton, ester, amida, dan turunan lain.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Setiap senyawa yang mengandung C=O adalah asam karboksilat.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

20.3.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa mempermalukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks alkohol versus fenol dan aldehida versus keton.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Gugus fungsi adalah motif struktural yang memberi pola reaktivitas, tetapi sifat akhir molekul juga dipengaruhi rangka karbon, gugus lain, posisi, sterik, induktif, resonansi, dan lingkungan.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: amina, amida, dan nitril.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

105. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada alkohol versus fenol dan menuliskan alasan.
106. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
107. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
108. Extend: peserta didik menerapkan model pada amina, amida, dan nitril dan menjelaskan batas persamaan. Identifikasi gugus fungsi harus berdasarkan konektivitas atom, bukan hanya keberadaan unsur tertentu.

Teks refutasiional

Bukan: "Satu gugus fungsi menentukan seluruh sifat tanpa pengaruh bagian molekul lain.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Sifat merupakan hasil gabungan gugus fungsi, ukuran, bentuk, dan interaksi keseluruhan molekul.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

20.3.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan gugus fungsi pada konteks aldehida versus keton tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Identifikasi gugus fungsi harus berdasarkan konektivitas atom, bukan hanya keberadaan unsur tertentu.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Semua gugus -OH berarti ion hidroksida dan sangat basa."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Satu gugus fungsi menentukan seluruh sifat tanpa pengaruh bagian molekul lain.	Benar/Salah + alasan	Sifat merupakan hasil gabungan gugus fungsi, ukuran, bentuk, dan interaksi keseluruhan molekul.
2	Semua gugus -OH berarti ion hidroksida dan sangat basa.	Benar/Salah + alasan	-OH kovalen pada alkohol atau fenol berbeda dari OH ⁻ bebas.
3	Setiap senyawa yang mengandung C=O adalah asam karboksilat.	Benar/Salah + alasan	Karbonil terdapat pada aldehida, keton, ester, amida, dan turunan lain.
4	Eter dan alkohol sama karena sama-sama mengandung oksigen.	Benar/Salah + alasan	Konektivitas R-O-R dan R-O-H menghasilkan sifat serta reaktivitas berbeda.
5	Semua amina bersifat basa kuat seperti NaOH.	Benar/Salah + alasan	Kebasaan amina relatif dan dipengaruhi substituen, resonansi, pelarut, dan sterik.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman gugus fungsi dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

20.4 Reaksi substitusi, adisi, dan eliminasi

20.4.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Klasifikasi reaksi organik menggambarkan perubahan konektivitas: substitusi mengganti gugus, adisi menambah komponen pada ikatan tak jenuh, dan eliminasi membentuk ketidakjenuhan dengan melepaskan gugus. Kondisi menentukan mekanisme dan produk.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis. Selalu cek ikatan yang putus, ikatan yang terbentuk, muatan, dan neraca atom. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada reaksi substitusi, adisi, dan eliminasi.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	substitusi, adisi, eliminasi, nukleofil, elektrofil, mekanisme
Hubungan simbolik	Selalu cek ikatan yang putus, ikatan yang terbentuk, muatan, dan neraca atom.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Halogenasi alkana: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Adisi hbr pada alkena: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Dehidrasi alkohol: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami reaksi substitusi, adisi, dan eliminasi dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

20.4.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap halogenasi alkana, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan reaksi substitusi, adisi, dan eliminasi.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Selalu cek ikatan yang putus, ikatan yang terbentuk, muatan, dan neraca atom.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena halogenasi alkana. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Selalu cek ikatan yang putus, ikatan yang terbentuk, muatan, dan neraca atom. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah substitusi dan adisi perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

20.4.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Substitusi berarti dua molekul utuh saling bertukar tempat.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Substitusi melibatkan penggantian atom atau gugus pada pusat reaksi melalui mekanisme tertentu.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Adisi berlangsung pada ikatan tunggal jenuh tanpa perubahan.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Adisi khas mengurangi derajat ketidakjenuhan, misalnya memutus komponen pi.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Pada eliminasi, atom yang hilang lenyap tanpa produk samping.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Atom harus tetap terhitung dalam molekul kecil atau spesies lain.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Jenis produk tidak dipengaruhi pelarut, suhu, dan struktur substrat.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Kondisi mengubah kompetisi mekanisme dan selektivitas.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Panah mekanisme adalah lintasan fisik atom di ruang.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Panah lengkung merepresentasikan perpindahan pasangan elektron.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Satu pereaksi selalu menghasilkan satu produk tunggal.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Regioselektivitas, stereoselektivitas, dan reaksi samping dapat menghasilkan campuran.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

20.4.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Substitusi berarti dua molekul utuh saling bertukar tempat."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Substitusi melibatkan penggantian atom atau gugus pada pusat reaksi melalui mekanisme tertentu. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks adisi HBr pada alkena.

Kasus 2. Respons: "Adisi berlangsung pada ikatan tunggal jenuh tanpa perubahan."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Adisi khas mengurangi derajat ketidakjenuhan, misalnya memutus komponen pi. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks dehidrasi alkohol.

Kasus 3. Respons: "Pada eliminasi, atom yang hilang lenyap tanpa produk samping."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Atom harus tetap terhitung dalam molekul kecil atau spesies lain. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks halogenasi alkana.

Kasus 4. Respons: "Jenis produk tidak dipengaruhi pelarut, suhu, dan struktur substrat."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Kondisi mengubah kompetisi mekanisme dan selektivitas. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks adisi HBr pada alkena.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada reaksi substitusi, adisi, dan eliminasi tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

20.4.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks halogenasi alkana, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai reaksi substitusi, adisi, dan eliminasi?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Substitusi melibatkan penggantian atom atau gugus pada pusat reaksi melalui mekanisme tertentu.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Substitusi berarti dua molekul utuh saling bertukar tempat.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks adisi HBr pada alkena, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai reaksi substitusi, adisi, dan eliminasi?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Adisi khas mengurangi derajat ketidakjenuhan, misalnya memutus komponen pi.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Adisi berlangsung pada ikatan tunggal jenuh tanpa perubahan.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks dehidrasi alkohol, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai reaksi substitusi, adisi, dan eliminasi?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Atom harus tetap terhitung dalam molekul kecil atau spesies lain.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Pada eliminasi, atom yang hilang lenyap tanpa produk samping.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

20.4.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa mempermalukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks halogenasi alkana dan adisi HBr pada alkana.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Klasifikasi reaksi organik menggambarkan perubahan konektivitas: substitusi mengganti gugus, adisi menambah komponen pada ikatan tak jenuh, dan eliminasi membentuk ketidakjenuhan dengan melepaskan gugus. Kondisi menentukan mekanisme dan produk.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: dehidrasi alkohol.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

109. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada halogenasi alkana dan menuliskan alasan.
110. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
111. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
112. Extend: peserta didik menerapkan model pada dehidrasi alkohol dan menjelaskan batas persamaan Selalu cek ikatan yang putus, ikatan yang terbentuk, muatan, dan neraca atom.

Teks refutasiional

Bukan: "Substitusi berarti dua molekul utuh saling bertukar tempat.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Substitusi melibatkan penggantian atom atau gugus pada pusat reaksi melalui mekanisme tertentu.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

20.4.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan reaksi substitusi, adisi, dan eliminasi pada konteks adisi HBr pada alkena tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Selalu cek ikatan yang putus, ikatan yang terbentuk, muatan, dan neraca atom.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Adisi berlangsung pada ikatan tunggal jenuh tanpa perubahan."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Substitusi berarti dua molekul utuh saling bertukar tempat.	Benar/Salah + alasan	Substitusi melibatkan penggantian atom atau gugus pada pusat reaksi melalui mekanisme tertentu.
2	Adisi berlangsung pada ikatan tunggal jenuh tanpa perubahan.	Benar/Salah + alasan	Adisi khas mengurangi derajat ketidakjenuhan, misalnya memutus komponen pi.
3	Pada eliminasi, atom yang hilang lenyap tanpa produk samping.	Benar/Salah + alasan	Atom harus tetap terhitung dalam molekul kecil atau spesies lain.
4	Jenis produk tidak dipengaruhi pelarut, suhu, dan struktur substrat.	Benar/Salah + alasan	Kondisi mengubah kompetisi mekanisme dan selektivitas.
5	Panah mekanisme adalah lintasan fisik atom di ruang.	Benar/Salah + alasan	Panah lengkung merepresentasikan perpindahan pasangan elektron.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman reaksi substitusi, adisi, dan eliminasi dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

20.5 Benzena dan aromatisitas

20.5.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Benzena memiliki sistem pi terdelokalisasi dengan enam elektron yang memenuhi kriteria aromatik. Struktur Kekule adalah representasi kontribuen, bukan ikatan tunggal-rangkap yang menetap.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis Kriteria sederhana aromatik: siklik, planar, terkonjugasi, dan memiliki $4n+2$ elektron pi. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada benzena dan aromatisitas.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	benzena, aromatisitas, delokalisasi, aturan Huckel, substitusi elektrofilik, resonansi
Hubungan simbolik	Kriteria sederhana aromatik: siklik, planar, terkonjugasi, dan memiliki $4n+2$ elektron pi.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Substitusi elektrofilik benzena: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Perbandingan benzena dan sikloheksena: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Senyawa aromatik heterosiklik: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami benzena dan aromatisitas dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

20.5.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap substitusi elektrofilik benzena, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan benzena dan aromatisitas.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Kriteria sederhana aromatik: siklik, planar, terkonjugasi, dan memiliki $4n+2$ elektron π .
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena substitusi elektrofilik benzena. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Kriteria sederhana aromatik: siklik, planar, terkonjugasi, dan memiliki $4n+2$ elektron π . harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah benzena dan aromatisitas perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

20.5.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Benzena memiliki tiga ikatan tunggal dan tiga ikatan rangkap yang tetap.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Semua ikatan C-C setara secara rata-rata karena delokalisasi elektron pi.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Aromatik berarti molekul berbau harum.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Dalam kimia modern, aromatisitas adalah sifat elektronik dan struktural.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Benzena bereaksi adisi semudah alkena.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Adisi merusak stabilisasi aromatik; benzena lebih cenderung mengalami substitusi.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Lingkaran dalam cincin benzena adalah orbit satu elektron yang berputar.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Lingkaran menyimbolkan delokalisasi enam elektron pi.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Semua senyawa siklik terkonjugasi otomatis aromatik.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Planaritas dan jumlah elektron pi $4n+2$ juga harus dipenuhi.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Aromatik berarti sama sekali tidak reaktif.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Aromatik relatif stabil terhadap adisi tetapi tetap bereaksi melalui lintasan yang mempertahankan atau memulihkan aromatisitas.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

20.5.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Benzena memiliki tiga ikatan tunggal dan tiga ikatan rangkap yang tetap."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Semua ikatan C-C setara secara rata-rata karena delokalisasi elektron π . Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks perbandingan benzena dan sikloheksena.

Kasus 2. Respons: "Aromatik berarti molekul berbau harum."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Dalam kimia modern, aromatisitas adalah sifat elektronik dan struktural. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks senyawa aromatik heterosiklik.

Kasus 3. Respons: "Benzena bereaksi adisi semudah alkena."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Adisi merusak stabilisasi aromatik; benzena lebih cenderung mengalami substitusi. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks substitusi elektrofilik benzena.

Kasus 4. Respons: "Lingkaran dalam cincin benzena adalah orbit satu elektron yang berputar."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Lingkaran menyimbolkan delokalisasi enam elektron π . Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks perbandingan benzena dan sikloheksena.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada benzena dan aromatisitas tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

20.5.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks substitusi elektrofilik benzena, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai benzena dan aromatisitas?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Semua ikatan C-C setara secara rata-rata karena delokalisasi elektron π .	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Benzena memiliki tiga ikatan tunggal dan tiga ikatan rangkap yang tetap.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks perbandingan benzena dan sikloheksena, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai benzena dan aromatisitas?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Dalam kimia modern, aromatisitas adalah sifat elektronik dan struktural.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Aromatik berarti molekul berbau harum.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks senyawa aromatik heterosiklik, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai benzena dan aromatisitas?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Adisi merusak stabilisasi aromatik; benzena lebih cenderung mengalami substitusi.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Benzena bereaksi adisi semudah alkena.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

20.5.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa memperlakukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti perbandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks substitusi elektrofilik benzena dan perbandingan benzena dan sikloheksena.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Benzena memiliki sistem pi terdelokalisasi dengan enam elektron yang memenuhi kriteria aromatik. Struktur Kekule adalah representasi kontribuen, bukan ikatan tunggal-rangkap yang menetap.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: senyawa aromatik heterosiklik.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

113. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada substitusi elektrofilik benzena dan menuliskan alasan.
114. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
115. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
116. Extend: peserta didik menerapkan model pada senyawa aromatik heterosiklik dan menjelaskan batas persamaan Kriteria sederhana aromatik: siklik, planar, terkonjugasi, dan memiliki $4n+2$ elektron pi.

Teks refutasiional

Bukan: "Benzena memiliki tiga ikatan tunggal dan tiga ikatan rangkap yang tetap." Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Semua ikatan C-C setara secara rata-rata karena delokalisasi elektron pi.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

20.5.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan benzena dan aromatisitas pada konteks perbandingan benzena dan sikloheksena tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Kriteria sederhana aromatik: siklik, planar, terkonjugasi, dan memiliki $4n+2$ elektron pi.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Aromatik berarti molekul berbau harum."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Benzena memiliki tiga ikatan tunggal dan tiga ikatan rangkap yang tetap.	Benar/Salah + alasan	Semua ikatan C-C setara secara rata-rata karena delokalisasi elektron pi.
2	Aromatik berarti molekul berbau harum.	Benar/Salah + alasan	Dalam kimia modern, aromatisitas adalah sifat elektronik dan struktural.
3	Benzena bereaksi adisi semudah alkena.	Benar/Salah + alasan	Adisi merusak stabilisasi aromatik; benzena lebih cenderung mengalami substitusi.
4	Lingkaran dalam cincin benzena adalah orbit satu elektron yang berputar.	Benar/Salah + alasan	Lingkaran menyimbolkan delokalisasi enam elektron pi.
5	Semua senyawa siklik terkonjugasi otomatis aromatik.	Benar/Salah + alasan	Planaritas dan jumlah elektron pi $4n+2$ juga harus dipenuhi.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman benzena dan aromatisitas dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

20.6 Kepolaran dan kelarutan organik

20.6.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Kelarutan ditentukan keseimbangan interaksi zat terlarut-pelarut, energi pemisahan partikel, entropi pencampuran, ukuran hidrofobik, dan kemampuan membentuk ikatan hidrogen. Kaidah like dissolves like adalah panduan, bukan hukum mutlak.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis Kelarutan menguntungkan jika interaksi baru dan perubahan entropi menyeimbangkan biaya memutus interaksi lama. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada kepolaran dan kelarutan organik.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	kepolaran, momen dipol, ikatan hidrogen, hidrofobik, kelarutan, emulsi
Hubungan simbolik	Kelarutan menguntungkan jika interaksi baru dan perubahan entropi menyeimbangkan biaya memutus interaksi lama.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Etanol dan air: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Minyak, sabun, dan emulsi: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Ekstraksi cair-cair: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami kepolaran dan kelarutan organik dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

20.6.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap etanol dan air, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan kepolaran dan kelarutan organik.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Kelarutan menguntungkan jika interaksi baru dan perubahan entropi menyeimbangkan biaya memutus interaksi lama.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena etanol dan air. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Kelarutan menguntungkan jika interaksi baru dan perubahan entropi menyeimbangkan biaya memutus interaksi lama. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah kepolaran dan momen dipol perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

20.6.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Kaidah like dissolves like selalu memberikan jawaban ya atau tidak mutlak.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Kelarutan bersifat kuantitatif dan dipengaruhi suhu, komposisi, ukuran, dan interaksi spesifik.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Semua molekul polar larut sempurna dalam air.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Bagian nonpolar besar dapat mendominasi dan membatasi kelarutan.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Adanya satu gugus -OH membuat rantai karbon berapa pun sangat larut.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Peningkatan panjang rantai hidrokarbon menurunkan kontribusi relatif gugus polar.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Ikatan hidrogen hanya terjadi di dalam satu molekul.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Ikatan hidrogen antarmolekul sangat penting bagi kelarutan dan titik didih.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Emulsi sama dengan larutan sejati.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Emulsi adalah dispersi dua fase yang distabilkan surfaktan, bukan pencampuran molekuler sempurna.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Momen dipol ikatan langsung sama dengan kepolaran molekul.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Geometri dapat menyebabkan vektor dipol saling meniadakan atau memperkuat.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

20.6.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Kaidah like dissolves like selalu memberikan jawaban ya atau tidak mutlak."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Kelarutan bersifat kuantitatif dan dipengaruhi suhu, komposisi, ukuran, dan interaksi spesifik. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks minyak, sabun, dan emulsi.

Kasus 2. Respons: "Semua molekul polar larut sempurna dalam air."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Bagian nonpolar besar dapat mendominasi dan membatasi kelarutan. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks ekstraksi cair-cair.

Kasus 3. Respons: "Adanya satu gugus -OH membuat rantai karbon berapa pun sangat larut."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Peningkatan panjang rantai hidrokarbon menurunkan kontribusi relatif gugus polar. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks etanol dan air.

Kasus 4. Respons: "Ikatan hidrogen hanya terjadi di dalam satu molekul."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Ikatan hidrogen antarmolekul sangat penting bagi kelarutan dan titik didih. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks minyak, sabun, dan emulsi.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada kepolaran dan kelarutan organik tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

20.6.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks etanol dan air, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai kepolaran dan kelarutan organik?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Kelarutan bersifat kuantitatif dan dipengaruhi suhu, komposisi, ukuran, dan interaksi spesifik.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Kaidah like dissolves like selalu memberikan jawaban ya atau tidak mutlak.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks minyak, sabun, dan emulsi, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai kepolaran dan kelarutan organik?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Bagian nonpolar besar dapat mendominasi dan membatasi kelarutan.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Semua molekul polar larut sempurna dalam air.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks ekstraksi cair-cair, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai kepolaran dan kelarutan organik?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Peningkatan panjang rantai hidrokarbon menurunkan kontribusi relatif gugus polar.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Adanya satu gugus -OH membuat rantai karbon berapa pun sangat larut.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

20.6.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa mempermalukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks etanol dan air dan minyak, sabun, dan emulsi.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Kelarutan ditentukan keseimbangan interaksi zat terlarut-pelarut, energi pemisahan partikel, entropi pencampuran, ukuran hidrofobik, dan kemampuan membentuk ikatan hidrogen. Kaidah like dissolves like adalah panduan, bukan hukum mutlak.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: ekstraksi cair-cair.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

117. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada etanol dan air dan menuliskan alasan.
118. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
119. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
120. Extend: peserta didik menerapkan model pada ekstraksi cair-cair dan menjelaskan batas persamaan Kelarutan menguntungkan jika interaksi baru dan perubahan entropi menyeimbangkan biaya memutus interaksi lama.

Teks refutasional

Bukan: "Kaidah like dissolves like selalu memberikan jawaban ya atau tidak mutlak.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Kelarutan bersifat kuantitatif dan dipengaruhi suhu, komposisi, ukuran, dan interaksi spesifik.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

20.6.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan kepolaran dan kelarutan organik pada konteks minyak, sabun, dan emulsi tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Kelarutan menguntungkan jika interaksi baru dan perubahan entropi menyeimbangkan biaya memutus interaksi lama.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Semua molekul polar larut sempurna dalam air."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Kaidah like dissolves like selalu memberikan jawaban ya atau tidak mutlak.	Benar/Salah + alasan	Kelarutan bersifat kuantitatif dan dipengaruhi suhu, komposisi, ukuran, dan interaksi spesifik.
2	Semua molekul polar larut sempurna dalam air.	Benar/Salah + alasan	Bagian nonpolar besar dapat mendominasi dan membatasi kelarutan.
3	Adanya satu gugus -OH membuat rantai karbon berapa pun sangat larut.	Benar/Salah + alasan	Peningkatan panjang rantai hidrokarbon menurunkan kontribusi relatif gugus polar.
4	Ikatan hidrogen hanya terjadi di dalam satu molekul.	Benar/Salah + alasan	Ikatan hidrogen antarmolekul sangat penting bagi kelarutan dan titik didih.
5	Emulsi sama dengan larutan sejati.	Benar/Salah + alasan	Emulsi adalah dispersi dua fase yang distabilkan surfaktan, bukan pencampuran molekuler sempurna.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman kepolaran dan kelarutan organik dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

20.7 Oksidasi senyawa organik

20.7.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Oksidasi organik dapat dianalisis melalui kenaikan bilangan oksidasi karbon, penambahan ikatan ke atom elektronegatif, atau pengurangan ikatan C-H. Hasil bergantung jenis substrat, oksidator, dan kondisi.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis Karbon teroksidasi ketika jumlah ikatan C-O/C-X meningkat atau C-H menurun; gunakan bilangan oksidasi untuk memeriksa. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada oksidasi senyawa organik.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	oksidasi organik, alkohol, aldehida, keton, asam karboksilat, pembakaran
Hubungan simbolik	Karbon teroksidasi ketika jumlah ikatan C-O/C-X meningkat atau C-H menurun; gunakan bilangan oksidasi untuk memeriksa.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Oksidasi alkohol primer dan sekunder: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Pembakaran hidrokarbon: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Ketengikan lemak: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami oksidasi senyawa organik dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

20.7.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap oksidasi alkohol primer dan sekunder, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan oksidasi senyawa organik.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Karbon teroksidasi ketika jumlah ikatan C-O/C-X meningkat atau C-H menurun; gunakan bilangan oksidasi untuk memeriksa.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena oksidasi alkohol primer dan sekunder. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Karbon teroksidasi ketika jumlah ikatan C-O/C-X meningkat atau C-H menurun; gunakan bilangan oksidasi untuk memeriksa. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah oksidasi organik dan alkohol perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

20.7.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Oksidasi organik selalu harus menambahkan atom oksigen dari oksidator ke produk.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Oksidasi dapat berupa pelepasan hidrogen atau perubahan elektron tanpa transfer atom O langsung.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Semua alkohol teroksidasi menjadi asam karboksilat.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Alkohol primer, sekunder, dan tersier menunjukkan perilaku berbeda.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Pembakaran hanya terjadi jika terlihat nyala.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Oksidasi lambat dapat berlangsung tanpa nyala.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Oksidator selalu menyumbangkan atom oksigen ke substrat.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Oksidator menerima elektron; atom dalam produk dapat berasal dari sumber lain.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Reduksi organik selalu berarti menghilangkan oksigen.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Penambahan hidrogen atau penurunan bilangan oksidasi juga merupakan reduksi.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Bilangan oksidasi tidak dapat digunakan pada senyawa organik.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Bilangan oksidasi karbon membantu membandingkan tingkat oksidasi substrat dan produk.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

20.7.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Oksidasi organik selalu harus menambahkan atom oksigen dari oksidator ke produk."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Oksidasi dapat berupa pelepasan hidrogen atau perubahan elektron tanpa transfer atom O langsung. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks pembakaran hidrokarbon.

Kasus 2. Respons: "Semua alkohol teroksidasi menjadi asam karboksilat."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Alkohol primer, sekunder, dan tersier menunjukkan perilaku berbeda. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks ketengikan lemak.

Kasus 3. Respons: "Pembakaran hanya terjadi jika terlihat nyala."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Oksidasi lambat dapat berlangsung tanpa nyala. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks oksidasi alkohol primer dan sekunder.

Kasus 4. Respons: "Oksidator selalu menyumbangkan atom oksigen ke substrat."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Oksidator menerima elektron; atom dalam produk dapat berasal dari sumber lain. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks pembakaran hidrokarbon.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada oksidasi senyawa organik tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

20.7.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks oksidasi alkohol primer dan sekunder, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai oksidasi senyawa organik?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Oksidasi dapat berupa pelepasan hidrogen atau perubahan elektron tanpa transfer atom O langsung.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Oksidasi organik selalu harus menambahkan atom oksigen dari oksidator ke produk.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks pembakaran hidrokarbon, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai oksidasi senyawa organik?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Alkohol primer, sekunder, dan tersier menunjukkan perilaku berbeda.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Semua alkohol teroksidasi menjadi asam karboksilat.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks ketengikan lemak, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai oksidasi senyawa organik?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Oksidasi lambat dapat berlangsung tanpa nyala.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Pembakaran hanya terjadi jika terlihat nyala.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

20.7.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa memperlakukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks oksidasi alkohol primer dan sekunder dan pembakaran hidrokarbon.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Oksidasi organik dapat dianalisis melalui kenaikan bilangan oksidasi karbon, penambahan ikatan ke atom elektronegatif, atau pengurangan ikatan C-H. Hasil bergantung jenis substrat, oksidator, dan kondisi.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: ketengikan lemak.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

121. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada oksidasi alkohol primer dan sekunder dan menuliskan alasan.
122. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
123. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
124. Extend: peserta didik menerapkan model pada ketengikan lemak dan menjelaskan batas persamaan Karbon teroksidasi ketika jumlah ikatan C-O/C-X meningkat atau C-H menurun; gunakan bilangan oksidasi untuk memeriksa.

Teks refutasiional

Bukan: "Oksidasi organik selalu harus menambahkan atom oksigen dari oksidator ke produk.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Oksidasi dapat berupa pelepasan hidrogen atau perubahan elektron tanpa transfer atom O langsung.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

20.7.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan oksidasi senyawa organik pada konteks pembakaran hidrokarbon tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Karbon teroksidasi ketika jumlah ikatan C-O/C-X meningkat atau C-H menurun; gunakan bilangan oksidasi untuk memeriksa.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Semua alkohol teroksidasi menjadi asam karboksilat."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Oksidasi organik selalu harus menambahkan atom oksigen dari oksidator ke produk.	Benar/Salah + alasan	Oksidasi dapat berupa pelepasan hidrogen atau perubahan elektron tanpa transfer atom O langsung.
2	Semua alkohol teroksidasi menjadi asam karboksilat.	Benar/Salah + alasan	Alkohol primer, sekunder, dan tersier menunjukkan perilaku berbeda.
3	Pembakaran hanya terjadi jika terlihat nyala.	Benar/Salah + alasan	Oksidasi lambat dapat berlangsung tanpa nyala.
4	Oksidator selalu menyumbangkan atom oksigen ke substrat.	Benar/Salah + alasan	Oksidator menerima elektron; atom dalam produk dapat berasal dari sumber lain.
5	Reduksi organik selalu berarti menghilangkan oksigen.	Benar/Salah + alasan	Penambahan hidrogen atau penurunan bilangan oksidasi juga merupakan reduksi.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman oksidasi senyawa organik dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

20.8 Hubungan struktur dan sifat

20.8.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Sifat fisik dan kimia organik muncul dari gabungan massa molar, bentuk, luas permukaan, polaritas, kemampuan berikatan hidrogen, simetri, fleksibilitas, dan gaya dispersi. Satu variabel jarang menjelaskan seluruh pola.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis Prediksi sifat harus membandingkan molekul dengan mengendalikan variabel yang relevan, bukan memakai satu aturan tunggal. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada hubungan struktur dan sifat.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	struktur-sifat, gaya antarmolekul, percabangan, simetri, titik didih, titik leleh
Hubungan simbolik	Prediksi sifat harus membandingkan molekul dengan mengendalikan variabel yang relevan, bukan memakai satu aturan tunggal.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Titik didih isomer pentana: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Kelarutan alkohol homolog: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Titik leleh isomer simetris: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami hubungan struktur dan sifat dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

20.8.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap titik didih isomer pentana, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan hubungan struktur dan sifat.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Prediksi sifat harus membandingkan molekul dengan mengendalikan variabel yang relevan, bukan memakai satu aturan tunggal.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena titik didih isomer pentana. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Prediksi sifat harus membandingkan molekul dengan mengendalikan variabel yang relevan, bukan memakai satu aturan tunggal. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspadalah

Istilah struktur-sifat dan gaya antarmolekul perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

20.8.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Massa molar lebih besar selalu berarti titik didih lebih tinggi.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Bentuk, polaritas, dan ikatan hidrogen dapat mengalahkan pengaruh massa.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Percabangan selalu menaikkan titik didih.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Untuk isomer alkana, percabangan sering menurunkan luas kontak dan titik didih.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Tren titik leleh selalu sama dengan tren titik didih.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Titik leleh sangat dipengaruhi kemampuan pengemasan kristal dan simetri.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Semua isomer mempunyai sifat fisik identik.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Perbedaan konektivitas dan bentuk mengubah interaksi serta pengemasan.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Kepolaran adalah satu-satunya penentu kelarutan dan titik didih.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Ukuran, bentuk, ikatan hidrogen, dan dispersi juga penting.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Gaya antarmolekul adalah ikatan kovalen di dalam molekul.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Gaya antarmolekul bekerja antarpartikel dan berbeda dari ikatan intramolekul.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

20.8.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Massa molar lebih besar selalu berarti titik didih lebih tinggi."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Bentuk, polaritas, dan ikatan hidrogen dapat mengalahkan pengaruh massa. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks kelarutan alkohol homolog.

Kasus 2. Respons: "Percabangan selalu menaikkan titik didih."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Untuk isomer alkana, percabangan sering menurunkan luas kontak dan titik didih. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks titik leleh isomer simetris.

Kasus 3. Respons: "Tren titik leleh selalu sama dengan tren titik didih."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Titik leleh sangat dipengaruhi kemampuan pengemasan kristal dan simetri. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks titik didih isomer pentana.

Kasus 4. Respons: "Semua isomer mempunyai sifat fisik identik."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Perbedaan konektivitas dan bentuk mengubah interaksi serta pengemasan. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks kelarutan alkohol homolog.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada hubungan struktur dan sifat tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

20.8.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks titik didih isomer pentana, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai hubungan struktur dan sifat?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Bentuk, polaritas, dan ikatan hidrogen dapat mengalahkan pengaruh massa.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Massa molar lebih besar selalu berarti titik didih lebih tinggi.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks kelarutan alkohol homolog, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai hubungan struktur dan sifat?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Untuk isomer alkana, percabangan sering menurunkan luas kontak dan titik didih.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Percabangan selalu menaikkan titik didih.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks titik leleh isomer simetris, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai hubungan struktur dan sifat?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Titik leleh sangat dipengaruhi kemampuan pengemasan kristal dan simetri.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Tren titik leleh selalu sama dengan tren titik didih.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

20.8.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa memperlakukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembanding	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks titik didih isomer pentana dan kelarutan alkohol homolog.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Sifat fisik dan kimia organik muncul dari gabungan massa molar, bentuk, luas permukaan, polaritas, kemampuan berikatan hidrogen, simetri, fleksibilitas, dan gaya dispersi. Satu variabel jarang menjelaskan seluruh pola.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: titik leleh isomer simetris.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

125. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada titik didih isomer pentana dan menuliskan alasan.
126. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
127. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
128. Extend: peserta didik menerapkan model pada titik leleh isomer simetris dan menjelaskan batas persamaan Prediksi sifat harus membandingkan molekul dengan mengendalikan variabel yang relevan, bukan memakai satu aturan tunggal.

Teks refutasional

Bukan: "Massa molar lebih besar selalu berarti titik didih lebih tinggi.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Bentuk, polaritas, dan ikatan hidrogen dapat mengalahkan pengaruh massa.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

20.8.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan hubungan struktur dan sifat pada konteks kelarutan alkohol homolog tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Prediksi sifat harus membandingkan molekul dengan mengendalikan variabel yang relevan, bukan memakai satu aturan tunggal.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Percabangan selalu menaikkan titik didih."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Massa molar lebih besar selalu berarti titik didih lebih tinggi.	Benar/Salah + alasan	Bentuk, polaritas, dan ikatan hidrogen dapat mengalahkan pengaruh massa.
2	Percabangan selalu menaikkan titik didih.	Benar/Salah + alasan	Untuk isomer alkana, percabangan sering menurunkan luas kontak dan titik didih.
3	Tren titik leleh selalu sama dengan tren titik didih.	Benar/Salah + alasan	Titik leleh sangat dipengaruhi kemampuan pengemasan kristal dan simetri.
4	Semua isomer mempunyai sifat fisik identik.	Benar/Salah + alasan	Perbedaan konektivitas dan bentuk mengubah interaksi serta pengemasan.
5	Kepolaran adalah satu-satunya penentu kelarutan dan titik didih.	Benar/Salah + alasan	Ukuran, bentuk, ikatan hidrogen, dan dispersi juga penting.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman hubungan struktur dan sifat dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

RANGKUMAN BAB 20

Kimia organik bergantung pada kemampuan menerjemahkan rumus dua dimensi menjadi struktur tiga dimensi, mengenali gugus fungsi, memprediksi distribusi elektron, dan menghubungkan struktur dengan sifat serta reaktivitas. Representasi yang sangat ringkas sering disalahartikan sebagai bentuk fisik literal.

Kode	Konsep	Miskonsepsi Representatif	Konsep Ilmiah
20.1	Struktur karbon dan representasi	Setiap garis pada rumus organik selalu menyatakan satu atom karbon.	Garis menyatakan ikatan; atom karbon berada pada titik ujung atau sudut yang tidak diberi label.
20.2	Tata nama dan isomer	Rantai induk selalu garis yang tampak paling lurus pada gambar.	Rantai induk dipilih menurut jumlah atom dan prioritas aturan, bukan penampilan visual.
20.3	Gugus fungsi	Satu gugus fungsi menentukan seluruh sifat tanpa pengaruh bagian molekul lain.	Sifat merupakan hasil gabungan gugus fungsi, ukuran, bentuk, dan interaksi keseluruhan molekul.
20.4	Reaksi substitusi, adisi, dan eliminasi	Substitusi berarti dua molekul utuh saling bertukar tempat.	Substitusi melibatkan penggantian atom atau gugus pada pusat reaksi melalui mekanisme tertentu.
20.5	Benzena dan aromatisitas	Benzena memiliki tiga ikatan tunggal dan tiga ikatan rangkap yang tetap.	Semua ikatan C-C setara secara rata-rata karena delokalisasi elektron pi.
20.6	Kepolaran dan kelarutan organik	Kaidah like dissolves like selalu memberikan jawaban ya atau tidak mutlak.	Kelarutan bersifat kuantitatif dan dipengaruhi suhu, komposisi, ukuran, dan interaksi spesifik.
20.7	Oksidasi senyawa organik	Oksidasi organik selalu harus menambahkan atom oksigen dari oksidator ke produk.	Oksidasi dapat berupa pelepasan hidrogen atau perubahan elektron tanpa transfer atom O langsung.
20.8	Hubungan struktur dan sifat	Massa molar lebih besar selalu berarti titik didih lebih tinggi.	Bentuk, polaritas, dan ikatan hidrogen dapat mengalahkan pengaruh massa.

Prinsip Diagnostik Bab

- Jangan menafsirkan satu kesalahan sebagai miskonsepsi tanpa pola bukti.
- Periksa konsistensi respons pada lebih dari satu konteks dan representasi.
- Bedakan ketidaktahuan, salah hitung, salah baca, dan konsepsi alternatif.
- Gunakan keyakinan respons sebagai data pendukung, bukan satu-satunya dasar.
- Hubungkan hasil diagnosis dengan tindakan remediasi yang spesifik.

EVALUASI INTEGRATIF BAB 20

Evaluasi berikut dirancang untuk menilai koordinasi konsep, bukan hanya prosedur rutin. Guru dapat memilih sebagian butir sesuai tujuan dan waktu.

No.	Tugas Integratif	Kriteria Kunci
1	Analisislah konteks membaca rumus rangka hidrokarbon dan jelaskan struktur karbon dan representasi pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Karbon netral umumnya valensi empat; jumlah ikatan, muatan formal, dan elektron bebas harus konsisten.
2	Bantahlah pernyataan: "Setiap garis pada rumus organik selalu menyatakan satu atom karbon." dengan bukti dan satu contoh batas.	Garis menyatakan ikatan; atom karbon berada pada titik ujung atau sudut yang tidak diberi label.
3	Analisislah konteks penamaan hidrokarbon bercabang dan jelaskan tata nama dan isomer pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Nama sistematis diturunkan dari struktur; verifikasi dilakukan dengan menggambar kembali struktur dari nama.
4	Bantahlah pernyataan: "Rantai induk selalu garis yang tampak paling lurus pada gambar." dengan bukti dan satu contoh batas.	Rantai induk dipilih menurut jumlah atom dan prioritas aturan, bukan penampilan visual.
5	Analisislah konteks alkohol versus fenol dan jelaskan gugus fungsi pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Identifikasi gugus fungsi harus berdasarkan konektivitas atom, bukan hanya keberadaan unsur tertentu.
6	Bantahlah pernyataan: "Satu gugus fungsi menentukan seluruh sifat tanpa pengaruh bagian molekul lain." dengan bukti dan satu contoh batas.	Sifat merupakan hasil gabungan gugus fungsi, ukuran, bentuk, dan interaksi keseluruhan molekul.
7	Analisislah konteks halogenasi alkana dan jelaskan reaksi substitusi, adisi, dan eliminasi pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Selalu cek ikatan yang putus, ikatan yang terbentuk, muatan, dan neraca atom.
8	Bantahlah pernyataan: "Substitusi berarti dua molekul utuh saling bertukar tempat." dengan bukti dan satu contoh batas.	Substitusi melibatkan penggantian atom atau gugus pada pusat reaksi melalui mekanisme tertentu.
9	Analisislah konteks substitusi elektrofilik benzena dan jelaskan benzena dan aromatisitas pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Kriteria sederhana aromatik: siklik, planar, terkonjugasi, dan memiliki $4n+2$ elektron pi.
10	Bantahlah pernyataan: "Benzena memiliki tiga ikatan tunggal dan tiga ikatan rangkap yang tetap." dengan bukti dan satu contoh batas.	Semua ikatan C-C setara secara rata-rata karena delokalisasi elektron pi.
11	Analisislah konteks etanol dan air dan jelaskan kepolaran dan kelarutan organik pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Kelarutan menguntungkan jika interaksi baru dan perubahan entropi menyeimbangkan biaya memutus interaksi lama.
12	Bantahlah pernyataan: "Kaidah like dissolves like selalu memberikan jawaban ya atau tidak mutlak." dengan bukti dan satu contoh batas.	Kelarutan bersifat kuantitatif dan dipengaruhi suhu, komposisi, ukuran, dan interaksi spesifik.
13	Analisislah konteks oksidasi alkohol primer dan sekunder dan jelaskan oksidasi senyawa organik pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Karbon teroksidasi ketika jumlah ikatan C-O/C-X meningkat atau C-H menurun; gunakan bilangan oksidasi untuk memeriksa.
14	Bantahlah pernyataan: "Oksidasi organik selalu harus menambahkan atom oksigen dari oksidator ke produk." dengan bukti dan satu contoh batas.	Oksidasi dapat berupa pelepasan hidrogen atau perubahan elektron tanpa transfer atom O langsung.
15	Analisislah konteks titik didih isomer pentana dan jelaskan hubungan struktur dan sifat pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Prediksi sifat harus membandingkan molekul dengan mengendalikan variabel yang relevan, bukan memakai satu aturan tunggal.
16	Bantahlah pernyataan: "Massa molar lebih besar selalu berarti titik didih lebih tinggi." dengan bukti dan satu contoh batas.	Bentuk, polaritas, dan ikatan hidrogen dapat mengalahkan pengaruh massa.

Skor argumentasi

0 = tidak menjawab; 1 = klaim tanpa alasan; 2 = alasan sebagian; 3 = klaim-alasan-bukti konsisten; 4 = mampu menyebut asumsi, batas, dan menerapkan pada konteks baru.

BAB 21 MISKONSEPSI TENTANG MAKROMOLEKUL, POLIMER, DAN BIOMOLEKUL

Makromolekul menuntut pemahaman pada berbagai skala: unit monomer, urutan dan panjang rantai, distribusi massa molar, struktur supramolekul, sifat bahan, serta fungsi biologis. Istilah sehari-hari seperti plastik, protein rusak, dan dapat terurai mudah memicu generalisasi yang tidak tepat.

Bab ini memperluas daftar miskonsepsi, menyajikan indikator diagnostik, contoh respons peserta didik, instrumen bertingkat, strategi perubahan konseptual, dan evaluasi transfer-retensi. Struktur tetap mengikuti pola buku sebelumnya agar mudah digunakan dalam pembelajaran, penelitian, dan pengembangan instrumen.

Subtopik	Fokus	Istilah Kunci	Miskonsepsi Pemantik
21.1	Monomer dan polimerisasi	monomer, polimer	Monomer hanya menempel secara fisik tanpa perubahan ikatan.
21.2	Polimer adisi dan kondensasi	polimer adisi, polimer kondensasi	Polimer kondensasi selalu menghasilkan air sebagai produk samping.
21.3	Massa molar dan distribusi rantai	massa molar rata-rata, M_n	Sampel polimer memiliki satu massa molar eksak seperti molekul kecil murni.
21.4	Termoplastik dan termoset	termoplastik, termoset	Termoplastik selalu dapat dipanaskan dan didaur ulang tanpa perubahan kualitas.
21.5	Biodegradabilitas dan daur ulang	biodegradabilitas, komposabilitas	Biodegradable berarti hilang dalam beberapa hari di lingkungan mana pun.
21.6	Karbohidrat	monosakarida, ikatan glikosidik	Semua karbohidrat terasa manis.
21.7	Protein dan denaturasi	protein, asam amino	Denaturasi selalu memutus ikatan peptida dan mengubah urutan asam amino.
21.8	Lipid dan asam nukleat	lipid, trigliserida	Semua lipid adalah polimer dari monomer berulang identik.

Cara menggunakan bab

Sebelum mengajar, pilih miskonsepsi yang paling relevan. Selama pembelajaran, gunakan pertanyaan dan gambar partikel. Setelah remediasi, ukur transfer dan retensi dengan konteks berbeda.

Peta Konsep Bab 21

Kode	Konsep	Jejaring Konsep	Konteks Utama
21.1	Monomer dan polimerisasi	monomer -> polimer -> unit ulang -> derajat polimerisasi	polietilena dari etena
21.2	Polimer adisi dan kondensasi	polimer adisi -> polimer kondensasi -> pertumbuhan rantai -> pertumbuhan tahap	polietilena
21.3	Massa molar dan distribusi rantai	massa molar rata-rata -> M_n -> M_w -> dispersitas	kromatografi permeasi gel
21.4	Termoplastik dan termoset	termoplastik -> termoset -> ikatan silang -> elastomer	polietilena termoplastik
21.5	Biodegradabilitas dan daur ulang	biodegradabilitas -> komposabilitas -> biobased -> daur ulang mekanik	PLA dan kompos industri
21.6	Karbohidrat	monosakarida -> ikatan glikosidik -> pati -> selulosa	glukosa dan fruktosa
21.7	Protein dan denaturasi	protein -> asam amino -> ikatan peptida -> denaturasi	putih telur dipanaskan
21.8	Lipid dan asam nukleat	lipid -> trigliserida -> fosfolipid -> nukleotida	membran fosfolipid

Jejaring Prasyarat dan Potensi Hambatan

Konsep dalam bab ini saling terhubung dengan struktur materi, mol, ikatan, energi, kesetimbangan, dan kemampuan matematis. Miskonsepsi pada prasyarat dapat muncul kembali dalam bentuk baru. Karena itu, diagnosis perlu membedakan konsep target dari konsep prasyarat yang belum dikuasai.

- Gunakan pertanyaan awal yang tidak langsung memerlukan perhitungan.
- Minta peserta didik memberikan alasan dan tingkat keyakinan.
- Bandingkan respons pada fenomena nyata, gambar partikel, dan persamaan.
- Catat pola yang konsisten lintas subtopik sebagai miskonsepsi inti.
- Rancang remediasi yang menghubungkan bukti, model, simbol, dan refleksi.

21.1 Monomer dan polimerisasi

21.1.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Polimer terbentuk dari unit monomer melalui reaksi yang menghasilkan rantai atau jaringan. Unit ulang dapat berbeda dari bentuk monomer bebas karena perubahan ikatan selama polimerisasi.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis Derajat polimerisasi rata-rata $n \sim \text{massa molar polimer} / \text{massa molar unit ulang}$. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada monomer dan polimerisasi.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	monomer, polimer, unit ulang, derajat polimerisasi, rantai, jaringan
Hubungan simbolik	Derajat polimerisasi rata-rata $n \sim \text{massa molar polimer} / \text{massa molar unit ulang}$.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Polietilena dari etena: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Nilon dan poliester: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Polimer alam seperti selulosa: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami monomer dan polimerisasi dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

21.1.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap polietilena dari etena, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan monomer dan polimerisasi.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Derajat polimerisasi rata-rata $n \sim$ massa molar polimer / massa molar unit ulang.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena polietilena dari etena. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Derajat polimerisasi rata-rata $n \sim$ massa molar polimer / massa molar unit ulang. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah monomer dan polimer perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

21.1.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Monomer hanya menempel secara fisik tanpa perubahan ikatan.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Polimerisasi melibatkan pembentukan ikatan kovalen baru dan perubahan struktur elektronik.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Semua rantai polimer memiliki panjang tepat sama.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Polimer nyata biasanya memiliki distribusi panjang rantai.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Semua polimer adalah bahan sintesis.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Protein, selulosa, pati, dan asam nukleat merupakan makromolekul alami.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Unit ulang selalu identik dengan rumus monomer bebas.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Pada polimerisasi, ikatan atau gugus tertentu berubah dan molekul kecil dapat terlepas.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Polimerisasi selalu mudah dibalik menjadi monomer.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Depolimerisasi bergantung energi, mekanisme, katalis, dan kestabilan rantai.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Katalis polimerisasi menjadi bagian permanen setiap unit ulang.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Katalis mengaktifkan lintasan reaksi dan biasanya tidak menjadi unit ulang, walau fragmen inisiator dapat muncul pada ujung rantai.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

21.1.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Monomer hanya menempel secara fisik tanpa perubahan ikatan."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Polimerisasi melibatkan pembentukan ikatan kovalen baru dan perubahan struktur elektronik. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks nilon dan poliester.

Kasus 2. Respons: "Semua rantai polimer memiliki panjang tepat sama."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Polimer nyata biasanya memiliki distribusi panjang rantai. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks polimer alam seperti selulosa.

Kasus 3. Respons: "Semua polimer adalah bahan sintesis."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Protein, selulosa, pati, dan asam nukleat merupakan makromolekul alami. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks polietilena dari etena.

Kasus 4. Respons: "Unit ulang selalu identik dengan rumus monomer bebas."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Pada polimerisasi, ikatan atau gugus tertentu berubah dan molekul kecil dapat terlepas. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks nilon dan poliester.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada monomer dan polimerisasi tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

21.1.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks polietilena dari etena, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai monomer dan polimerisasi?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Polimerisasi melibatkan pembentukan ikatan kovalen baru dan perubahan struktur elektronik.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Monomer hanya menempel secara fisik tanpa perubahan ikatan.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks nilon dan poliester, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai monomer dan polimerisasi?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Polimer nyata biasanya memiliki distribusi panjang rantai.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Semua rantai polimer memiliki panjang tepat sama.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks polimer alam seperti selulosa, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai monomer dan polimerisasi?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Protein, selulosa, pati, dan asam nukleat merupakan makromolekul alami.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Semua polimer adalah bahan sintetis.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

21.1.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa memperlakukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks polietilena dari etena dan nilon dan poliester.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Polimer terbentuk dari unit monomer melalui reaksi yang menghasilkan rantai atau jaringan. Unit ulang dapat berbeda dari bentuk monomer bebas karena perubahan ikatan selama polimerisasi.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: polimer alam seperti selulosa.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

129. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada polietilena dari etena dan menuliskan alasan.
130. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
131. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
132. Extend: peserta didik menerapkan model pada polimer alam seperti selulosa dan menjelaskan batas persamaan Derajat polimerisasi rata-rata $n \sim$ massa molar polimer / massa molar unit ulang.

Teks refutasiional

Bukan: "Monomer hanya menempel secara fisik tanpa perubahan ikatan.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Polimerisasi melibatkan pembentukan ikatan kovalen baru dan perubahan struktur elektronik.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

21.1.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan monomer dan polimerisasi pada konteks nilon dan poliester tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Derajat polimerisasi rata-rata $n \sim$ massa molar polimer / massa molar unit ulang.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Semua rantai polimer memiliki panjang tepat sama."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Monomer hanya menempel secara fisik tanpa perubahan ikatan.	Benar/Salah + alasan	Polimerisasi melibatkan pembentukan ikatan kovalen baru dan perubahan struktur elektronik.
2	Semua rantai polimer memiliki panjang tepat sama.	Benar/Salah + alasan	Polimer nyata biasanya memiliki distribusi panjang rantai.
3	Semua polimer adalah bahan sintesis.	Benar/Salah + alasan	Protein, selulosa, pati, dan asam nukleat merupakan makromolekul alami.
4	Unit ulang selalu identik dengan rumus monomer bebas.	Benar/Salah + alasan	Pada polimerisasi, ikatan atau gugus tertentu berubah dan molekul kecil dapat terlepas.
5	Polimerisasi selalu mudah dibalik menjadi monomer.	Benar/Salah + alasan	Depolimerisasi bergantung energi, mekanisme, katalis, dan kestabilan rantai.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman monomer dan polimerisasi dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

21.2 Polimer adisi dan kondensasi

21.2.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Polimerisasi pertumbuhan rantai dan pertumbuhan tahap berbeda dalam mekanisme, kinetika, serta perkembangan massa molar. Istilah adisi-kondensasi di tingkat SMA perlu digunakan dengan penjelasan batas.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis Pertumbuhan rantai: pusat aktif menambahkan monomer; pertumbuhan tahap: spesies bermultifungsi bereaksi bertahap. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada polimer adisi dan kondensasi.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	polimer adisi, polimer kondensasi, pertumbuhan rantai, pertumbuhan tahap, kopolimer, produk samping
Hubungan simbolik	Pertumbuhan rantai: pusat aktif menambahkan monomer; pertumbuhan tahap: spesies bermultifungsi bereaksi bertahap.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Polietilena: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Poliester pet: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Nilon 6,6 dan kopolimer: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami polimer adisi dan kondensasi dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

21.2.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap polietilena, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan polimer adisi dan kondensasi.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Pertumbuhan rantai: pusat aktif menambahkan monomer; pertumbuhan tahap: spesies bermultifungsi bereaksi bertahap.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena polietilena. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Pertumbuhan rantai: pusat aktif menambahkan monomer; pertumbuhan tahap: spesies bermultifungsi bereaksi bertahap. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah polimer adisi dan polimer kondensasi perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

21.2.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Polimer kondensasi selalu menghasilkan air sebagai produk samping.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Produk kecil dapat berupa HCl, metanol, atau lainnya; bahkan beberapa pertumbuhan tahap tidak melepaskan molekul kecil.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Semua polimer adisi berasal hanya dari etena.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Berbagai monomer vinil dan monomer siklik dapat mengalami pertumbuhan rantai.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Polimer adisi otomatis mudah terurai karena hanya menambahkan monomer.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Banyak tulang punggung C-C sangat stabil dan sulit terdegradasi.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Fungsi dua atau lebih pada monomer tidak penting dalam kondensasi.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Fungsionalitas menentukan kemampuan membentuk rantai panjang atau jaringan.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Massa molar tinggi muncul sejak tahap awal pada semua jenis polimerisasi.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Pada pertumbuhan tahap, massa molar tinggi biasanya memerlukan konversi sangat tinggi dan stoikiometri seimbang.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Kopolimer sama dengan campuran fisik dua homopolimer.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Kopolimer mengandung lebih dari satu jenis unit monomer dalam rantai yang sama.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

21.2.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Polimer kondensasi selalu menghasilkan air sebagai produk samping."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Produk kecil dapat berupa HCl, metanol, atau lainnya; bahkan beberapa pertumbuhan tahap tidak melepaskan molekul kecil. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks poliester PET.

Kasus 2. Respons: "Semua polimer adisi berasal hanya dari etena."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Berbagai monomer vinil dan monomer siklik dapat mengalami pertumbuhan rantai. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks nilon 6,6 dan kopolimer.

Kasus 3. Respons: "Polimer adisi otomatis mudah terurai karena hanya menambahkan monomer."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Banyak tulang punggung C-C sangat stabil dan sulit terdegradasi. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks polietilena.

Kasus 4. Respons: "Fungsi dua atau lebih pada monomer tidak penting dalam kondensasi."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Fungsionalitas menentukan kemampuan membentuk rantai panjang atau jaringan. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks poliester PET.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada polimer adisi dan kondensasi tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

21.2.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks polietilena, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai polimer adisi dan kondensasi?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Produk kecil dapat berupa HCl, metanol, atau lainnya; bahkan beberapa pertumbuhan tahap tidak melepaskan molekul kecil.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Polimer kondensasi selalu menghasilkan air sebagai produk samping.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks poliester PET, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai polimer adisi dan kondensasi?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Berbagai monomer vinil dan monomer siklik dapat mengalami pertumbuhan rantai.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Semua polimer adisi berasal hanya dari etena.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks nilon 6,6 dan kopolimer, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai polimer adisi dan kondensasi?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Banyak tulang punggung C-C sangat stabil dan sulit terdegradasi.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Polimer adisi otomatis mudah terurai karena hanya menambahkan monomer.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

21.2.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa mempermalukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks polietilena dan poliester PET.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Polimerisasi pertumbuhan rantai dan pertumbuhan tahap berbeda dalam mekanisme, kinetika, serta perkembangan massa molar. Istilah adisi-kondensasi di tingkat SMA perlu digunakan dengan penjelasan batas.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: nilon 6,6 dan kopolimer.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

133. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada polietilena dan menuliskan alasan.
134. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
135. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
136. Extend: peserta didik menerapkan model pada nilon 6,6 dan kopolimer dan menjelaskan batas persamaan Pertumbuhan rantai: pusat aktif menambahkan monomer; pertumbuhan tahap: spesies bermultifungsi bereaksi bertahap.

Teks refutasional

Bukan: "Polimer kondensasi selalu menghasilkan air sebagai produk samping.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Produk kecil dapat berupa HCl, metanol, atau lainnya; bahkan beberapa pertumbuhan tahap tidak melepaskan molekul kecil.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

21.2.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan polimer adisi dan kondensasi pada konteks poliester PET tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Pertumbuhan rantai: pusat aktif menambahkan monomer; pertumbuhan tahap: spesies bermultifungsi bereaksi bertahap.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Semua polimer adisi berasal hanya dari etena."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Polimer kondensasi selalu menghasilkan air sebagai produk samping.	Benar/Salah + alasan	Produk kecil dapat berupa HCl, metanol, atau lainnya; bahkan beberapa pertumbuhan tahap tidak melepaskan molekul kecil.
2	Semua polimer adisi berasal hanya dari etena.	Benar/Salah + alasan	Berbagai monomer vinil dan monomer siklik dapat mengalami pertumbuhan rantai.
3	Polimer adisi otomatis mudah terurai karena hanya menambahkan monomer.	Benar/Salah + alasan	Banyak tulang punggung C-C sangat stabil dan sulit terdegradasi.
4	Fungsi dua atau lebih pada monomer tidak penting dalam kondensasi.	Benar/Salah + alasan	Fungsionalitas menentukan kemampuan membentuk rantai panjang atau jaringan.
5	Massa molar tinggi muncul sejak tahap awal pada semua jenis polimerisasi.	Benar/Salah + alasan	Pada pertumbuhan tahap, massa molar tinggi biasanya memerlukan konversi sangat tinggi dan stoikiometri seimbang.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman polimer adisi dan kondensasi dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

21.3 Massa molar dan distribusi rantai

21.3.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Sampel polimer terdiri dari populasi rantai dengan massa molar berbeda. Karena itu digunakan rata-rata jumlah M_n , rata-rata massa M_w , dan dispersitas $D = M_w/M_n$.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis $M_n = \text{jumlah}(N_i M_i) / \text{jumlah } N_i$; $M_w = \text{jumlah}(N_i M_i^2) / \text{jumlah}(N_i M_i)$; $D = M_w/M_n \geq 1$. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada massa molar dan distribusi rantai.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	massa molar rata-rata, M_n , M_w , dispersitas, distribusi rantai, ujung rantai
Hubungan simbolik	$M_n = \text{jumlah}(N_i M_i) / \text{jumlah } N_i$; $M_w = \text{jumlah}(N_i M_i^2) / \text{jumlah}(N_i M_i)$; $D = M_w/M_n \geq 1$.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Kromatografi permeasi gel: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Pengaruh massa molar pada viskositas: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Perbandingan m_n dan m_w : gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami massa molar dan distribusi rantai dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

21.3.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap kromatografi permeasi gel, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan massa molar dan distribusi rantai.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: $M_n = \text{jumlah}(N_i M_i) / \text{jumlah } N_i$; $M_w = \text{jumlah}(N_i M_i^2) / \text{jumlah}(N_i M_i)$; $D = M_w / M_n \geq 1$.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena kromatografi permeasi gel. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan $M_n = \text{jumlah}(N_i M_i) / \text{jumlah } N_i$; $M_w = \text{jumlah}(N_i M_i^2) / \text{jumlah}(N_i M_i)$; $D = M_w / M_n \geq 1$. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah massa molar rata-rata dan M_n perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

21.3.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Sampel polimer memiliki satu massa molar eksak seperti molekul kecil murni.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Sampel umumnya merupakan distribusi rantai dengan berbagai massa molar.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Derajat polimerisasi setiap rantai sama.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Nilai yang dilaporkan biasanya rata-rata statistik.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Mn dan Mw dapat dipertukarkan.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Keduanya memberi bobot berbeda terhadap rantai kecil dan besar.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Massa molar lebih tinggi selalu memperbaiki semua sifat.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Kekuatan dapat meningkat, tetapi prosesabilitas, kelarutan, dan viskositas juga berubah.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Dispersitas dapat lebih kecil dari satu.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Secara definisi $M_w \geq M_n$ sehingga D minimal satu.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Gugus ujung selalu tidak penting.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Pada rantai pendek, permukaan, dan aplikasi reaktif, gugus ujung dapat sangat memengaruhi sifat.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

21.3.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Sampel polimer memiliki satu massa molar eksak seperti molekul kecil murni."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Sampel umumnya merupakan distribusi rantai dengan berbagai massa molar. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks pengaruh massa molar pada viskositas.

Kasus 2. Respons: "Derajat polimerisasi setiap rantai sama."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Nilai yang dilaporkan biasanya rata-rata statistik. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks perbandingan M_n dan M_w .

Kasus 3. Respons: " M_n dan M_w dapat dipertukarkan."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Keduanya memberi bobot berbeda terhadap rantai kecil dan besar. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks kromatografi permeasi gel.

Kasus 4. Respons: "Massa molar lebih tinggi selalu memperbaiki semua sifat."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Kekuatan dapat meningkat, tetapi prosesabilitas, kelarutan, dan viskositas juga berubah. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks pengaruh massa molar pada viskositas.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada massa molar dan distribusi rantai tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

21.3.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks kromatografi permeasi gel, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai massa molar dan distribusi rantai?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Sampel umumnya merupakan distribusi rantai dengan berbagai massa molar.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Sampel polimer memiliki satu massa molar eksak seperti molekul kecil murni.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks pengaruh massa molar pada viskositas, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai massa molar dan distribusi rantai?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Nilai yang dilaporkan biasanya rata-rata statistik.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Derajat polimerisasi setiap rantai sama.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks perbandingan M_n dan M_w , pernyataan manakah yang paling tepat mengenai massa molar dan distribusi rantai?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Keduanya memberi bobot berbeda terhadap rantai kecil dan besar.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	M_n dan M_w dapat dipertukarkan.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

21.3.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa mempermalukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks kromatografi permeasi gel dan pengaruh massa molar pada viskositas.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Sampel polimer terdiri dari populasi rantai dengan massa molar berbeda. Karena itu digunakan rata-rata jumlah M_n , rata-rata massa M_w , dan dispersitas $D = M_w/M_n$.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: perbandingan M_n dan M_w .	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

137. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada kromatografi permeasi gel dan menuliskan alasan.
138. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
139. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
140. Extend: peserta didik menerapkan model pada perbandingan M_n dan M_w dan menjelaskan batas persamaan $M_n = \text{jumlah}(N_i M_i) / \text{jumlah } N_i$; $M_w = \text{jumlah}(N_i M_i^2) / \text{jumlah}(N_i M_i)$; $D = M_w/M_n \geq 1$.

Teks refutasiional

Bukan: "Sampel polimer memiliki satu massa molar eksak seperti molekul kecil murni.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Sampel umumnya merupakan distribusi rantai dengan berbagai massa molar.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

21.3.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan massa molar dan distribusi rantai pada konteks pengaruh massa molar pada viskositas tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan $M_n = \frac{\sum (N_i M_i)}{\sum N_i}$; $M_w = \frac{\sum (N_i M_i^2)}{\sum (N_i M_i)}$; $D = M_w/M_n \geq 1$.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Derajat polimerisasi setiap rantai sama."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Sampel polimer memiliki satu massa molar eksak seperti molekul kecil murni.	Benar/Salah + alasan	Sampel umumnya merupakan distribusi rantai dengan berbagai massa molar.
2	Derajat polimerisasi setiap rantai sama.	Benar/Salah + alasan	Nilai yang dilaporkan biasanya rata-rata statistik.
3	M_n dan M_w dapat dipertukarkan.	Benar/Salah + alasan	Keduanya memberi bobot berbeda terhadap rantai kecil dan besar.
4	Massa molar lebih tinggi selalu memperbaiki semua sifat.	Benar/Salah + alasan	Kekuatan dapat meningkat, tetapi prosesabilitas, kelarutan, dan viskositas juga berubah.
5	Dispersitas dapat lebih kecil dari satu.	Benar/Salah + alasan	Secara definisi $M_w \geq M_n$ sehingga D minimal satu.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman massa molar dan distribusi rantai dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

21.4 Termoplastik dan termoset

21.4.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Termoplastik umumnya terdiri dari rantai linear atau bercabang yang dapat melunak ketika dipanaskan, sedangkan termoset memiliki jaringan ikatan silang kovalen yang tidak meleleh seperti termoplastik dan dapat terdegradasi saat dipanaskan kuat.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis Derajat ikatan silang memengaruhi modulus, elastisitas, kelarutan, dan kemampuan alir lelehan. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada termoplastik dan termoset.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	termoplastik, termoset, ikatan silang, elastomer, transisi gelas, degradasi termal
Hubungan simbolik	Derajat ikatan silang memengaruhi modulus, elastisitas, kelarutan, dan kemampuan alir lelehan.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Polietilena termoplastik: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Resin epoksi termoset: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Karet tervulkanisasi: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami termoplastik dan termoset dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

21.4.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap polietilena termoplastik, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan termoplastik dan termoset.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Derajat ikatan silang memengaruhi modulus, elastisitas, kelarutan, dan kemampuan alir lelehan.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena polietilena termoplastik. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Derajat ikatan silang memengaruhi modulus, elastisitas, kelarutan, dan kemampuan alir lelehan. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah termoplastik dan termoset perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

21.4.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Termoplastik selalu dapat dipanaskan dan didaur ulang tanpa perubahan kualitas.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Pemanasan berulang dapat menyebabkan degradasi, pencampuran aditif, dan penurunan sifat.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Termoset dapat dilelehkan kembali seperti lilin.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Jaringan ikatan silang mencegah aliran lelehan; pemanasan kuat cenderung menyebabkan degradasi.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Ikatan silang hanya gaya antarmolekul lemah.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Pada termoset dan karet tervulkanisasi, ikatan silang utama bersifat kovalen.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Elastomer sama dengan termoplastik biasa.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Elastomer memiliki mobilitas rantai dan kerapatan ikatan silang yang menghasilkan elastisitas khas.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Semua polimer melunak ketika dipanaskan.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Perilaku bergantung struktur, kristalinitas, T_g , T_m , dan ikatan silang.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Kode resin pada kemasan langsung menjamin dapat didaur ulang di semua tempat.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Kode mengidentifikasi jenis umum, sedangkan fasilitas dan kontaminasi menentukan praktik daur ulang.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

21.4.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Termoplastik selalu dapat dipanaskan dan didaur ulang tanpa perubahan kualitas."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Pemanasan berulang dapat menyebabkan degradasi, pencampuran aditif, dan penurunan sifat. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks resin epoksi termoset.

Kasus 2. Respons: "Termoset dapat dilelehkan kembali seperti lilin."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Jaringan ikatan silang mencegah aliran lelehan; pemanasan kuat cenderung menyebabkan degradasi. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks karet tervulkanisasi.

Kasus 3. Respons: "Ikatan silang hanya gaya antarmolekul lemah."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Pada termoset dan karet tervulkanisasi, ikatan silang utama bersifat kovalen. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks polietilena termoplastik.

Kasus 4. Respons: "Elastomer sama dengan termoplastik biasa."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Elastomer memiliki mobilitas rantai dan kerapatan ikatan silang yang menghasilkan elastisitas khas. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks resin epoksi termoset.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada termoplastik dan termoset tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

21.4.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks polietilena termoplastik, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai termoplastik dan termoset?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Pemanasan berulang dapat menyebabkan degradasi, pencampuran aditif, dan penurunan sifat.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Termoplastik selalu dapat dipanaskan dan didaur ulang tanpa perubahan kualitas.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks resin epoksi termoset, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai termoplastik dan termoset?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Jaringan ikatan silang mencegah aliran lelehan; pemanasan kuat cenderung menyebabkan degradasi.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Termoset dapat dilelehkan kembali seperti lilin.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks karet tervulkanisasi, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai termoplastik dan termoset?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Pada termoset dan karet tervulkanisasi, ikatan silang utama bersifat kovalen.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Ikatan silang hanya gaya antarmolekul lemah.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

21.4.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa mempermalukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks polietilena termoplastik dan resin epoksi termoset.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Termoplastik umumnya terdiri dari rantai linear atau bercabang yang dapat melunak ketika dipanaskan, sedangkan termoset memiliki jaringan ikatan silang kovalen yang tidak meleleh seperti termoplastik dan dapat terdegradasi saat dipanaskan kuat.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: karet tervulkanisasi.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

141. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada polietilena termoplastik dan menuliskan alasan.
142. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
143. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
144. Extend: peserta didik menerapkan model pada karet tervulkanisasi dan menjelaskan batas persamaan Derajat ikatan silang memengaruhi modulus, elastisitas, kelarutan, dan kemampuan alir lelehan.

Teks refutasional

Bukan: "Termoplastik selalu dapat dipanaskan dan didaur ulang tanpa perubahan kualitas.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Pemanasan berulang dapat menyebabkan degradasi, pencampuran aditif, dan penurunan sifat.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

21.4.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan termoplastik dan termoset pada konteks resin epoksi termoset tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Derajat ikatan silang memengaruhi modulus, elastisitas, kelarutan, dan kemampuan alir lelehan.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Termoset dapat dilelehkan kembali seperti lilin."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Termoplastik selalu dapat dipanaskan dan didaur ulang tanpa perubahan kualitas.	Benar/Salah + alasan	Pemanasan berulang dapat menyebabkan degradasi, pencampuran aditif, dan penurunan sifat.
2	Termoset dapat dilelehkan kembali seperti lilin.	Benar/Salah + alasan	Jaringan ikatan silang mencegah aliran lelehan; pemanasan kuat cenderung menyebabkan degradasi.
3	Ikatan silang hanya gaya antarmolekul lemah.	Benar/Salah + alasan	Pada termoset dan karet tervulkanisasi, ikatan silang utama bersifat kovalen.
4	Elastomer sama dengan termoplastik biasa.	Benar/Salah + alasan	Elastomer memiliki mobilitas rantai dan kerapatan ikatan silang yang menghasilkan elastisitas khas.
5	Semua polimer melunak ketika dipanaskan.	Benar/Salah + alasan	Perilaku bergantung struktur, kristalinitas, T_g , T_m , dan ikatan silang.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman termoplastik dan termoset dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

21.5 Biodegradabilitas dan daur ulang

21.5.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Biodegradasi adalah transformasi oleh organisme atau enzim menuju produk yang lebih sederhana, sedangkan komposabilitas mensyaratkan kondisi dan standar tertentu. Daur ulang dapat bersifat mekanik, kimia, atau energi dengan keterbatasan kualitas dan ekonomi.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis. Jangan samakan biobased, biodegradable, compostable, recyclable, dan fragmentable; masing-masing memiliki kriteria berbeda. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada biodegradabilitas dan daur ulang.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	biodegradabilitas, komposabilitas, biobased, daur ulang mekanik, daur ulang kimia, mikroplastik
Hubungan simbolik	Jangan samakan biobased, biodegradable, compostable, recyclable, dan fragmentable; masing-masing memiliki kriteria berbeda.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Pla dan kompos industri: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Daur ulang pet: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Mikroplastik dari fragmentasi: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami biodegradabilitas dan daur ulang dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

21.5.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap PLA dan kompos industri, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan biodegradabilitas dan daur ulang.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Jangan samakan biobased, biodegradable, compostable, recyclable, dan fragmentable; masing-masing memiliki kriteria berbeda.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena PLA dan kompos industri. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Jangan samakan biobased, biodegradable, compostable, recyclable, dan fragmentable; masing-masing memiliki kriteria berbeda. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah biodegradabilitas dan komposabilitas perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

21.5.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Biodegradable berarti hilang dalam beberapa hari di lingkungan mana pun.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Laju dan derajat degradasi bergantung kondisi, mikroorganisme, suhu, kelembapan, dan struktur bahan.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Bahan berbasis hayati pasti biodegradable.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Sumber karbon dan kemampuan terurai adalah sifat berbeda.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Plastik dapat didaur ulang tanpa batas dengan mutu tetap.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Rantai dapat terdegradasi dan kontaminasi menurunkan mutu pada banyak siklus mekanik.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Kompostabel berarti terurai di tanah rumah biasa.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Sebagian bahan memerlukan kondisi kompos industri terkontrol.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Fragmentasi menjadi potongan kecil sama dengan mineralisasi.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Fragmentasi dapat menghasilkan mikroplastik tanpa konversi menjadi CO ₂ , air, dan biomassa.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Semua jenis plastik aman dicampur dalam satu proses daur ulang.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Perbedaan titik leleh, polaritas, dan aditif dapat menghasilkan campuran tidak kompatibel.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

21.5.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Biodegradable berarti hilang dalam beberapa hari di lingkungan mana pun."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Laju dan derajat degradasi bergantung kondisi, mikroorganisme, suhu, kelembapan, dan struktur bahan. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks daur ulang PET.

Kasus 2. Respons: "Bahan berbasis hayati pasti biodegradable."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Sumber karbon dan kemampuan terurai adalah sifat berbeda. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks mikroplastik dari fragmentasi.

Kasus 3. Respons: "Plastik dapat didaur ulang tanpa batas dengan mutu tetap."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Rantai dapat terdegradasi dan kontaminasi menurunkan mutu pada banyak siklus mekanik. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks PLA dan kompos industri.

Kasus 4. Respons: "Kompostabel berarti terurai di tanah rumah biasa."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Sebagian bahan memerlukan kondisi kompos industri terkontrol. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks daur ulang PET.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada biodegradabilitas dan daur ulang tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

21.5.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks PLA dan kompos industri, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai biodegradabilitas dan daur ulang?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Laju dan derajat degradasi bergantung kondisi, mikroorganisme, suhu, kelembapan, dan struktur bahan.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Biodegradable berarti hilang dalam beberapa hari di lingkungan mana pun.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks daur ulang PET, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai biodegradabilitas dan daur ulang?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Sumber karbon dan kemampuan terurai adalah sifat berbeda.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Bahan berbasis hayati pasti biodegradable.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks mikroplastik dari fragmentasi, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai biodegradabilitas dan daur ulang?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Rantai dapat terdegradasi dan kontaminasi menurunkan mutu pada banyak siklus mekanik.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Plastik dapat didaur ulang tanpa batas dengan mutu tetap.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

21.5.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa mempermalukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks PLA dan kompos industri dan daur ulang PET.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Biodegradasi adalah transformasi oleh organisme atau enzim menuju produk yang lebih sederhana, sedangkan komposabilitas mensyaratkan kondisi dan standar tertentu. Daur ulang dapat bersifat mekanik, kimia, atau energi dengan keterbatasan kualitas dan ekonomi.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: mikroplastik dari fragmentasi.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

145. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada PLA dan kompos industri dan menuliskan alasan.
146. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
147. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
148. Extend: peserta didik menerapkan model pada mikroplastik dari fragmentasi dan menjelaskan batas persamaan Jangan samakan biobased, biodegradable, compostable, recyclable, dan fragmentable; masing-masing memiliki kriteria berbeda.

Teks refutasional

Bukan: "Biodegradable berarti hilang dalam beberapa hari di lingkungan mana pun.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Laju dan derajat degradasi bergantung kondisi, mikroorganisme, suhu, kelembapan, dan struktur bahan.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

21.5.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan biodegradabilitas dan daur ulang pada konteks daur ulang PET tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Jangan samakan biobased, biodegradable, compostable, recyclable, dan fragmentable; masing-masing memiliki kriteria berbeda.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Bahan berbasis hayati pasti biodegradable."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Biodegradable berarti hilang dalam beberapa hari di lingkungan mana pun.	Benar/Salah + alasan	Laju dan derajat degradasi bergantung kondisi, mikroorganisme, suhu, kelembapan, dan struktur bahan.
2	Bahan berbasis hayati pasti biodegradable.	Benar/Salah + alasan	Sumber karbon dan kemampuan terurai adalah sifat berbeda.
3	Plastik dapat didaur ulang tanpa batas dengan mutu tetap.	Benar/Salah + alasan	Rantai dapat terdegradasi dan kontaminasi menurunkan mutu pada banyak siklus mekanik.
4	Kompostabel berarti terurai di tanah rumah biasa.	Benar/Salah + alasan	Sebagian bahan memerlukan kondisi kompos industri terkontrol.
5	Fragmentasi menjadi potongan kecil sama dengan mineralisasi.	Benar/Salah + alasan	Fragmentasi dapat menghasilkan mikroplastik tanpa konversi menjadi CO ₂ , air, dan biomassa.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman biodegradabilitas dan daur ulang dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

21.6 Karbohidrat

21.6.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Karbohidrat mencakup monosakarida, oligosakarida, dan polisakarida dengan fungsi energi, penyimpanan, serta struktur. Stereokimia dan jenis ikatan glikosidik menentukan sifat biologis.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis Rumus empiris $(CH_2O)_n$ tidak berlaku universal; identifikasi berdasarkan gugus fungsi dan struktur, bukan formula sederhana saja. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada karbohidrat.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	monosakarida, ikatan glikosidik, pati, selulosa, gula pereduksi, stereokimia
Hubungan simbolik	Rumus empiris $(CH_2O)_n$ tidak berlaku universal; identifikasi berdasarkan gugus fungsi dan struktur, bukan formula sederhana saja.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Glukosa dan fruktosa: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Pati versus selulosa: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Uji gula pereduksi: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami karbohidrat dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

21.6.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap glukosa dan fruktosa, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan karbohidrat.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Rumus empiris $(CH_2O)_n$ tidak berlaku universal; identifikasi berdasarkan gugus fungsi dan struktur, bukan formula sederhana saja.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena glukosa dan fruktosa. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Rumus empiris $(CH_2O)_n$ tidak berlaku universal; identifikasi berdasarkan gugus fungsi dan struktur, bukan formula sederhana saja. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspadalah

Istilah monosakarida dan ikatan glikosidik perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

21.6.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Semua karbohidrat terasa manis.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Polisakarida seperti pati dan selulosa tidak selalu manis.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Karbohidrat secara literal tersusun dari atom karbon dan molekul air.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Nama historis tidak berarti molekul air utuh terikat pada karbon.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Glukosa dan fruktosa sama karena rumus molekulnya sama.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Keduanya isomer dengan gugus fungsi dan struktur berbeda.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Pati dan selulosa sama-sama mudah dicerna manusia.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Perbedaan ikatan glikosidik menentukan pengenalan oleh enzim pencernaan.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Gula pereduksi berarti gula dengan kalori lebih rendah.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Istilah merujuk kemampuan mereduksi pereaksi tertentu melalui bentuk karbonil yang tersedia.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Ikatan glikosidik selalu terhidrolisis spontan hanya dengan air.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Hidrolisis memerlukan kondisi asam, enzim, atau waktu dan suhu yang sesuai.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

21.6.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Semua karbohidrat terasa manis."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Polisakarida seperti pati dan selulosa tidak selalu manis. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks pati versus selulosa.

Kasus 2. Respons: "Karbohidrat secara literal tersusun dari atom karbon dan molekul air."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Nama historis tidak berarti molekul air utuh terikat pada karbon. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks uji gula pereduksi.

Kasus 3. Respons: "Glukosa dan fruktosa sama karena rumus molekulnya sama."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Keduanya isomer dengan gugus fungsi dan struktur berbeda. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks glukosa dan fruktosa.

Kasus 4. Respons: "Pati dan selulosa sama-sama mudah dicerna manusia."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Perbedaan ikatan glikosidik menentukan pengenalan oleh enzim pencernaan. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks pati versus selulosa.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada karbohidrat tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

21.6.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks glukosa dan fruktosa, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai karbohidrat?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Polisakarida seperti pati dan selulosa tidak selalu manis.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Semua karbohidrat terasa manis.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks pati versus selulosa, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai karbohidrat?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Nama historis tidak berarti molekul air utuh terikat pada karbon.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Karbohidrat secara literal tersusun dari atom karbon dan molekul air.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks uji gula pereduksi, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai karbohidrat?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Keduanya isomer dengan gugus fungsi dan struktur berbeda.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Glukosa dan fruktosa sama karena rumus molekulnya sama.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

21.6.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa memperlakukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks glukosa dan fruktosa dan pati versus selulosa.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Karbohidrat mencakup monosakarida, oligosakarida, dan polisakarida dengan fungsi energi, penyimpanan, serta struktur. Stereokimia dan jenis ikatan glikosidik menentukan sifat biologis.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: uji gula pereduksi.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

149. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada glukosa dan fruktosa dan menuliskan alasan.
150. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
151. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
152. Extend: peserta didik menerapkan model pada uji gula pereduksi dan menjelaskan batas persamaan Rumus empiris $(CH_2O)_n$ tidak berlaku universal; identifikasi berdasarkan gugus fungsi dan struktur, bukan formula sederhana saja.

Teks refutasional

Bukan: "Semua karbohidrat terasa manis.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Polisakarida seperti pati dan selulosa tidak selalu manis.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

21.6.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan karbohidrat pada konteks pati versus selulosa tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Rumus empiris $(CH_2O)_n$ tidak berlaku universal; identifikasi berdasarkan gugus fungsi dan struktur, bukan formula sederhana saja.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Karbohidrat secara literal tersusun dari atom karbon dan molekul air."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Semua karbohidrat terasa manis.	Benar/Salah + alasan	Polisakarida seperti pati dan selulosa tidak selalu manis.
2	Karbohidrat secara literal tersusun dari atom karbon dan molekul air.	Benar/Salah + alasan	Nama historis tidak berarti molekul air utuh terikat pada karbon.
3	Glukosa dan fruktosa sama karena rumus molekulnya sama.	Benar/Salah + alasan	Keduanya isomer dengan gugus fungsi dan struktur berbeda.
4	Pati dan selulosa sama-sama mudah dicerna manusia.	Benar/Salah + alasan	Perbedaan ikatan glikosidik menentukan pengenalan oleh enzim pencernaan.
5	Gula pereduksi berarti gula dengan kalori lebih rendah.	Benar/Salah + alasan	Istilah merujuk kemampuan mereduksi pereaksi tertentu melalui bentuk karbonil yang tersedia.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman karbohidrat dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

21.7 Protein dan denaturasi

21.7.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Protein adalah polimer asam amino yang melipat menjadi struktur fungsional. Denaturasi terutama mengganggu struktur sekunder, tersier, atau kuartener tanpa harus memutus ikatan peptida.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis Struktur primer = urutan asam amino; lipatan dipengaruhi ikatan hidrogen, ionik, hidrofobik, van der Waals, dan disulfida. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada protein dan denaturasi.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	protein, asam amino, ikatan peptida, denaturasi, enzim, struktur tersier
Hubungan simbolik	Struktur primer = urutan asam amino; lipatan dipengaruhi ikatan hidrogen, ionik, hidrofobik, van der Waals, dan disulfida.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Putih telur dipanaskan: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Enzim dan pH: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Koagulasi protein susu: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami protein dan denaturasi dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

21.7.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap putih telur dipanaskan, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan protein dan denaturasi.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Struktur primer = urutan asam amino; lipatan dipengaruhi ikatan hidrogen, ionik, hidrofobik, van der Waals, dan disulfida.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena putih telur dipanaskan. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Struktur primer = urutan asam amino; lipatan dipengaruhi ikatan hidrogen, ionik, hidrofobik, van der Waals, dan disulfida. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah protein dan asam amino perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

21.7.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Denaturasi selalu memutus ikatan peptida dan mengubah urutan asam amino.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Denaturasi biasanya mengubah lipatan tanpa hidrolisis tulang punggung peptida.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Protein yang dimasak kehilangan seluruh nilai gizinya.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Pencernaan tetap memanfaatkan asam amino; pemanasan dapat mengubah pencernaan dan beberapa asam amino, bukan menghapus seluruh nutrisi.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Denaturasi mengubah semua protein menjadi zat yang sama.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Setiap protein memiliki urutan dan jalur agregasi berbeda.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Enzim habis dikonsumsi secara stoikiometrik dalam satu reaksi.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Enzim diregenerasi, walaupun dapat terinaktivasi atau terdenaturasi.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Semua protein larut baik dalam air.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Kelarutan bergantung muatan, pH, komposisi, struktur, dan agregasi.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	pH hanya mengubah warna larutan protein.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	pH mengubah protonasi, interaksi intramolekul, kelarutan, dan aktivitas.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

21.7.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Denaturasi selalu memutus ikatan peptida dan mengubah urutan asam amino."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Denaturasi biasanya mengubah lipatan tanpa hidrolisis tulang punggung peptida. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks enzim dan pH.

Kasus 2. Respons: "Protein yang dimasak kehilangan seluruh nilai gizinya."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Pencernaan tetap memanfaatkan asam amino; pemanasan dapat mengubah pencernaan dan beberapa asam amino, bukan menghapus seluruh nutrisi. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks koagulasi protein susu.

Kasus 3. Respons: "Denaturasi mengubah semua protein menjadi zat yang sama."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Setiap protein memiliki urutan dan jalur agregasi berbeda. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks putih telur dipanaskan.

Kasus 4. Respons: "Enzim habis dikonsumsi secara stoikiometrik dalam satu reaksi."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Enzim diregenerasi, walaupun dapat terinaktivasi atau terdenaturasi. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks enzim dan pH.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada protein dan denaturasi tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

21.7.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks putih telur dipanaskan, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai protein dan denaturasi?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Denaturasi biasanya mengubah lipatan tanpa hidrolisis tulang punggung peptida.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Denaturasi selalu memutus ikatan peptida dan mengubah urutan asam amino.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks enzim dan pH, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai protein dan denaturasi?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Pencernaan tetap memanfaatkan asam amino; pemanasan dapat mengubah pencernaan dan beberapa asam amino, bukan menghapus seluruh nutrisi.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Protein yang dimasak kehilangan seluruh nilai gizinya.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks koagulasi protein susu, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai protein dan denaturasi?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Setiap protein memiliki urutan dan jalur agregasi berbeda.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Denaturasi mengubah semua protein menjadi zat yang sama.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

21.7.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa memperlakukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks putih telur dipanaskan dan enzim dan pH.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Protein adalah polimer asam amino yang melipat menjadi struktur fungsional. Denaturasi terutama mengganggu struktur sekunder, tersier, atau kuaterner tanpa harus memutus ikatan peptida.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: koagulasi protein susu.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

153. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada putih telur dipanaskan dan menuliskan alasan.
154. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
155. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
156. Extend: peserta didik menerapkan model pada koagulasi protein susu dan menjelaskan batas persamaan Struktur primer = urutan asam amino; lipatan dipengaruhi ikatan hidrogen, ionik, hidrofobik, van der Waals, dan disulfida.

Teks refutasional

Bukan: "Denaturasi selalu memutus ikatan peptida dan mengubah urutan asam amino.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Denaturasi biasanya mengubah lipatan tanpa hidrolisis tulang punggung peptida.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

21.7.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan protein dan denaturasi pada konteks enzim dan pH tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Struktur primer = urutan asam amino; lipatan dipengaruhi ikatan hidrogen, ionik, hidrofobik, van der Waals, dan disulfida.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Protein yang dimasak kehilangan seluruh nilai gizinya."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Denaturasi selalu memutus ikatan peptida dan mengubah urutan asam amino.	Benar/Salah + alasan	Denaturasi biasanya mengubah lipatan tanpa hidrolisis tulang punggung peptida.
2	Protein yang dimasak kehilangan seluruh nilai gizinya.	Benar/Salah + alasan	Pencernaan tetap memanfaatkan asam amino; pemanasan dapat mengubah pencernaan dan beberapa asam amino, bukan menghapus seluruh nutrisi.
3	Denaturasi mengubah semua protein menjadi zat yang sama.	Benar/Salah + alasan	Setiap protein memiliki urutan dan jalur agregasi berbeda.
4	Enzim habis dikonsumsi secara stoikiometrik dalam satu reaksi.	Benar/Salah + alasan	Enzim diregenerasi, walaupun dapat terinaktivasi atau terdenaturasi.
5	Semua protein larut baik dalam air.	Benar/Salah + alasan	Kelarutan bergantung muatan, pH, komposisi, struktur, dan agregasi.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman protein dan denaturasi dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

21.8 Lipid dan asam nukleat

21.8.1 Orientasi Konseptual dan Batas Konsep

Lipid adalah kelompok molekul hidrofobik atau amfipatik, bukan satu kelas polimer tunggal. Asam nukleat merupakan polimer nukleotida dengan arah rantai, pasangan basa, dan fungsi penyimpanan atau ekspresi informasi genetik.

Pada subtopik ini, peserta didik tidak cukup hanya mengingat hubungan matematis Nukleotida = basa + gula + fosfat; nukleosida = basa + gula. Fosfolipid memiliki kepala polar dan ekor nonpolar. Mereka perlu menjelaskan mengapa hubungan tersebut berlaku, kapan dapat digunakan, dan pada keadaan apa model sederhana harus diperbaiki.

Komponen	Uraian
Batas konsep	Mencakup definisi, mekanisme, hubungan besaran, contoh, noncontoh, dan batas penerapan pada lipid dan asam nukleat.
Prasyarat	Konsep mol dan partikel; struktur dan interaksi materi; persamaan kimia; pembacaan grafik; operasi aljabar dan satuan.
Istilah kunci	lipid, trigliserida, fosfolipid, nukleotida, DNA, RNA
Hubungan simbolik	Nukleotida = basa + gula + fosfat; nukleosida = basa + gula. Fosfolipid memiliki kepala polar dan ekor nonpolar.
Bukti pemahaman	Peserta didik dapat berpindah dari fenomena ke model partikel, menuliskan representasi simbolik, serta menjelaskan batas model.

Fenomena dan Contoh Kontekstual

- Membran fosfolipid: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Lemak jenuh dan tak jenuh: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.
- Dna dan rna: gunakan sebagai pemantik untuk meminta prediksi, alasan, dan representasi partikel.

Tujuan diagnosis

Membedakan peserta didik yang benar-benar memahami lipid dan asam nukleat dari peserta didik yang hanya menghafal algoritma, menebak, atau mempertahankan konsepsi alternatif.

21.8.2 Tiga Tingkat Representasi

Tingkat	Fokus Representasi
Makroskopik	Pengamatan terhadap membran fosfolipid, perubahan sifat, data alat ukur, atau hasil eksperimen yang dapat dideskripsikan tanpa langsung menyebut partikel.
Submikroskopik	Penjelasan menggunakan susunan, gerak, interaksi, distribusi energi, muatan, atau perubahan spesies yang relevan dengan lipid dan asam nukleat.
Simbolik-matematis	Rumus, persamaan, grafik, satuan, dan notasi yang diringkas oleh hubungan: Nukleotida = basa + gula + fosfat; nukleosida = basa + gula. Fosfolipid memiliki kepala polar dan ekor nonpolar.
Jembatan	Setiap angka dan simbol harus dapat dikaitkan dengan perubahan yang diamati serta mekanisme pada tingkat partikel.

Koordinasi Antarrepresentasi

Pembelajaran dimulai dengan fenomena membran fosfolipid. Peserta didik diminta mendeskripsikan apa yang berubah dan apa yang tetap. Guru kemudian mengarahkan perhatian pada partikel atau spesies yang relevan, bukan segera memberikan rumus.

Setelah model submikroskopik dibangun, hubungan simbolik diperkenalkan sebagai cara ringkas untuk menyatakan pola kuantitatif. Persamaan Nukleotida = basa + gula + fosfat; nukleosida = basa + gula. Fosfolipid memiliki kepala polar dan ekor nonpolar. harus dibaca sebagai hubungan antarkuantitas dengan satuan dan syarat tertentu, bukan sebagai urutan tombol kalkulator.

Uji koordinasi dilakukan dengan membalik arah representasi: dari angka ke gambar partikel, dari gambar ke penjelasan verbal, dan dari fenomena ke persamaan. Ketidakmampuan berpindah arah menjadi indikator bahwa pemahaman masih terfragmentasi.

Waspada bahasa

Istilah lipid dan trigliserida perlu didefinisikan secara eksplisit. Hindari ungkapan teleologis seperti "partikel ingin stabil" atau "larutan berusaha menyeimbangkan diri" tanpa mekanisme.

21.8.3 Matriks Pola Miskonsepsi yang Diperluas

No.	Pernyataan Miskonsepsi	Mengapa Terasa Masuk Akal	Konsep Ilmiah	Gejala Diagnostik
1	Semua lipid adalah polimer dari monomer berulang identik.	Gagasan ini terasa masuk akal karena peserta didik memusatkan perhatian pada ciri yang dapat diamati dan mengabaikan mekanisme partikulat.	Banyak lipid, seperti trigliserida, bukan polimer rantai berulang.	Alasan yang sama muncul pada soal verbal, gambar partikel, dan konteks baru dengan keyakinan tinggi.
2	Lemak dan minyak hanya berbeda nama tanpa perbedaan komposisi.	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.	Keduanya trigliserida, tetapi tingkat ketidakjenuhan dan komposisi asam lemak memengaruhi keadaan fisik.	Peserta didik memperoleh angka benar tetapi tidak mampu menjelaskan arti fisis besaran.
3	Asam lemak jenuh mengandung ikatan rangkap C=C.	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.	Asam lemak jenuh tidak memiliki ikatan rangkap karbon-karbon pada rantainya.	Jawaban berubah ketika bentuk representasi diubah dari simbolik ke makroskopik.
4	Gen adalah seluruh molekul DNA dalam sel.	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.	Gen adalah segmen fungsional pada molekul DNA, disertai elemen regulasi sesuai konteks.	Peserta didik mempertahankan aturan absolut meskipun diberikan kasus pengecualian.
5	Nukleotida dan nukleosida merupakan istilah yang sama.	Kemiripan istilah membuat dua konsep yang berbeda dianggap identik.	Nukleotida memiliki gugus fosfat, sedangkan nukleosida tidak.	Penjelasan memakai istilah sehari-hari tanpa hubungan sebab-akibat ilmiah.
6	Ekor fosfolipid bersifat hidrofilik dan menghadap air.	Kesalahan tanda, penyebut, atau arah proses dipertahankan karena jawaban numerik kadang masih tampak wajar.	Ekor hidrokarbon bersifat hidrofobik; kepala fosfat relatif hidrofilik.	Kesalahan tetap konsisten setelah koreksi prosedural singkat.

Catatan interpretasi

Satu jawaban salah belum cukup untuk menyimpulkan miskonsepsi. Gunakan konsistensi alasan, tingkat keyakinan, respons lintas representasi, dan kemampuan transfer sebagai pola bukti.

21.8.4 Contoh Respons Peserta Didik dan Analisis

Kasus 1. Respons: "Semua lipid adalah polimer dari monomer berulang identik."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada penggunaan istilah sehari-hari yang berbeda dari definisi ilmiah. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Banyak lipid, seperti trigliserida, bukan polimer rantai berulang. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks lemak jenuh dan tak jenuh.

Kasus 2. Respons: "Lemak dan minyak hanya berbeda nama tanpa perbedaan komposisi."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada hafalan rumus tanpa menghubungkan besaran dengan model partikel. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Keduanya trigliserida, tetapi tingkat ketidakjenuhan dan komposisi asam lemak memengaruhi keadaan fisik. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks DNA dan RNA.

Kasus 3. Respons: "Asam lemak jenuh mengandung ikatan rangkap C=C."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada gambar buku yang dipahami sebagai bentuk fisik literal. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Asam lemak jenuh tidak memiliki ikatan rangkap karbon-karbon pada rantainya. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks membran fosfolipid.

Kasus 4. Respons: "Gen adalah seluruh molekul DNA dalam sel."

Analisis: respons tersebut dapat berakar pada generalisasi satu contoh ke semua keadaan dan konsentrasi. Konsep pembandingan yang perlu dibangun ialah: Gen adalah segmen fungsional pada molekul DNA, disertai elemen regulasi sesuai konteks. Guru sebaiknya meminta peserta didik menggambar model, menunjukkan bukti, dan menerapkan penjelasan pada konteks lemak jenuh dan tak jenuh.

Sumber Pembentukan Miskonsepsi

- Pengetahuan awal dari pengalaman sehari-hari yang hanya berlaku pada kondisi terbatas.
- Buku teks atau slide yang menyederhanakan model tanpa menyebutkan asumsi dan batas penerapan.
- Pengajaran yang menekankan algoritma, hafalan tanda, dan latihan rutin tanpa argumentasi.
- Representasi gambar yang tidak konsisten dalam skala, gerak, muatan, atau jumlah partikel.
- Kelemahan prasyarat: mol, proporsi, satuan, gaya antarmolekul, kesetimbangan, atau struktur.

Kasus batas

Minta peserta didik menjelaskan keadaan ketika aturan sederhana pada lipid dan asam nukleat tidak lagi memadai. Kemampuan menyebut asumsi merupakan indikator pemahaman yang lebih matang.

21.8.5 Diagnosis Miskonsepsi

Instrumen diagnostik bertingkat menggabungkan pilihan jawaban, pilihan alasan, tingkat keyakinan, dan - bila diperlukan - keyakinan terhadap alasan. Contoh berikut harus diadaptasi dengan bahasa dan pengalaman peserta didik.

Butir Diagnostik 1

Dalam konteks membran fosfolipid, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai lipid dan asam nukleat?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Banyak lipid, seperti trigliserida, bukan polimer rantai berulang.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Semua lipid adalah polimer dari monomer berulang identik.	2	Pola ini sering muncul setelah persamaan dipelajari sebagai algoritma, sedangkan makna setiap besaran belum dikonstruksi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 2

Dalam konteks lemak jenuh dan tak jenuh, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai lipid dan asam nukleat?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Keduanya trigliserida, tetapi tingkat ketidakjenuhan dan komposisi asam lemak memengaruhi keadaan fisik.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Lemak dan minyak hanya berbeda nama tanpa perbedaan komposisi.	2	Ilustrasi sederhana atau analogi yang tidak diberi batas dapat memperkuat penafsiran tersebut.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Butir Diagnostik 3

Dalam konteks DNA dan RNA, pernyataan manakah yang paling tepat mengenai lipid dan asam nukleat?

Pil.	Jawaban	Alasan	Pilihan Alasan
A	Asam lemak jenuh tidak memiliki ikatan rangkap karbon-karbon pada rantainya.	1	Karena penjelasan harus konsisten dengan definisi, model partikel, dan hubungan simbolik.
B	Asam lemak jenuh mengandung ikatan rangkap C=C.	2	Pengalaman sehari-hari pada satu keadaan tertentu kemudian digeneralisasi ke semua kondisi.
C	Besarnya fenomena hanya ditentukan oleh jumlah massa seluruh sistem.	3	Karena semua besaran kimia dapat dianggap setara jika satuannya diabaikan.
D	Fenomena tidak dapat dijelaskan menggunakan model partikel.	4	Karena partikel tidak dapat diamati secara langsung sehingga model tidak diperlukan.

Kategori interpretasi

Jawaban benar + alasan benar + yakin tinggi = memahami konsep. Jawaban salah + alasan miskonsepsi + yakin tinggi = indikasi miskonsepsi kuat. Keyakinan rendah memerlukan wawancara atau tugas tambahan.

21.8.6 Strategi Remediasi dan Rekonstruksi Konseptual

Tahap	Aktivitas	Tujuan
1. Elisitasi	Tampilkan fenomena kontekstual dan minta prediksi individu beserta alasan serta tingkat keyakinan.	Konsepsi awal terlihat tanpa memperlakukan peserta didik.
2. Uji representasi	Minta gambar partikel, persamaan, grafik, atau neraca yang sesuai.	Ketidakkonsistenan antarrepresentasi menjadi eksplisit.
3. Bukti pembandingan	Gunakan data atau demonstrasi dari konteks membran fosfolipid dan lemak jenuh dan tak jenuh.	Peserta didik mengalami konflik kognitif yang produktif.
4. Rekonstruksi	Bangun kembali penjelasan menggunakan konsep: Lipid adalah kelompok molekul hidrofobik atau amfipatik, bukan satu kelas polimer tunggal. Asam nukleat merupakan polimer nukleotida dengan arah rantai, pasangan basa, dan fungsi penyimpanan atau ekspresi informasi genetik.	Konsep ilmiah dipahami sebagai penjelasan yang lebih kuat.
5. Aplikasi transfer	Terapkan pada konteks baru: DNA dan RNA.	Perubahan tidak terbatas pada soal yang dilatihkan.

Contoh Skenario Predict-Observe-Explain

157. Predict: peserta didik memprediksi hasil pada membran fosfolipid dan menuliskan alasan.
158. Observe: peserta didik mengamati data nyata, simulasi, gambar seri partikel, atau grafik yang telah divalidasi.
159. Explain: peserta didik membandingkan prediksi dengan bukti dan memperbaiki model menggunakan istilah ilmiah.
160. Extend: peserta didik menerapkan model pada DNA dan RNA dan menjelaskan batas persamaan Nukleotida = basa + gula + fosfat; nukleosida = basa + gula. Fosfolipid memiliki kepala polar dan ekor nonpolar.

Teks refutasiional

Bukan: "Semua lipid adalah polimer dari monomer berulang identik.". Gagasan itu tampak masuk akal, tetapi tidak menjelaskan seluruh bukti. Penjelasan yang lebih tepat adalah: Banyak lipid, seperti trigliserida, bukan polimer rantai berulang.

Keberhasilan remediasi dinilai melalui perubahan alasan, bukan hanya perubahan pilihan jawaban. Guru perlu memberi jeda waktu sebelum tes retensi agar dapat membedakan pemahaman yang stabil dari kepatuhan sesaat.

21.8.7 Evaluasi Transfer, Retensi, dan Refleksi

Tugas Transfer

- Jelaskan lipid dan asam nukleat pada konteks lemak jenuh dan tak jenuh tanpa menggunakan rumus terlebih dahulu.
- Buat gambar submikroskopik yang konsisten dengan hubungan Nukleotida = basa + gula + fosfat; nukleosida = basa + gula. Fosfolipid memiliki kepala polar dan ekor nonpolar.
- Temukan satu keadaan ketika generalisasi berikut gagal: "Lemak dan minyak hanya berbeda nama tanpa perbedaan komposisi."
- Bandingkan dua sistem yang berbeda hanya pada satu variabel dan prediksi perubahan beserta alasannya.
- Susun pertanyaan diagnostik baru dengan satu distraktor yang mewakili miskonsepsi nyata, bukan sekadar jawaban acak.

Tes Retensi Ringkas

No.	Pernyataan	Tugas	Kunci Konseptual
1	Semua lipid adalah polimer dari monomer berulang identik.	Benar/Salah + alasan	Banyak lipid, seperti trigliserida, bukan polimer rantai berulang.
2	Lemak dan minyak hanya berbeda nama tanpa perbedaan komposisi.	Benar/Salah + alasan	Keduanya trigliserida, tetapi tingkat ketidakjenuhan dan komposisi asam lemak memengaruhi keadaan fisik.
3	Asam lemak jenuh mengandung ikatan rangkap C=C.	Benar/Salah + alasan	Asam lemak jenuh tidak memiliki ikatan rangkap karbon-karbon pada rantainya.
4	Gen adalah seluruh molekul DNA dalam sel.	Benar/Salah + alasan	Gen adalah segmen fungsional pada molekul DNA, disertai elemen regulasi sesuai konteks.
5	Nukleotida dan nukleosida merupakan istilah yang sama.	Benar/Salah + alasan	Nukleotida memiliki gugus fosfat, sedangkan nukleosida tidak.

Refleksi Guru

- Miskonsepsi mana yang paling konsisten dan memiliki keyakinan tinggi?
- Representasi mana yang paling banyak menimbulkan kesulitan: makro, submikro, simbolik, atau matematika?
- Bukti apa yang menunjukkan perubahan konseptual, bukan sekadar hafalan jawaban?
- Apakah peserta didik dapat menjelaskan asumsi dan batas model?

Ringkasan subtopik

Pemahaman lipid dan asam nukleat dinyatakan kuat jika peserta didik dapat menjelaskan fenomena, membangun model partikel, menggunakan simbol secara benar, menolak miskonsepsi dengan bukti, dan mentransfer konsep ke konteks baru.

RANGKUMAN BAB 21

Makromolekul menuntut pemahaman pada berbagai skala: unit monomer, urutan dan panjang rantai, distribusi massa molar, struktur supramolekul, sifat bahan, serta fungsi biologis. Istilah sehari-hari seperti plastik, protein rusak, dan dapat terurai mudah memicu generalisasi yang tidak tepat.

Kode	Konsep	Miskonsepsi Representatif	Konsep Ilmiah
21.1	Monomer dan polimerisasi	Monomer hanya menempel secara fisik tanpa perubahan ikatan.	Polimerisasi melibatkan pembentukan ikatan kovalen baru dan perubahan struktur elektronik.
21.2	Polimer adisi dan kondensasi	Polimer kondensasi selalu menghasilkan air sebagai produk samping.	Produk kecil dapat berupa HCl, metanol, atau lainnya; bahkan beberapa pertumbuhan tahap tidak melepaskan molekul kecil.
21.3	Massa molar dan distribusi rantai	Sampel polimer memiliki satu massa molar eksak seperti molekul kecil murni.	Sampel umumnya merupakan distribusi rantai dengan berbagai massa molar.
21.4	Termoplastik dan termoset	Termoplastik selalu dapat dipanaskan dan didaur ulang tanpa perubahan kualitas.	Pemanasan berulang dapat menyebabkan degradasi, pencampuran aditif, dan penurunan sifat.
21.5	Biodegradabilitas dan daur ulang	Biodegradable berarti hilang dalam beberapa hari di lingkungan mana pun.	Laju dan derajat degradasi bergantung kondisi, mikroorganisme, suhu, kelembapan, dan struktur bahan.
21.6	Karbohidrat	Semua karbohidrat terasa manis.	Polisakarida seperti pati dan selulosa tidak selalu manis.
21.7	Protein dan denaturasi	Denaturasi selalu memutus ikatan peptida dan mengubah urutan asam amino.	Denaturasi biasanya mengubah lipatan tanpa hidrolisis tulang punggung peptida.
21.8	Lipid dan asam nukleat	Semua lipid adalah polimer dari monomer berulang identik.	Banyak lipid, seperti trigliserida, bukan polimer rantai berulang.

Prinsip Diagnostik Bab

- Jangan menafsirkan satu kesalahan sebagai miskonsepsi tanpa pola bukti.
- Periksa konsistensi respons pada lebih dari satu konteks dan representasi.
- Bedakan ketidaktahuan, salah hitung, salah baca, dan konsepsi alternatif.
- Gunakan keyakinan respons sebagai data pendukung, bukan satu-satunya dasar.
- Hubungkan hasil diagnosis dengan tindakan remediasi yang spesifik.

EVALUASI INTEGRATIF BAB 21

Evaluasi berikut dirancang untuk menilai koordinasi konsep, bukan hanya prosedur rutin. Guru dapat memilih sebagian butir sesuai tujuan dan waktu.

No.	Tugas Integratif	Kriteria Kunci
1	Analisislah konteks polietilena dari etena dan jelaskan monomer dan polimerisasi pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Derajat polimerisasi rata-rata $n \sim$ massa molar polimer / massa molar unit ulang.
2	Bantahlah pernyataan: "Monomer hanya menempel secara fisik tanpa perubahan ikatan." dengan bukti dan satu contoh batas.	Polimerisasi melibatkan pembentukan ikatan kovalen baru dan perubahan struktur elektronik.
3	Analisislah konteks polietilena dan jelaskan polimer adisi dan kondensasi pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Pertumbuhan rantai: pusat aktif menambahkan monomer; pertumbuhan tahap: spesies bermultifungsi bereaksi bertahap.
4	Bantahlah pernyataan: "Polimer kondensasi selalu menghasilkan air sebagai produk samping." dengan bukti dan satu contoh batas.	Produk kecil dapat berupa HCl, metanol, atau lainnya; bahkan beberapa pertumbuhan tahap tidak melepaskan molekul kecil.
5	Analisislah konteks kromatografi permeasi gel dan jelaskan massa molar dan distribusi rantai pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan $M_n = \text{jumlah}(N_i M_i) / \text{jumlah } N_i$; $M_w = \text{jumlah}(N_i M_i^2) / \text{jumlah}(N_i M_i)$; $D = M_w / M_n \geq 1$.
6	Bantahlah pernyataan: "Sampel polimer memiliki satu massa molar eksak seperti molekul kecil murni." dengan bukti dan satu contoh batas.	Sampel umumnya merupakan distribusi rantai dengan berbagai massa molar.
7	Analisislah konteks polietilena termoplastik dan jelaskan termoplastik dan termoset pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Derajat ikatan silang memengaruhi modulus, elastisitas, kelarutan, dan kemampuan alir lelehan.
8	Bantahlah pernyataan: "Termoplastik selalu dapat dipanaskan dan didaur ulang tanpa perubahan kualitas." dengan bukti dan satu contoh batas.	Pemanasan berulang dapat menyebabkan degradasi, pencampuran aditif, dan penurunan sifat.
9	Analisislah konteks PLA dan kompos industri dan jelaskan biodegradabilitas dan daur ulang pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Jangan samakan biobased, biodegradable, compostable, recyclable, dan fragmentable; masing-masing memiliki kriteria berbeda.
10	Bantahlah pernyataan: "Biodegradable berarti hilang dalam beberapa hari di lingkungan mana pun." dengan bukti dan satu contoh batas.	Laju dan derajat degradasi bergantung kondisi, mikroorganisme, suhu, kelembapan, dan struktur bahan.
11	Analisislah konteks glukosa dan fruktosa dan jelaskan karbohidrat pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Rumus empiris $(CH_2O)_n$ tidak berlaku universal; identifikasi berdasarkan gugus fungsi dan struktur, bukan formula sederhana saja.
12	Bantahlah pernyataan: "Semua karbohidrat terasa manis." dengan bukti dan satu contoh batas.	Polisakarida seperti pati dan selulosa tidak selalu manis.
13	Analisislah konteks putih telur dipanaskan dan jelaskan protein dan denaturasi pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Struktur primer = urutan asam amino; lipatan dipengaruhi ikatan hidrogen, ionik, hidrofobik, van der Waals, dan disulfida.
14	Bantahlah pernyataan: "Denaturasi selalu memutus ikatan peptida dan mengubah urutan asam amino." dengan bukti dan satu contoh batas.	Denaturasi biasanya mengubah lipatan tanpa hidrolisis tulang punggung peptida.
15	Analisislah konteks membran fosfolipid dan jelaskan lipid dan asam nukleat pada tiga tingkat representasi.	Harus memuat fenomena, model partikel, dan hubungan Nukleotida = basa + gula + fosfat; nukleosida = basa + gula. Fosfolipid memiliki kepala polar dan ekor nonpolar.
16	Bantahlah pernyataan: "Semua lipid adalah polimer dari monomer berulang identik." dengan bukti dan satu contoh batas.	Banyak lipid, seperti trigliserida, bukan polimer rantai berulang.

Skor argumentasi

0 = tidak menjawab; 1 = klaim tanpa alasan; 2 = alasan sebagian; 3 = klaim-alasan-bukti konsisten; 4 = mampu menyebut asumsi, batas, dan menerapkan pada konteks baru.

SINTESIS LINTAS BAB

Miskonsepsi kelas XII dapat dipetakan ke beberapa pola lintas bab. Pemetaan ini membantu guru mengenali bahwa kesalahan pada topik berbeda mungkin berasal dari model mental yang sama.

Pola Inti	Topik Terdampak	Strategi Lintas Bab
Partikel dipahami memiliki sifat makroskopik	Sifat koligatif, larutan, polimer	Gunakan gambar partikel dengan legenda dan perbandingan skala.
Simbol dianggap sebagai benda nyata	Redoks, struktur organik, biomolekul	Terjemahkan simbol ke model dan kembali ke fenomena.
Aturan dihafal sebagai hukum absolut	Tren unsur, kelarutan, titik didih	Berikan kasus batas, pengecualian, dan syarat model.
Spontan disamakan dengan cepat	Elektrokimia, korosi, biodegradasi	Pisahkan termodinamika, kinetika, dan kondisi operasi.
Satu variabel dianggap menentukan semua sifat	Organik, polimer, toksisitas	Gunakan perbandingan multivariabel dan kontrol variabel.
Perubahan materi dianggap memusnahkan partikel	Redoks, eliminasi, biodegradasi	Terapkan neraca atom, muatan, massa, dan spesiasi.

Matriks Diagnosis dan Remediasi Lintas Bab

Kode	Konsep	Miskonsepsi Inti	Diagnosis	Remediasi
17.1	Hakikat sifat koligatif dan jumlah partikel	Sifat koligatif hanya ditentukan oleh massa zat terlarut.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
17.2	Penurunan tekanan uap	Zat terlarut menurunkan tekanan uap hanya karena menutupi permukaan larutan.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
17.3	Kenaikan titik didih	Menambahkan garam selalu membuat air lebih cepat mendidih karena titik didihnya turun.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
17.4	Penurunan titik beku	Garam menaikkan titik beku karena membantu pembentukan kristal.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
17.5	Tekanan osmotik dan osmosis	Pada osmosis, zat terlarut berpindah melalui membran menuju larutan encer.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
17.6	Faktor van t Hoff	Nilai i selalu bilangan bulat sesuai koefisien ion.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
17.7	Molalitas, molaritas, dan fraksi mol	Molaritas dan molalitas dapat dipertukarkan tanpa syarat.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
17.8	Larutan ideal dan batas penerapan	Semua larutan encer pasti ideal.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
18.1	Bilangan oksidasi dan muatan formal	Bilangan oksidasi selalu merupakan muatan nyata atom.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
18.2	Oksidasi dan reduksi	Oksidasi selalu berarti penambahan oksigen.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional

Matriks Diagnosis dan Remediasi Lintas Bab (lanjutan)

Kode	Konsep	Miskonsepsi Inti	Diagnosis	Remediasi
18.3	Penyetaraan reaksi redoks	Penyetaraan atom saja sudah cukup untuk reaksi ionik redoks.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
18.4	Sel volta dan arah aliran elektron	Elektron mengalir melalui jembatan garam.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
18.5	Anode dan katode	Anode didefinisikan sebagai elektrode negatif.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
18.6	Potensial sel dan spontanitas	E sel positif berarti reaksi berlangsung sangat cepat.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
18.7	Elektrolisis dan hukum Faraday	Arus listrik habis dikonsumsi oleh elektrolit.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
18.8	Korosi dan perlindungan logam	Perkaratan hanya perubahan fisik warna permukaan.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
19.1	Kelimpahan dan keberadaan unsur	Unsur yang melimpah selalu ditemukan sebagai zat bebas.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
19.2	Sifat periodik unsur	Jari-jari atom meningkat dari kiri ke kanan dalam satu periode.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
19.3	Logam alkali dan alkali tanah	Logam alkali banyak ditemukan sebagai logam bebas di alam.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
19.4	Halogen dan gas mulia	Semua halogen berwujud gas pada suhu kamar.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional

Matriks Diagnosis dan Remediasi Lintas Bab (lanjutan)

Kode	Konsep	Miskonsepsi Inti	Diagnosis	Remediasi
19.5	Unsur transisi	Semua unsur blok d pasti merupakan unsur transisi.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
19.6	Proses industri unsur	Industri selalu memilih kondisi dengan hasil kesetimbangan maksimum.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
19.7	Mineral, bijih, dan pemurnian	Mineral dan bijih adalah istilah yang sama.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
19.8	Dampak lingkungan unsur	Toksistas hanya ditentukan oleh nama unsur.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
20.1	Struktur karbon dan representasi	Setiap garis pada rumus organik selalu menyatakan satu atom karbon.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
20.2	Tata nama dan isomer	Rantai induk selalu garis yang tampak paling lurus pada gambar.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
20.3	Gugus fungsi	Satu gugus fungsi menentukan seluruh sifat tanpa pengaruh bagian molekul lain.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
20.4	Reaksi substitusi, adisi, dan eliminasi	Substitusi berarti dua molekul utuh saling bertukar tempat.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
20.5	Benzena dan aromatisitas	Benzena memiliki tiga ikatan tunggal dan tiga ikatan rangkap yang tetap.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
20.6	Kepolaran dan kelarutan organik	Kaidah like dissolves like selalu memberikan jawaban ya atau tidak mutlak.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional

Matriks Diagnosis dan Remediasi Lintas Bab (lanjutan)

Kode	Konsep	Miskonsepsi Inti	Diagnosis	Remediasi
20.7	Oksidasi senyawa organik	Oksidasi organik selalu harus menambahkan atom oksigen dari oksidator ke produk.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
20.8	Hubungan struktur dan sifat	Massa molar lebih besar selalu berarti titik didih lebih tinggi.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
21.1	Monomer dan polimerisasi	Monomer hanya menempel secara fisik tanpa perubahan ikatan.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
21.2	Polimer adisi dan kondensasi	Polimer kondensasi selalu menghasilkan air sebagai produk samping.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
21.3	Massa molar dan distribusi rantai	Sampel polimer memiliki satu massa molar eksak seperti molekul kecil murni.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
21.4	Termoplastik dan termoset	Termoplastik selalu dapat dipanaskan dan didaur ulang tanpa perubahan kualitas.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
21.5	Biodegradabilitas dan daur ulang	Biodegradable berarti hilang dalam beberapa hari di lingkungan mana pun.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
21.6	Karbohidrat	Semua karbohidrat terasa manis.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
21.7	Protein dan denaturasi	Denaturasi selalu memutus ikatan peptida dan mengubah urutan asam amino.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional
21.8	Lipid dan asam nukleat	Semua lipid adalah polimer dari monomer berulang identik.	Tes bertingkat + gambar/diagram + transfer	POE + representasi majemuk + teks refutasional

LAMPIRAN A - BANK PERNYATAAN MISKONSEPSI

Kode	No	Pernyataan Miskonsepsi	Konsep Ilmiah
17.1	1	Sifat koligatif hanya ditentukan oleh massa zat terlarut.	Pada konsentrasi yang sebanding, besarnya efek ditentukan oleh jumlah partikel efektif, bukan massa secara langsung.
17.1	2	Zat dengan massa molar lebih besar selalu memberi efek koligatif lebih besar.	Untuk massa zat yang sama, massa molar lebih kecil justru menghasilkan jumlah mol dan partikel lebih banyak.
17.1	3	Identitas zat sama sekali tidak penting dalam sifat koligatif.	Identitas memengaruhi nilai faktor van t Hoff, volatilitas, asosiasi, dan deviasi dari idealitas.
17.1	4	Semua elektrolit terdisosiasi sempurna pada setiap konsentrasi.	Derajat disosiasi dan interaksi ion bergantung pada kekuatan elektrolit, konsentrasi, pelarut, dan suhu.
17.1	5	Partikel zat terlarut hilang setelah larut.	Partikel terdispersi dan tersolvasi; jumlah serta jenis spesiesnya tetap dapat dianalisis pada tingkat submikroskopik.
17.1	6	Konsentrasi gram per liter langsung menyatakan jumlah partikel.	Jumlah partikel harus diturunkan melalui mol, stoikiometri disosiasi, dan faktor van t Hoff.
17.2	1	Zat terlarut menurunkan tekanan uap hanya karena menutupi permukaan larutan.	Penjelasan utama berasal dari penurunan potensial kimia dan fraksi mol pelarut, bukan sekadar penutupan geometris permukaan.
17.2	2	Tekanan uap adalah tekanan udara luar di atas larutan.	Tekanan uap adalah tekanan parsial uap zat yang berada dalam kesetimbangan dengan fasenya.
17.2	3	Semakin banyak zat terlarut, tekanan uap selalu meningkat.	Untuk zat terlarut nonvolatil, peningkatan jumlah partikel umumnya menurunkan tekanan uap pelarut.
17.2	4	Molekul zat terlarut nonvolatil ikut menguap dalam jumlah sama dengan pelarut.	Kontribusi uap zat nonvolatil dapat diabaikan pada model dasar.
17.2	5	Hukum Raoult tepat untuk semua larutan dan semua konsentrasi.	Hukum Raoult merupakan model ideal; interaksi antarpartikel dapat menimbulkan deviasi positif atau negatif.
17.2	6	Penguapan berhenti ketika larutan ditutup.	Pada wadah tertutup penguapan dan pengembunan tetap berlangsung dengan laju yang sama pada kesetimbangan.

LAMPIRAN A - BANK PERNYATAAN MISKONSEPSI (lanjutan)

Kode	No	Pernyataan Miskonsepsi	Konsep Ilmiah
17.3	1	Menambahkan garam selalu membuat air lebih cepat mendidih karena titik didihnya turun.	Garam nonvolatil menaikkan titik didih; waktu mencapai didih juga dipengaruhi massa, kapasitas kalor, daya pemanas, dan kehilangan panas.
17.3	2	Titik didih hanya ditentukan oleh kuatnya pemanasan.	Titik didih kesetimbangan terutama ditentukan oleh tekanan luar dan komposisi, sedangkan daya pemanas menentukan laju pencapaiannya.
17.3	3	Gelembung saat mendidih terutama berisi udara.	Pada pendidihan stabil, gelembung didominasi uap pelarut.
17.3	4	Suhu cairan terus naik cepat setelah mendidih pada tekanan tetap.	Selama perubahan fase pada kondisi mendekati setimbang, energi terutama digunakan untuk penguapan.
17.3	5	Nilai K_b sama untuk semua pelarut.	K_b merupakan sifat pelarut dan berkaitan dengan titik didih, entalpi penguapan, serta massa molar pelarut.
17.3	6	Persamaan ΔT_b berlaku tanpa perubahan untuk zat terlarut volatil.	Zat terlarut volatil turut menyumbang tekanan uap sehingga diperlukan model campuran volatil.
17.4	1	Garam menaikkan titik beku karena membantu pembentukan kristal.	Garam terlarut umumnya menurunkan titik beku dengan menurunkan potensial kimia pelarut cair.
17.4	2	Penurunan titik beku berarti larutan membeku lebih cepat.	Istilah itu menyatakan suhu beku lebih rendah, bukan laju pembekuan.
17.4	3	Kristal pertama yang terbentuk memiliki komposisi sama dengan larutan.	Pada banyak sistem, kristal awal kaya pelarut sehingga larutan sisa menjadi lebih pekat.
17.4	4	Semua larutan membeku pada satu suhu tajam.	Campuran dapat membeku dalam rentang suhu karena komposisi fase cair berubah selama kristalisasi.
17.4	5	Supercooling sama dengan nilai titik beku kesetimbangan.	Supercooling adalah keadaan metastabil di bawah titik beku tanpa pembentukan kristal segera.
17.4	6	K_f ditentukan oleh jenis zat terlarut.	K_f terutama merupakan konstanta pelarut; zat terlarut masuk melalui molalitas dan faktor partikel.

LAMPIRAN A - BANK PERNYATAAN MISKONSEPSI (lanjutan)

Kode	No	Pernyataan Miskonsepsi	Konsep Ilmiah
17.5	1	Pada osmosis, zat terlarut berpindah melalui membran menuju larutan encer.	Model dasar menekankan perpindahan bersih pelarut melalui membran yang lebih permeabel terhadap pelarut.
17.5	2	Air selalu bergerak dari larutan pekat ke larutan encer.	Air bergerak bersih dari potensial kimia pelarut lebih tinggi ke lebih rendah, yang sering dinyatakan dari larutan lebih encer ke lebih pekat.
17.5	3	Osmosis hanya dapat terjadi pada sel hidup.	Osmosis merupakan proses fisik yang juga terjadi pada sistem membran buatan.
17.5	4	Tekanan osmotik adalah dorongan mekanis partikel zat terlarut pada membran.	Tekanan osmotik merupakan sifat termodinamik yang berkaitan dengan perbedaan potensial kimia pelarut.
17.5	5	Dua larutan isotonik harus memiliki massa zat terlarut yang sama.	Isotonik berarti tekanan osmotik efektifnya sama pada suhu yang sama, bukan massanya sama.
17.5	6	Osmosis balik terjadi spontan tanpa energi.	Osmosis balik memerlukan tekanan luar yang melebihi tekanan osmotik.
17.6	1	Nilai i selalu bilangan bulat sesuai koefisien ion.	Nilai eksperimen dapat nonbulat karena disosiasi tidak lengkap dan interaksi antarion.
17.6	2	Nilai i sama dengan jumlah atom dalam rumus kimia.	i berkaitan dengan jumlah spesies terlarut, bukan jumlah atom dalam unit formula.
17.6	3	Elektrolit lemah selalu memiliki $i = 1$.	Elektrolit lemah terionisasi sebagian sehingga i umumnya lebih besar dari 1, bergantung pada derajat ionisasi.
17.6	4	Nilai i tidak berubah terhadap konsentrasi.	Pada banyak elektrolit, interaksi ion meningkat pada konsentrasi lebih tinggi sehingga i efektif berubah.
17.6	5	NaCl selalu menghasilkan tepat dua partikel independen.	Pasangan ion dan atmosfer ion dapat mengurangi jumlah partikel osmotik efektif.
17.6	6	Asosiasi molekul hanya mungkin terjadi pada fase gas.	Asosiasi dapat terjadi dalam larutan, misalnya dimerisasi asam karboksilat pada pelarut tertentu.

LAMPIRAN A - BANK PERNYATAAN MISKONSEPSI (lanjutan)

Kode	No	Pernyataan Miskonsepsi	Konsep Ilmiah
17.7	1	Molaritas dan molalitas dapat dipertukarkan tanpa syarat.	Penyebut keduanya berbeda; hubungan numeriknya memerlukan data densitas dan komposisi.
17.7	2	Molalitas menggunakan massa seluruh larutan.	Molalitas menggunakan kilogram pelarut, bukan massa larutan.
17.7	3	Molaritas tidak dipengaruhi suhu.	Volume larutan dapat berubah dengan suhu sehingga molaritas dapat berubah.
17.7	4	Fraksi mol suatu komponen dapat lebih besar dari satu.	Fraksi mol berada antara 0 dan 1, dan jumlah seluruh fraksi mol sama dengan 1.
17.7	5	Penambahan pelarut tidak mengubah molalitas.	Penambahan pelarut memperbesar massa pelarut sehingga molalitas menurun.
17.7	6	Persen massa selalu sama nilainya dengan molaritas.	Keduanya mempunyai definisi dan satuan berbeda; konversi memerlukan massa molar dan densitas.
17.8	1	Semua larutan encer pasti ideal.	Pengenceran membantu, tetapi ion bermuatan dan interaksi spesifik masih dapat menyebabkan ketidakidealan.
17.8	2	Ideal berarti tidak ada gaya antarmolekul.	Larutan ideal tetap memiliki gaya antarmolekul; yang penting adalah kesetaraan relatif interaksi sebelum dan sesudah pencampuran.
17.8	3	Hukum Raoult berlaku langsung untuk larutan elektrolit pekat.	Elektrolit pekat memerlukan pendekatan aktivitas dan pertimbangan interaksi ion.
17.8	4	Deviasi dari Hukum Raoult semata-mata kesalahan eksperimen.	Deviasi sistematis mencerminkan perbedaan kekuatan interaksi antarpartikel.
17.8	5	Azeotrop dapat dipisahkan sempurna dengan distilasi sederhana.	Pada komposisi azeotrop, uap dan cairan memiliki komposisi sama sehingga distilasi sederhana tidak melampauinya.
17.8	6	Aktivitas selalu sama dengan konsentrasi.	Kesetaraan merupakan pendekatan ideal; pada sistem nyata aktivitas dikoreksi dengan koefisien aktivitas.

LAMPIRAN A - BANK PERNYATAAN MISKONSEPSI (lanjutan)

Kode	No	Pernyataan Miskonsepsi	Konsep Ilmiah
18.1	1	Bilangan oksidasi selalu merupakan muatan nyata atom.	Bilangan oksidasi adalah konstruksi formal; distribusi elektron nyata dapat bersifat kovalen dan menghasilkan muatan parsial.
18.1	2	Muatan formal sama dengan bilangan oksidasi.	Keduanya memakai aturan pembagian elektron berbeda dan melayani tujuan berbeda.
18.1	3	Jumlah bilangan oksidasi semua atom selalu nol.	Untuk ion poliatomik, jumlahnya sama dengan muatan ion.
18.1	4	Oksigen selalu memiliki bilangan oksidasi -2.	Peroksida, superoksida, dan senyawa dengan fluor merupakan pengecualian.
18.1	5	Hidrogen selalu memiliki bilangan oksidasi +1.	Dalam hidrida logam tertentu, hidrogen memiliki bilangan oksidasi -1.
18.1	6	Bilangan oksidasi rata-rata pecahan berarti setiap atom memiliki muatan pecahan identik.	Nilai rata-rata dapat mewakili atom setara secara formal atau campuran keadaan oksidasi yang perlu dianalisis struktural.
18.2	1	Oksidasi selalu berarti penambahan oksigen.	Definisi modern menggunakan perubahan elektron atau bilangan oksidasi; oksigen tidak harus terlibat.
18.2	2	Reduksi selalu berarti pelepasan oksigen.	Reduksi ditandai penerimaan elektron atau penurunan bilangan oksidasi.
18.2	3	Oksidator mengalami oksidasi.	Oksidator mengoksidasi spesies lain dan dirinya mengalami reduksi.
18.2	4	Transfer elektron harus tampak sebagai elektron bebas dalam persamaan total.	Elektron biasanya dieliminasi ketika setengah reaksi dijumlahkan.
18.2	5	Reaksi kovalen tidak dapat berupa redoks.	Perubahan pembagian formal elektron pada senyawa kovalen dapat menghasilkan perubahan bilangan oksidasi.
18.2	6	Semua reaksi asam-basa adalah redoks.	Transfer proton dapat terjadi tanpa perubahan bilangan oksidasi.

LAMPIRAN A - BANK PERNYATAAN MISKONSEPSI (lanjutan)

Kode	No	Pernyataan Miskonsepsi	Konsep Ilmiah
18.3	1	Penyetaraan atom saja sudah cukup untuk reaksi ionik redoks.	Muatan total dan jumlah elektron juga harus setara.
18.3	2	Indeks dalam rumus boleh diubah untuk menyeimbangkan reaksi.	Hanya koefisien stoikiometri yang boleh diubah; perubahan indeks mengubah identitas zat.
18.3	3	Elektron harus tersisa dalam persamaan ion total.	Elektron saling menghapus setelah setengah reaksi dijumlahkan.
18.3	4	Langkah medium asam dapat dipakai di basa tanpa penyesuaian.	Ion H^+ yang muncul harus dinetralkan dengan OH^- dan bentuk akhir disederhanakan.
18.3	5	Persamaan akhir dalam medium basa boleh mengandung H^+ bebas.	Bentuk akhir harus konsisten dengan medium basa setelah penambahan OH^- dan penyederhanaan air.
18.3	6	Koefisien kelipatan besar sama baiknya dengan koefisien terkecil.	Secara kimia ekuivalen, tetapi konvensi menuntut rasio bilangan bulat terkecil untuk komunikasi yang jelas.
18.4	1	Elektron mengalir melalui jembatan garam.	Jembatan garam menghantarkan ion; elektron bergerak melalui konduktor logam eksternal.
18.4	2	Ion positif dalam larutan membawa elektron dari anode ke katode.	Ion membawa muatan melalui migrasi, tetapi mekanismenya bukan mengangkut elektron bebas melalui larutan.
18.4	3	Anode sel volta selalu bertanda positif.	Pada sel volta anode umumnya negatif karena menjadi sumber elektron.
18.4	4	Massa kedua elektroda selalu berubah dengan besar yang sama.	Perubahan massa bergantung pada stoikiometri elektron dan massa molar spesies elektroda.
18.4	5	Jembatan garam hanya menyangga dua bejana secara mekanis.	Jembatan garam mempertahankan kenetralan dan menutup rangkaian ionik.
18.4	6	Sel berhenti hanya karena semua elektron di anode habis.	Sel dapat berhenti karena pereaksi habis, perubahan konsentrasi, polarisasi, peningkatan resistansi, atau tercapainya kesetimbangan.

LAMPIRAN A - BANK PERNYATAAN MISKONSEPSI (lanjutan)

Kode	No	Pernyataan Miskonsepsi	Konsep Ilmiah
18.5	1	Anode didefinisikan sebagai elektrode negatif.	Anode didefinisikan oleh oksidasi; tandanya negatif pada sel volta dan positif pada sel elektrolisis.
18.5	2	Katode selalu positif.	Katode positif pada sel volta tetapi negatif pada sel elektrolisis.
18.5	3	Oksidasi dapat berlangsung di katode jika sumber listrik dibalik.	Perubahan sambungan mengubah elektrode mana yang menjadi anode, tetapi oksidasi tetap terjadi di anode.
18.5	4	Elektron selalu masuk ke anode dari rangkaian luar.	Anode menghasilkan elektron melalui oksidasi; arah pada kabel ditentukan jenis sel dan sumber listrik.
18.5	5	Nama anode dan katode ditentukan oleh jenis logamnya.	Nama ditentukan oleh proses elektrokimia yang berlangsung, bukan identitas material.
18.5	6	Elektrode inert selalu ikut bereaksi dan habis.	Elektrode inert terutama menyediakan permukaan transfer elektron, walaupun pada kondisi tertentu dapat mengalami reaksi samping.
18.6	1	E sel positif berarti reaksi berlangsung sangat cepat.	E berkaitan dengan kelayakan termodinamik; laju ditentukan pula oleh kinetika dan energi aktivasi.
18.6	2	E sel dihitung dengan menjumlahkan dua potensial reduksi tabel tanpa perubahan.	Jika keduanya ditulis sebagai reduksi, gunakan E katode dikurangi E anode.
18.6	3	E° positif berarti reaksi berlangsung sampai semua pereaksi habis.	Reaksi menuju kesetimbangan; besarnya konstanta kesetimbangan menentukan derajat kemajuan.
18.6	4	Potensial sel tidak dipengaruhi konsentrasi.	Potensial nonstandar bergantung pada Q melalui persamaan Nernst.
18.6	5	Q dalam persamaan Nernst dapat dibalik tanpa mengubah tanda.	Pembalikan Q harus konsisten dengan pembalikan arah reaksi dan tanda E.
18.6	6	Delta G° positif untuk reaksi spontan.	Pada suhu dan tekanan tetap, reaksi spontan arah standar memiliki Delta G° negatif dan E° positif.

LAMPIRAN A - BANK PERNYATAAN MISKONSEPSI (lanjutan)

Kode	No	Pernyataan Miskonsepsi	Konsep Ilmiah
18.7	1	Arus listrik habis dikonsumsi oleh elektrolit.	Arus adalah laju aliran muatan; energi dipindahkan dan reaksi mengubah spesies, bukan menghabiskan arus sebagai zat.
18.7	2	Massa endapan hanya ditentukan oleh tegangan.	Massa ideal ditentukan oleh muatan $I \times t$ dan jumlah elektron per mol, sedangkan tegangan memengaruhi kemampuan serta laju melalui arus.
18.7	3	Semua kation selalu lebih dahulu direduksi daripada air.	Selektivitas bergantung potensial, konsentrasi, overpotensial, dan jenis elektrode.
18.7	4	Muatan listrik sama menghasilkan massa endapan sama untuk semua logam.	Massa bergantung pada massa molar ekuivalen M/z .
18.7	5	Satu mol elektron selalu menghasilkan satu mol logam.	Rasio ditentukan oleh jumlah elektron z pada setengah reaksi.
18.7	6	Sel elektrolisis secara spontan menghasilkan energi listrik.	Sel elektrolisis memerlukan sumber energi eksternal untuk mendorong reaksi nonspontan.
18.8	1	Perkaratan hanya perubahan fisik warna permukaan.	Korosi melibatkan reaksi redoks dan pembentukan senyawa baru.
18.8	2	Besi berkarat sama cepat tanpa air dan tanpa oksigen.	Air dan oksigen sangat penting pada mekanisme korosi besi dalam kondisi umum.
18.8	3	Garam mencegah karat karena menyerap air.	Elektrolit garam meningkatkan konduktivitas dan sering mempercepat korosi.
18.8	4	Pengecatan mengubah karat kembali menjadi besi.	Pengecatan terutama menghambat kontak logam dengan lingkungan; karat yang ada perlu ditangani.
18.8	5	Logam korban harus lebih mulia daripada besi.	Anode korban harus lebih mudah teroksidasi, yaitu memiliki potensial reduksi lebih rendah.
18.8	6	Baja tahan karat tidak pernah mengalami korosi.	Lapisan pasif meningkatkan ketahanan, tetapi klorida, suhu, dan kerusakan lokal dapat memicu korosi.

LAMPIRAN A - BANK PERNYATAAN MISKONSEPSI (lanjutan)

Kode	No	Pernyataan Miskonsepsi	Konsep Ilmiah
19.1	1	Unsur yang melimpah selalu ditemukan sebagai zat bebas.	Unsur reaktif dapat melimpah tetapi terutama terdapat dalam senyawa, seperti oksigen dalam silikat.
19.1	2	Urutan kelimpahan di kerak bumi sama dengan di alam semesta.	Proses nukleosintesis dan diferensiasi planet menghasilkan distribusi berbeda.
19.1	3	Unsur langka berarti tidak membentuk senyawa.	Kelangkaan adalah ukuran kelimpahan, bukan kemampuan kimia membentuk senyawa.
19.1	4	Bijih adalah logam murni yang tinggal dipisahkan.	Bijih merupakan bahan alam yang mengandung mineral bernilai ekonomis bersama pengotor.
19.1	5	Kelimpahan oksigen di kerak berarti terdapat banyak gas O ₂ di batuan.	Oksigen terutama terikat dalam oksida dan silikat.
19.1	6	Rasio isotop selalu identik di semua sampel alam.	Variasi isotop kecil dapat muncul akibat proses fisik, kimia, biologis, dan sumber geologi.
19.2	1	Jari-jari atom meningkat dari kiri ke kanan dalam satu periode.	Umumnya jari-jari menurun karena muatan inti efektif meningkat pada kulit utama yang sama.
19.2	2	Ion selalu berukuran sama dengan atom netralnya.	Kation umumnya lebih kecil dan anion lebih besar dibanding atom asal karena perubahan elektron dan tolak-menolak.
19.2	3	Tren periodik tidak memiliki pengecualian.	Konfigurasi subkulit, pasangan elektron, dan efek lain menimbulkan anomali yang dapat dijelaskan.
19.2	4	Elektronegativitas adalah muatan aktual atom.	Elektronegativitas adalah kecenderungan relatif menarik elektron dalam ikatan.
19.2	5	Energi ionisasi hanya ditentukan oleh jarak elektron dari inti.	Muatan inti efektif, penetrasi orbital, perisai, dan stabilitas konfigurasi juga berpengaruh.
19.2	6	Tren unsur transisi selalu sama sederhana dengan unsur utama.	Pengisian orbital d dan efek ukuran yang lebih halus menghasilkan pola lebih kompleks.

LAMPIRAN A - BANK PERNYATAAN MISKONSEPSI (lanjutan)

Kode	No	Pernyataan Miskonsepsi	Konsep Ilmiah
19.3	1	Logam alkali banyak ditemukan sebagai logam bebas di alam.	Reaktivitas tinggi membuatnya terutama terdapat sebagai ion dalam mineral dan larutan.
19.3	2	Reaktivitas logam alkali menurun ke bawah golongan.	Umumnya meningkat karena elektron valensi lebih mudah dilepas.
19.3	3	Semua garam alkali dan alkali tanah selalu larut.	Kelarutan bergantung pasangan ion; beberapa karbonat, sulfat, dan hidroksida memiliki kelarutan rendah.
19.3	4	Istilah alkali berarti semua senyawanya adalah basa kuat.	Alkali merujuk golongan; sifat basa bergantung senyawa dan reaksi dalam air.
19.3	5	Warna nyala berasal dari pembakaran logam menjadi warna tertentu.	Warna timbul dari emisi foton ketika elektron tereksitasi kembali ke tingkat energi lebih rendah.
19.3	6	Natrium dan kalium dalam tubuh berada sebagai logam.	Keduanya berada sebagai ion terhidrasi dan bagian dari sistem elektrolit biologis.
19.4	1	Semua halogen berwujud gas pada suhu kamar.	F ₂ dan Cl ₂ gas, Br ₂ cair, sedangkan I ₂ padat pada kondisi kamar.
19.4	2	Daya oksidasi halogen meningkat ke bawah golongan.	Secara umum F ₂ paling kuat dan daya oksidasi menurun ke bawah.
19.4	3	Gas mulia sama sekali tidak dapat membentuk senyawa.	Xe dan beberapa gas mulia lain dapat membentuk senyawa pada kondisi sesuai.
19.4	4	Klorida dan klorin adalah zat yang sama.	Cl ⁻ adalah ion klorida dengan sifat berbeda dari molekul Cl ₂ .
19.4	5	Pemutihan oleh klorin terjadi karena warna klorin menutupi warna noda.	Spesies pengoksidasi merusak sistem kromofor sehingga warna hilang.
19.4	6	Semua gas mulia benar-benar tidak reaktif dalam semua kondisi.	Reaktivitas sangat rendah, tetapi tidak nol, terutama untuk atom besar dan kondisi ekstrem.

LAMPIRAN A - BANK PERNYATAAN MISKONSEPSI (lanjutan)

Kode	No	Pernyataan Miskonsepsi	Konsep Ilmiah
19.5	1	Semua unsur blok d pasti merupakan unsur transisi.	Zn, Cd, dan Hg sering tidak memenuhi definisi karena konfigurasi d penuh pada atom dan ion umum.
19.5	2	Warna senyawa transisi berasal dari warna logam murninya.	Warna sering berasal dari transisi elektronik yang dipengaruhi ligan dan keadaan oksidasi.
19.5	3	Keadaan oksidasi beragam muncul secara acak.	Pola berkaitan dengan energi orbital ns dan (n-1)d serta stabilitas konfigurasi.
19.5	4	Katalis tidak ikut bereaksi sama sekali.	Katalis mengikuti lintasan reaksi alternatif dan membentuk intermediat, lalu diregenerasi.
19.5	5	Ion kompleks hanya campuran ion logam dan ligan tanpa ikatan.	Kompleks memiliki struktur koordinasi dan ikatan yang menentukan sifatnya.
19.5	6	Magnetisme hanya ditentukan oleh massa atom.	Magnetisme terutama dipengaruhi jumlah elektron tidak berpasangan dan interaksi spin.
19.6	1	Industri selalu memilih kondisi dengan hasil kesetimbangan maksimum.	Kondisi optimum merupakan kompromi antara hasil, laju, biaya, energi, keselamatan, dan ketahanan alat.
19.6	2	Katalis menggeser kesetimbangan ke arah produk.	Katalis mempercepat pencapaian kesetimbangan tanpa mengubah K.
19.6	3	Tekanan setinggi mungkin selalu terbaik.	Tekanan tinggi mahal dan berisiko; manfaatnya bergantung perubahan mol gas dan kinetika.
19.6	4	Proses Haber menggunakan nitrogen dan oksigen untuk membuat amonia.	Amonia diproduksi dari N ₂ dan H ₂ .
19.6	5	Aluminium dapat dielektrolisis langsung dari larutan air Al ³⁺ .	Air lebih mudah direduksi; industri menggunakan lelehan alumina dalam kriolit.
19.6	6	Besi dari tanur tinggi langsung merupakan besi murni.	Produk awal mengandung karbon dan pengotor sehingga memerlukan pengolahan lanjutan.

LAMPIRAN A - BANK PERNYATAAN MISKONSEPSI (lanjutan)

Kode	No	Pernyataan Miskonsepsi	Konsep Ilmiah
19.7	1	Mineral dan bijih adalah istilah yang sama.	Semua bijih mengandung mineral, tetapi tidak semua mineral ekonomis sebagai bijih.
19.7	2	Kadar logam adalah satu-satunya penentu kelayakan bijih.	Lokasi, mineralogi, energi, limbah, harga, dan teknologi juga menentukan.
19.7	3	Konsentrasi bijih menciptakan logam baru.	Konsentrasi memisahkan mineral berharga dari pengotor tanpa mengubah jumlah unsur secara ajaib.
19.7	4	Semua oksida logam dapat direduksi dengan karbon.	Logam sangat reaktif memerlukan metode lain seperti elektrolisis.
19.7	5	Pemurnian selalu menghilangkan seluruh pengotor.	Produk industri memiliki spesifikasi kemurnian; penghilangan mutlak tidak realistis.
19.7	6	Daur ulang logam selalu identik dengan ekstraksi primer.	Alur, energi, kontaminan, dan pemisahan paduan berbeda dari pengolahan bijih.
19.8	1	Toksisitas hanya ditentukan oleh nama unsur.	Bentuk kimia, keadaan oksidasi, dosis, dan jalur paparan sangat menentukan.
19.8	2	Zat alami selalu aman bagi lingkungan.	Bahan alami dapat berbahaya pada dosis dan konteks tertentu.
19.8	3	Semua logam berat sama toksiknya.	Toksisitas dan fungsi biologis bervariasi; istilah logam berat sendiri sering tidak cukup presisi.
19.8	4	Biodegradasi dapat memusnahkan unsur.	Unsur tidak hilang; senyawanya berubah bentuk dan dapat berpindah antar kompartemen.
19.8	5	Pengenceran selalu menghilangkan pencemaran.	Pengenceran menurunkan konsentrasi lokal tetapi tidak menghilangkan massa dan dapat memperluas penyebaran.
19.8	6	Keadaan oksidasi tidak memengaruhi bahaya.	Contoh klasik menunjukkan Cr(VI) jauh berbeda dari Cr(III) dalam mobilitas dan toksisitas.

LAMPIRAN A - BANK PERNYATAAN MISKONSEPSI (lanjutan)

Kode	No	Pernyataan Miskonsepsi	Konsep Ilmiah
20.1	1	Setiap garis pada rumus organik selalu menyatakan satu atom karbon.	Garis menyatakan ikatan; atom karbon berada pada titik ujung atau sudut yang tidak diberi label.
20.1	2	Rumus dua dimensi menunjukkan molekul benar-benar datar.	Banyak atom memiliki geometri tiga dimensi dan rotasi ikatan.
20.1	3	Ikatan rangkap dapat berotasi bebas seperti ikatan tunggal.	Rotasi ikatan rangkap memerlukan pemutusan tumpang tindih pi dan sangat terhambat.
20.1	4	Hidrogen yang tidak digambar tidak ada dalam molekul.	Pada rumus rangka, H pada karbon diimplikasikan untuk memenuhi valensi.
20.1	5	Struktur resonansi bergantian secara cepat sebagai molekul berbeda.	Molekul nyata adalah hibrida resonansi dengan distribusi elektron terdelokalisasi.
20.1	6	Karbon netral biasa dapat membentuk lima ikatan kovalen penuh tanpa muatan.	Model valensi perlu memeriksa oktet, muatan formal, dan jenis ikatan.
20.2	1	Rantai induk selalu garis yang tampak paling lurus pada gambar.	Rantai induk dipilih menurut jumlah atom dan prioritas aturan, bukan penampilan visual.
20.2	2	Penomoran selalu dimulai dari substituen terdekat tanpa mempertimbangkan gugus fungsi.	Gugus fungsi utama dan aturan himpunan loka terendah memiliki prioritas.
20.2	3	Rumus molekul sama berarti zatnya sama.	Isomer dapat memiliki rumus sama tetapi struktur dan sifat berbeda.
20.2	4	Konformer adalah isomer struktur yang berbeda.	Konformer umumnya saling berubah melalui rotasi ikatan tanpa memutus ikatan.
20.2	5	Semua bayangan cermin merupakan enansiomer.	Hanya bayangan cermin yang tidak dapat ditumpangtindihkan yang merupakan enansiomer.
20.2	6	Awalan di-, tri-, dan tetra- selalu diperhitungkan dalam urutan alfabet substituen.	Dalam banyak aturan dasar, awalan pengganda diabaikan untuk pengurutan alfabet.

LAMPIRAN A - BANK PERNYATAAN MISKONSEPSI (lanjutan)

Kode	No	Pernyataan Miskonsepsi	Konsep Ilmiah
20.3	1	Satu gugus fungsi menentukan seluruh sifat tanpa pengaruh bagian molekul lain.	Sifat merupakan hasil gabungan gugus fungsi, ukuran, bentuk, dan interaksi keseluruhan molekul.
20.3	2	Semua gugus -OH berarti ion hidroksida dan sangat basa.	-OH kovalen pada alkohol atau fenol berbeda dari OH ⁻ bebas.
20.3	3	Setiap senyawa yang mengandung C=O adalah asam karboksilat.	Karbonil terdapat pada aldehida, keton, ester, amida, dan turunan lain.
20.3	4	Eter dan alkohol sama karena sama-sama mengandung oksigen.	Konektivitas R-O-R dan R-O-H menghasilkan sifat serta reaktivitas berbeda.
20.3	5	Semua amina bersifat basa kuat seperti NaOH.	Kebasaan amina relatif dan dipengaruhi substituen, resonansi, pelarut, dan sterik.
20.3	6	Gugus fungsi dalam molekul tidak saling memengaruhi.	Efek induktif, resonansi, dan kedekatan ruang dapat mengubah reaktivitas.
20.4	1	Substitusi berarti dua molekul utuh saling bertukar tempat.	Substitusi melibatkan penggantian atom atau gugus pada pusat reaksi melalui mekanisme tertentu.
20.4	2	Adisi berlangsung pada ikatan tunggal jenuh tanpa perubahan.	Adisi khas mengurangi derajat ketidajenuhan, misalnya memutus komponen pi.
20.4	3	Pada eliminasi, atom yang hilang lenyap tanpa produk samping.	Atom harus tetap terhitung dalam molekul kecil atau spesies lain.
20.4	4	Jenis produk tidak dipengaruhi pelarut, suhu, dan struktur substrat.	Kondisi mengubah kompetisi mekanisme dan selektivitas.
20.4	5	Panah mekanisme adalah lintasan fisik atom di ruang.	Panah lengkung merepresentasikan perpindahan pasangan elektron.
20.4	6	Satu pereaksi selalu menghasilkan satu produk tunggal.	Regioselektivitas, stereoselektivitas, dan reaksi samping dapat menghasilkan campuran.

LAMPIRAN A - BANK PERNYATAAN MISKONSEPSI (lanjutan)

Kode	No	Pernyataan Miskonsepsi	Konsep Ilmiah
20.5	1	Benzena memiliki tiga ikatan tunggal dan tiga ikatan rangkap yang tetap.	Semua ikatan C-C setara secara rata-rata karena delokalisasi elektron pi.
20.5	2	Aromatik berarti molekul berbau harum.	Dalam kimia modern, aromatisitas adalah sifat elektronik dan struktural.
20.5	3	Benzena bereaksi adisi semudah alkena.	Adisi merusak stabilisasi aromatik; benzena lebih cenderung mengalami substitusi.
20.5	4	Lingkaran dalam cincin benzena adalah orbit satu elektron yang berputar.	Lingkaran menyimbolkan delokalisasi enam elektron pi.
20.5	5	Semua senyawa siklik terkonjugasi otomatis aromatik.	Planaritas dan jumlah elektron pi $4n+2$ juga harus dipenuhi.
20.5	6	Aromatik berarti sama sekali tidak reaktif.	Aromatik relatif stabil terhadap adisi tetapi tetap bereaksi melalui lintasan yang mempertahankan atau memulihkan aromatisitas.
20.6	1	Kaidah like dissolves like selalu memberikan jawaban ya atau tidak mutlak.	Kelarutan bersifat kuantitatif dan dipengaruhi suhu, komposisi, ukuran, dan interaksi spesifik.
20.6	2	Semua molekul polar larut sempurna dalam air.	Bagian nonpolar besar dapat mendominasi dan membatasi kelarutan.
20.6	3	Adanya satu gugus -OH membuat rantai karbon berapa pun sangat larut.	Peningkatan panjang rantai hidrokarbon menurunkan kontribusi relatif gugus polar.
20.6	4	Ikatan hidrogen hanya terjadi di dalam satu molekul.	Ikatan hidrogen antarmolekul sangat penting bagi kelarutan dan titik didih.
20.6	5	Emulsi sama dengan larutan sejati.	Emulsi adalah dispersi dua fase yang distabilkan surfaktan, bukan pencampuran molekuler sempurna.
20.6	6	Momen dipol ikatan langsung sama dengan kepolaran molekul.	Geometri dapat menyebabkan vektor dipol saling meniadakan atau memperkuat.

LAMPIRAN A - BANK PERNYATAAN MISKONSEPSI (lanjutan)

Kode	No	Pernyataan Miskonsepsi	Konsep Ilmiah
20.7	1	Oksidasi organik selalu harus menambahkan atom oksigen dari oksidator ke produk.	Oksidasi dapat berupa pelepasan hidrogen atau perubahan elektron tanpa transfer atom O langsung.
20.7	2	Semua alkohol teroksidasi menjadi asam karboksilat.	Alkohol primer, sekunder, dan tersier menunjukkan perilaku berbeda.
20.7	3	Pembakaran hanya terjadi jika terlihat nyala.	Oksidasi lambat dapat berlangsung tanpa nyala.
20.7	4	Oksidator selalu menyumbangkan atom oksigen ke substrat.	Oksidator menerima elektron; atom dalam produk dapat berasal dari sumber lain.
20.7	5	Reduksi organik selalu berarti menghilangkan oksigen.	Penambahan hidrogen atau penurunan bilangan oksidasi juga merupakan reduksi.
20.7	6	Bilangan oksidasi tidak dapat digunakan pada senyawa organik.	Bilangan oksidasi karbon membantu membandingkan tingkat oksidasi substrat dan produk.
20.8	1	Massa molar lebih besar selalu berarti titik didih lebih tinggi.	Bentuk, polaritas, dan ikatan hidrogen dapat mengalahkan pengaruh massa.
20.8	2	Percabangan selalu menaikkan titik didih.	Untuk isomer alkana, percabangan sering menurunkan luas kontak dan titik didih.
20.8	3	Tren titik leleh selalu sama dengan tren titik didih.	Titik leleh sangat dipengaruhi kemampuan pengemasan kristal dan simetri.
20.8	4	Semua isomer mempunyai sifat fisik identik.	Perbedaan konektivitas dan bentuk mengubah interaksi serta pengemasan.
20.8	5	Kepolaran adalah satu-satunya penentu kelarutan dan titik didih.	Ukuran, bentuk, ikatan hidrogen, dan dispersi juga penting.
20.8	6	Gaya antarmolekul adalah ikatan kovalen di dalam molekul.	Gaya antarmolekul bekerja antartikel dan berbeda dari ikatan intramolekul.

LAMPIRAN A - BANK PERNYATAAN MISKONSEPSI (lanjutan)

Kode	No	Pernyataan Miskonsepsi	Konsep Ilmiah
21.1	1	Monomer hanya menempel secara fisik tanpa perubahan ikatan.	Polimerisasi melibatkan pembentukan ikatan kovalen baru dan perubahan struktur elektronik.
21.1	2	Semua rantai polimer memiliki panjang tepat sama.	Polimer nyata biasanya memiliki distribusi panjang rantai.
21.1	3	Semua polimer adalah bahan sintetis.	Protein, selulosa, pati, dan asam nukleat merupakan makromolekul alami.
21.1	4	Unit ulang selalu identik dengan rumus monomer bebas.	Pada polimerisasi, ikatan atau gugus tertentu berubah dan molekul kecil dapat terlepas.
21.1	5	Polimerisasi selalu mudah dibalik menjadi monomer.	Depolimerisasi bergantung energi, mekanisme, katalis, dan kestabilan rantai.
21.1	6	Katalis polimerisasi menjadi bagian permanen setiap unit ulang.	Katalis mengaktifkan lintasan reaksi dan biasanya tidak menjadi unit ulang, walau fragmen inisiator dapat muncul pada ujung rantai.
21.2	1	Polimer kondensasi selalu menghasilkan air sebagai produk samping.	Produk kecil dapat berupa HCl, metanol, atau lainnya; bahkan beberapa pertumbuhan tahap tidak melepaskan molekul kecil.
21.2	2	Semua polimer adisi berasal hanya dari etena.	Berbagai monomer vinil dan monomer siklik dapat mengalami pertumbuhan rantai.
21.2	3	Polimer adisi otomatis mudah terurai karena hanya menambahkan monomer.	Banyak tulang punggung C-C sangat stabil dan sulit terdegradasi.
21.2	4	Fungsi dua atau lebih pada monomer tidak penting dalam kondensasi.	Fungsionalitas menentukan kemampuan membentuk rantai panjang atau jaringan.
21.2	5	Massa molar tinggi muncul sejak tahap awal pada semua jenis polimerisasi.	Pada pertumbuhan tahap, massa molar tinggi biasanya memerlukan konversi sangat tinggi dan stoikiometri seimbang.
21.2	6	Kopolimer sama dengan campuran fisik dua homopolimer.	Kopolimer mengandung lebih dari satu jenis unit monomer dalam rantai yang sama.

LAMPIRAN A - BANK PERNYATAAN MISKONSEPSI (lanjutan)

Kode	No	Pernyataan Miskonsepsi	Konsep Ilmiah
21.3	1	Sampel polimer memiliki satu massa molar eksak seperti molekul kecil murni.	Sampel umumnya merupakan distribusi rantai dengan berbagai massa molar.
21.3	2	Derajat polimerisasi setiap rantai sama.	Nilai yang dilaporkan biasanya rata-rata statistik.
21.3	3	Mn dan Mw dapat dipertukarkan.	Keduanya memberi bobot berbeda terhadap rantai kecil dan besar.
21.3	4	Massa molar lebih tinggi selalu memperbaiki semua sifat.	Kekuatan dapat meningkat, tetapi prosesabilitas, kelarutan, dan viskositas juga berubah.
21.3	5	Dispersitas dapat lebih kecil dari satu.	Secara definisi $M_w \geq M_n$ sehingga D minimal satu.
21.3	6	Gugus ujung selalu tidak penting.	Pada rantai pendek, permukaan, dan aplikasi reaktif, gugus ujung dapat sangat memengaruhi sifat.
21.4	1	Termoplastik selalu dapat dipanaskan dan didaur ulang tanpa perubahan kualitas.	Pemanasan berulang dapat menyebabkan degradasi, pencampuran aditif, dan penurunan sifat.
21.4	2	Termoset dapat dilelehkan kembali seperti lilin.	Jaringan ikatan silang mencegah aliran lelehan; pemanasan kuat cenderung menyebabkan degradasi.
21.4	3	Ikatan silang hanya gaya antarmolekul lemah.	Pada termoset dan karet tervulkanisasi, ikatan silang utama bersifat kovalen.
21.4	4	Elastomer sama dengan termoplastik biasa.	Elastomer memiliki mobilitas rantai dan kerapatan ikatan silang yang menghasilkan elastisitas khas.
21.4	5	Semua polimer melunak ketika dipanaskan.	Perilaku bergantung struktur, kristalinitas, T_g , T_m , dan ikatan silang.
21.4	6	Kode resin pada kemasan langsung menjamin dapat didaur ulang di semua tempat.	Kode mengidentifikasi jenis umum, sedangkan fasilitas dan kontaminasi menentukan praktik daur ulang.

LAMPIRAN A - BANK PERNYATAAN MISKONSEPSI (lanjutan)

Kode	No	Pernyataan Miskonsepsi	Konsep Ilmiah
21.5	1	Biodegradable berarti hilang dalam beberapa hari di lingkungan mana pun.	Laju dan derajat degradasi bergantung kondisi, mikroorganisme, suhu, kelembapan, dan struktur bahan.
21.5	2	Bahan berbasis hayati pasti biodegradable.	Sumber karbon dan kemampuan terurai adalah sifat berbeda.
21.5	3	Plastik dapat didaur ulang tanpa batas dengan mutu tetap.	Rantai dapat terdegradasi dan kontaminasi menurunkan mutu pada banyak siklus mekanik.
21.5	4	Kompostabel berarti terurai di tanah rumah biasa.	Sebagian bahan memerlukan kondisi kompos industri terkontrol.
21.5	5	Fragmentasi menjadi potongan kecil sama dengan mineralisasi.	Fragmentasi dapat menghasilkan mikroplastik tanpa konversi menjadi CO ₂ , air, dan biomassa.
21.5	6	Semua jenis plastik aman dicampur dalam satu proses daur ulang.	Perbedaan titik leleh, polaritas, dan aditif dapat menghasilkan campuran tidak kompatibel.
21.6	1	Semua karbohidrat terasa manis.	Polisakarida seperti pati dan selulosa tidak selalu manis.
21.6	2	Karbohidrat secara literal tersusun dari atom karbon dan molekul air.	Nama historis tidak berarti molekul air utuh terikat pada karbon.
21.6	3	Glukosa dan fruktosa sama karena rumus molekulnya sama.	Keduanya isomer dengan gugus fungsi dan struktur berbeda.
21.6	4	Pati dan selulosa sama-sama mudah dicerna manusia.	Perbedaan ikatan glikosidik menentukan pengenalan oleh enzim pencernaan.
21.6	5	Gula pereduksi berarti gula dengan kalori lebih rendah.	Istilah merujuk kemampuan mereduksi pereaksi tertentu melalui bentuk karbonil yang tersedia.
21.6	6	Ikatan glikosidik selalu terhidrolisis spontan hanya dengan air.	Hidrolisis memerlukan kondisi asam, enzim, atau waktu dan suhu yang sesuai.

LAMPIRAN A - BANK PERNYATAAN MISKONSEPSI (lanjutan)

Kode	No	Pernyataan Miskonsepsi	Konsep Ilmiah
21.7	1	Denaturasi selalu memutus ikatan peptida dan mengubah urutan asam amino.	Denaturasi biasanya mengubah lipatan tanpa hidrolisis tulang punggung peptida.
21.7	2	Protein yang dimasak kehilangan seluruh nilai gizinya.	Pencernaan tetap memanfaatkan asam amino; pemanasan dapat mengubah pencernaan dan beberapa asam amino, bukan menghapus seluruh nutrisi.
21.7	3	Denaturasi mengubah semua protein menjadi zat yang sama.	Setiap protein memiliki urutan dan jalur agregasi berbeda.
21.7	4	Enzim habis dikonsumsi secara stoikiometrik dalam satu reaksi.	Enzim diregenerasi, walaupun dapat terinaktivasi atau terdenaturasi.
21.7	5	Semua protein larut baik dalam air.	Kelarutan bergantung muatan, pH, komposisi, struktur, dan agregasi.
21.7	6	pH hanya mengubah warna larutan protein.	pH mengubah protonasi, interaksi intramolekul, kelarutan, dan aktivitas.
21.8	1	Semua lipid adalah polimer dari monomer berulang identik.	Banyak lipid, seperti trigliserida, bukan polimer rantai berulang.
21.8	2	Lemak dan minyak hanya berbeda nama tanpa perbedaan komposisi.	Keduanya trigliserida, tetapi tingkat ketidakjenuhan dan komposisi asam lemak memengaruhi keadaan fisik.
21.8	3	Asam lemak jenuh mengandung ikatan rangkap C=C.	Asam lemak jenuh tidak memiliki ikatan rangkap karbon-karbon pada rantainya.
21.8	4	Gen adalah seluruh molekul DNA dalam sel.	Gen adalah segmen fungsional pada molekul DNA, disertai elemen regulasi sesuai konteks.
21.8	5	Nukleotida dan nukleosida merupakan istilah yang sama.	Nukleotida memiliki gugus fosfat, sedangkan nukleosida tidak.
21.8	6	Ekor fosfolipid bersifat hidrofilik dan menghadap air.	Ekor hidrokarbon bersifat hidrofobik; kepala fosfat relatif hidrofilik.

LAMPIRAN B - TEMPLATE TES DIAGNOSTIK EMPAT TINGKAT

Template berikut dapat digandakan untuk setiap konsep. Distraktor harus berasal dari respons nyata peserta didik atau kajian literatur, kemudian divalidasi secara isi dan empiris.

Komponen	Isi
Tingkat 1 - Jawaban	Pilihan jawaban fenomena, perhitungan, gambar, atau prediksi.
Tingkat 2 - Keyakinan jawaban	Sangat tidak yakin, tidak yakin, yakin, sangat yakin.
Tingkat 3 - Alasan	Pilihan alasan ilmiah dan distraktor berbasis miskonsepsi.
Tingkat 4 - Keyakinan alasan	Sangat tidak yakin, tidak yakin, yakin, sangat yakin.
Data tambahan	Gambar partikel, penjelasan terbuka, atau wawancara singkat.

Format Butir 1

Stimulus/konteks:

Pilihan	Jawaban
A	
B	
C	
D	

Pilihan Alasan	Alasan
1	
2	
3	
4	

Keyakinan jawaban: 1 2 3 4 Keyakinan alasan: 1 2 3 4

Format Butir 2

Stimulus/konteks:

Pilihan	Jawaban
A	
B	
C	
D	

Pilihan Alasan	Alasan
1	
2	
3	
4	

Keyakinan jawaban: 1 2 3 4 Keyakinan alasan: 1 2 3 4

Format Butir 3

Stimulus/konteks:

Pilihan	Jawaban
A	
B	
C	
D	

Pilihan Alasan	Alasan
1	
2	
3	
4	

Keyakinan jawaban: 1 2 3 4 Keyakinan alasan: 1 2 3 4

Format Butir 4

Stimulus/konteks:

Pilihan	Jawaban
A	
B	
C	
D	

Pilihan Alasan	Alasan
1	
2	
3	
4	

Keyakinan jawaban: 1 2 3 4 Keyakinan alasan: 1 2 3 4

Format Butir 5

Stimulus/konteks:

Pilihan	Jawaban
A	
B	
C	
D	

Pilihan Alasan	Alasan
1	
2	
3	
4	

Keyakinan jawaban: 1 2 3 4 Keyakinan alasan: 1 2 3 4

Format Butir 6

Stimulus/konteks:

Pilihan	Jawaban
A	
B	
C	
D	

Pilihan Alasan	Alasan
1	
2	
3	
4	

Keyakinan jawaban: 1 2 3 4 Keyakinan alasan: 1 2 3 4

Format Butir 7

Stimulus/konteks:

Pilihan	Jawaban
A	
B	
C	
D	

Pilihan Alasan	Alasan
1	
2	
3	
4	

Keyakinan jawaban: 1 2 3 4 Keyakinan alasan: 1 2 3 4

Format Butir 8

Stimulus/konteks:

Pilihan	Jawaban
A	
B	
C	
D	

Pilihan Alasan	Alasan
1	
2	
3	
4	

Keyakinan jawaban: 1 2 3 4 Keyakinan alasan: 1 2 3 4

Format Butir 9

Stimulus/konteks:

Pilihan	Jawaban
A	
B	
C	
D	

Pilihan Alasan	Alasan
1	
2	
3	
4	

Keyakinan jawaban: 1 2 3 4 Keyakinan alasan: 1 2 3 4

Format Butir 10

Stimulus/konteks:

Pilihan	Jawaban
A	
B	
C	
D	

Pilihan Alasan	Alasan
1	
2	
3	
4	

Keyakinan jawaban: 1 2 3 4 Keyakinan alasan: 1 2 3 4

LAMPIRAN C - RUBRIK ANALISIS RESPONS

Skor/Kategori	Deskripsi
4 - Pemahaman utuh	Jawaban dan alasan ilmiah benar; representasi konsisten; dapat menyebut asumsi dan transfer.
3 - Pemahaman sebagian	Konsep utama benar tetapi ada ketidaklengkapan atau satu representasi belum konsisten.
2 - Campuran	Konsep ilmiah dan miskonsepsi hidup berdampingan; respons berubah menurut konteks.
1 - Miskonsepsi kuat	Alasan alternatif konsisten, keyakinan tinggi, dan bertahan lintas representasi.
0 - Tidak cukup bukti	Tidak menjawab, menebak, atau data tidak cukup untuk interpretasi.

Protokol Wawancara Klinis

1. Ceritakan bagaimana Anda memperoleh jawaban tersebut.
2. Apa arti setiap simbol atau besaran yang Anda gunakan?
3. Dapatkah Anda menggambarkan apa yang terjadi pada tingkat partikel?
4. Bukti apa yang mendukung penjelasan Anda?
5. Apakah jawaban berubah jika kondisi atau konsentrasi diubah?
6. Adakah keadaan ketika aturan Anda tidak berlaku?
7. Seberapa yakin Anda, dan apa yang dapat mengubah keyakinan itu?

GLOSARIUM

Istilah	Makna
Aktivitas	Konsentrasi efektif suatu spesies dalam sistem nonideal.
Anode	Elektrode tempat berlangsungnya oksidasi.
Aromatisitas	Stabilisasi sistem siklik planar terkonjugasi dengan jumlah elektron π tertentu.
Dispersitas	Rasio M_w terhadap M_n pada distribusi massa molar polimer.
Faktor van t Hoff	Perbandingan jumlah partikel efektif terhadap unit formula terlarut.
Isomer	Senyawa dengan rumus molekul sama tetapi konektivitas atau susunan ruang berbeda.
Katode	Elektrode tempat berlangsungnya reduksi.
Keseimbangan dinamis	Keadaan ketika proses maju dan balik tetap berlangsung dengan laju sama.
Miskonsepsi	Konsepsi alternatif yang tidak sesuai pengetahuan ilmiah dan dipertahankan secara relatif konsisten.
Molalitas	Mol zat terlarut per kilogram pelarut.
Molaritas	Mol zat terlarut per liter larutan.
Osmosis	Perpindahan bersih pelarut melalui membran semipermeabel akibat perbedaan potensial kimia.

GLOSARIUM (lanjutan)

Istilah	Makna
Potensial sel	Beda potensial elektrokimia antara dua elektrode.
Resonansi	Cara merepresentasikan delokalisasi elektron dengan beberapa struktur kontribuen.
Spesiasi	Distribusi suatu unsur di antara berbagai bentuk kimia.
Termoplastik	Polimer yang dapat melunak atau meleleh secara reversibel dalam batas sebelum degradasi.
Termoset	Polimer jaringan yang tidak mengalir sebagai lelehan biasa saat dipanaskan.
Transfer konsep	Kemampuan menggunakan konsep pada konteks yang berbeda dari pembelajaran awal.

DAFTAR PUSTAKA PILIHAN

1. Atkins, P., de Paula, J., & Keeler, J. Atkins' Physical Chemistry. Oxford University Press.
2. Brown, T. L., LeMay, H. E., Bursten, B. E., Murphy, C., & Woodward, P. Chemistry: The Central Science. Pearson.
3. Chang, R., & Goldsby, K. Chemistry. McGraw-Hill.
4. Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. Making Sense of Secondary Science. Routledge.
5. Duit, R., & Treagust, D. F. Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning.
6. Flory, P. J. Principles of Polymer Chemistry. Cornell University Press.
7. Gabel, D. The complexity of chemistry and implications for teaching.
8. IUPAC. Compendium of Chemical Terminology (the Gold Book).
9. Johnstone, A. H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem.
10. McMurry, J. Organic Chemistry. Cengage Learning.
11. Nelson, D. L., & Cox, M. M. Lehninger Principles of Biochemistry. W. H. Freeman.
12. Odian, G. Principles of Polymerization. Wiley.
13. Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change.
14. Silberberg, M. S. Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change. McGraw-Hill.
15. Taber, K. S. Chemical Misconceptions: Prevention, Diagnosis and Cure. Royal Society of Chemistry.
16. Treagust, D. F. Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science.
17. Zumdahl, S. S., & Zumdahl, S. A. Chemistry. Cengage Learning.

Catatan verifikasi

Sebelum penerbitan resmi, lengkapi edisi, tahun, volume, nomor, halaman, DOI, dan URL resmi sesuai sumber yang benar-benar digunakan.

TENTANG PENULIS

KASMUI adalah dosen kimia komputasi, pendidik, programmer, dan praktisi ilmu falak. Minat pengembangannya meliputi pembelajaran kimia, diagnosis miskonsepsi, integrasi teknologi dan kecerdasan artifisial dalam pendidikan, kimia komputasi, serta pengembangan perangkat lunak ilmiah.

Buku ini disusun sebagai bagian dari upaya menyediakan rujukan yang sistematis bagi guru, mahasiswa, dosen, dan peneliti pendidikan kimia untuk mengenali, mendiagnosis, dan meremediasi miskonsepsi konsep kimia SMA.

- 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
---------------------------	---	--	------------------------