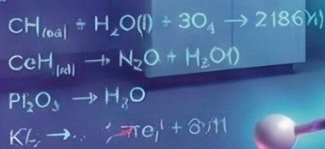


# MEDIA PEMBELAJARAN KIMIA

Rekayasa & Desain Kontemporer  
Perspektif Pedagogi, Teknologi, dan Representasi Multipel



KASMUI

# MEDIA PEMBELAJARAN KIMIA

**Rekayasa & Desain Kontemporer**  
Perspektif Pedagogi, Teknologi, dan Representasi Multipel



# KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ، عَلَّمَ الْإِنْسَانَ مَا لَمْ يَعْلَمْ. وَالصَّلَاةُ وَالسَّلَامُ عَلَى نَبِيِّنَا مُحَمَّدٍ الَّذِي بَعَثَهُ اللَّهُ مُعَلِّمًا وَمُبَيِّنًا، وَعَلَى آلِهِ وَصَحْبِهِ أَجْمَعِينَ

Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan Semesta Alam, yang telah mengajarkan manusia dengan perantaraan qalam (pena/media), dan mengajarkan manusia apa yang tidak diketahuinya (QS. Al-Alaq: 4-5). Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, sang pendidik agung yang mengajarkan kita untuk menyampaikan ilmu dengan cara yang paling hikmah dan sesuai dengan kadar akal penerimanya.

Buku referensi berjudul "**Rekayasa & Desain Media Pembelajaran Kimia Kontemporer: Perspektif Pedagogi, Teknologi, dan Representasi Multipel**" ini hadir sebagai respon akademis terhadap urgensi transformasi pendidikan sains di era digital. Dalam satu dekade terakhir, kita menyaksikan pergeseran tektonik dalam lanskap instruksional, di mana teknologi bukan lagi sekadar alat bantu (*peripheral*), melainkan telah menjadi ekosistem utama (*environment*) dalam konstruksi pengetahuan.

## Urgensi dan Gap Riset

Kimia, sebagai disiplin ilmu, memiliki tantangan epistemologis yang unik. Ia menuntut peserta didik untuk bernavigasi secara simultan di antara tiga level representasi: makroskopik (fenomena terlihat), submikroskopik (partikel tak kasat mata), dan simbolik (persamaan dan matematika). Kegagalan dalam menjembatani ketiga level ini sering kali bermuara pada miskonsepsi yang persisten. Literatur yang ada saat ini sering kali terpolarisasi; di satu sisi terlalu teknis membahas cara penggunaan perangkat lunak (*software tutorials*), atau di sisi lain terlalu teoritis tanpa panduan implementasi praktis.

Masih terdapat celah (*gap*) yang signifikan dalam literatur akademik mengenai bagaimana **teori beban kognitif** (*Cognitive Load Theory*) dan model desain instruksional sistematis seperti **ASSURE** diintegrasikan secara spesifik ke dalam morfologi materi kimia. Buku ini dirancang untuk mengisi kekosongan tersebut dengan menyajikan pendekatan yang tidak hanya "canggih" secara teknologi, tetapi juga "kokoh" secara pedagogis.

## Kebaruan (Novelty) dan Pendekatan Buku

Novelty utama dari karya ini terletak pada sintesis mendalam antara kerangka kerja **TPACK** (*Technological Pedagogical Content Knowledge*) dengan tren teknologi imersif terkini seperti *Augmented Reality* (AR), *Virtual Reality* (VR), dan *Artificial Intelligence* (AI). Kami tidak hanya

mengajak pembaca untuk "menggunakan" media, tetapi untuk "merekayasa" media berdasarkan analisis karakteristik peserta didik dan standar kurikulum yang ketat.

Buku ini mengadopsi struktur yang sistematis, dimulai dari fundamen filosofis, berlanjut ke strategi desain visual, hingga eksplorasi teknologi mutakhir. Kami mengadaptasi model ASSURE (*Analyze learners, State standards, Select strategies, Utilize resources, Require participation, Evaluate*) sebagai tulang punggung prosedural dalam setiap bab pengembangan media. Hal ini bertujuan agar setiap media yang dihasilkan oleh guru, dosen, maupun perancang kurikulum memiliki validitas akademik dan efektivitas empiris.

## **Harapan dan Kontribusi**

Penyusunan buku ini tidak lepas dari analisis mendalam terhadap Rencana Pembelajaran Semester (RPS) mata kuliah Media Pembelajaran Kimia, yang menekankan pada kemampuan mahasiswa untuk tidak hanya memilih, tetapi juga mendesain, memproduksi, dan mengevaluasi media. Kami berharap buku ini dapat menjadi referensi otoritatif bagi para pendidik kimia, peneliti pendidikan sains, dan pengembang teknologi pendidikan dalam menciptakan pengalaman belajar yang bermakna, mendalam, dan memfasilitasi pemahaman konsep kimia yang kompleks.

Semoga karya ini dicatat sebagai amal jariyah yang bermanfaat bagi kemajuan peradaban ilmu pengetahuan.

*Wallahu a'lam bish-shawab.*

## **Penulis**

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	3
<b>Urgensi dan Gap Riset</b> .....	3
<b>Kebaruan (Novelty) dan Pendekatan Buku</b> .....	3
<b>Harapan dan Kontribusi</b> .....	4
<b>BAB 1: FUNDAMEN FILOSOFIS DAN PSIKOLOGIS MEDIA DALAM PENDIDIKAN KIMIA</b> .....	17
<b>1.1. Epistemologi Media dalam Konstruksi Pengetahuan Kimia</b> .....	17
1.1.1. Pergeseran Paradigma: Dari <i>Teacher-Centered</i> ke <i>Student-Centered Media</i> .....	17
1.1.2. Peran Media dalam Menjembatani Abstraksi Konsep Kimia.....	18
1.1.3. Media sebagai <i>Cognitive Tools</i> (Alat Kognitif) .....	18
1.1.4. Taksonomi Media Pembelajaran: Klasifikasi Klasik hingga Digital.....	18
1.1.5. Tantangan Miskonsepsi Kimia dan Solusi Melalui Intervensi Media .....	19
Integrasi Dalil Syar'i: Pengetahuan dan Alat (Media) .....	19
Referensi Terpilih Bab 1.1 .....	19
<b>1.2. Segitiga Johnstone: Integrasi Tiga Level Representasi Kimia</b> .....	20
1.2.1. Level Makroskopik: Fenomena Sensori dan Observasi Nyata .....	20
1.2.2. Level Submikroskopik: Visualisasi Partikel Tak Kasat Mata .....	20
1.2.3. Level Simbolik: Bahasa Kimia, Persamaan, dan Stoikiometri .....	21
1.2.4. <i>Interplay</i> (Keterhubungan) Antar Level Melalui Media Visual.....	21
1.2.5. Studi Kasus: Kegagalan Pembelajaran Akibat Fragmentasi Level Representasi .....	21
Integrasi Dalil Syar'i: Alam Syahadah dan Alam Ghaib .....	22
Referensi Terpilih Bab 1.2 .....	22
<b>1.3. Teori Kognitif dan Beban Memori dalam Desain Multimedia</b> .....	22
1.3.1. <i>Cognitive Load Theory</i> (Sweller): Implikasi bagi Desain Slide dan Video.....	23
1.3.2. <i>Dual Coding Theory</i> (Paivio): Sinergi Kanal Verbal dan Visual .....	23
1.3.3. Prinsip Koherensi, Redundansi, dan Kontiguitas .....	24
1.3.4. <i>Split-Attention Effect</i> : Menghindari Pemisahan Label dan Struktur.....	24
1.3.5. Mengelola <i>Germane Load</i> untuk Pemahaman Konsep .....	24
Integrasi Dalil Syar'i: Kapasitas dan Keterbatasan Manusia .....	25
Referensi Terpilih Bab 1.3 .....	25
<b>1.4. Kerangka Kerja TPACK dalam Pengembangan Media Kimia</b> .....	25
1.4.1. Definisi TPACK ( <i>Technological Pedagogical Content Knowledge</i> ) .....	26

1.4.2. Pengetahuan Konten (CK): Karakteristik Unik Materi Kimia.....	26
1.4.3. Pengetahuan Pedagogi (PK): Strategi Inkuiri dan Pemecahan Masalah.....	26
1.4.4. Pengetahuan Teknologi (TK): Pemilihan Alat yang Tepat Guna .....	27
1.4.5. Sintesis TPACK: Studi Kasus Pengembangan Media Laju Reaksi.....	27
Integrasi Dalil Syar'i: Hikmah sebagai Integrasi Ilmu .....	28
Referensi Terpilih Bab 1.4 .....	28
<b>1.5. Literasi Media dan Digital bagi Pendidik Kimia Abad 21 .....</b>	<b>28</b>
1.5.1. Definisi Literasi Baru: Data, Teknologi, dan Manusia .....	29
1.5.2. Etika Hak Cipta ( <i>Copyright</i> ) dan <i>Fair Use</i> dalam Sumber Belajar Kimia.....	29
1.5.3. Evaluasi Kritis Sumber Informasi Kimia di Internet (Hoaks Sains) .....	29
1.5.4. Kompetensi Global: Konektivitas dan Kolaborasi Lintas Batas .....	30
1.5.5. Profil Guru Kimia Digital: Adaptabilitas terhadap Perubahan Teknologi.....	30
Integrasi Dalil Syar'i: Tabayyun dalam Menerima Informasi .....	30
Referensi Terpilih Bab 1.5 .....	31
<b>BAB 2: DESAIN INSTRUKSIONAL SISTEMATIS (MODEL ASSURE &amp; ADDIE) .....</b>	<b>32</b>
<b>2.1. Analisis Karakteristik Peserta Didik (<i>Analyze Learners</i>) .....</b>	<b>32</b>
2.1.1. Identifikasi Gaya Belajar Visual-Spasial dalam Kimia.....	32
2.1.2. Kompetensi Awal ( <i>Entry Behaviors</i> ) dan Pengetahuan Prasyarat .....	32
2.1.3. Analisis Kebutuhan Belajar Gen Z dan Alpha .....	33
2.1.4. Faktor Demografis dan Sosio-Ekonomi dalam Akses Media.....	33
2.1.5. Pemetaan Miskonsepsi Awal Sebelum Pengembangan Media .....	33
Integrasi Dalil Syar'i: Keunikan Potensi Individu ( <i>Syakilah</i> ) .....	33
<b>2.2. Merumuskan Tujuan Pembelajaran (<i>State Standards &amp; Objectives</i>).....</b>	<b>34</b>
2.2.1. Integrasi Kurikulum Nasional dan Standar Literasi Sains Global .....	34
2.2.2. Formulasi Tujuan ABCD ( <i>Audience, Behavior, Condition, Degree</i> ) .....	34
2.2.3. Menyelaraskan Media dengan Taksonomi Bloom Digital .....	35
2.2.4. Tujuan Afektif: Membangun Sikap Ilmiah Melalui Media .....	35
2.2.5. Tujuan Psikomotorik: Keterampilan Lab Virtual dan Nyata.....	35
Integrasi Dalil Syar'i: Niat dan Tujuan ( <i>An-Niyyah</i> ) .....	35
<b>2.3. Seleksi Strategi, Teknologi, dan Media (<i>Select Strategies</i>).....</b>	<b>36</b>
2.3.1. Kriteria Seleksi Media: Matriks SECTIONS (Bates) .....	36
2.3.2. Memilih Strategi: Ekspositori vs <i>Discovery Learning</i> Berbantuan Media .....	36
2.3.3. Kurasi Sumber Belajar Terbuka ( <i>OER - Open Educational Resources</i> ) .....	37

2.3.4. Adaptasi Materi yang Ada vs Produksi Baru .....	37
2.3.5. Rubrik Seleksi Perangkat Lunak Kimia (Aplikasi & Simulasi) .....	37
Integrasi Dalil Syar'i: Memilih yang Terbaik ( <i>Ahsanu Amala</i> ) .....	37
<b>2.4. Pemanfaatan dan Partisipasi Pembelajar (<i>Utilize &amp; Require Participation</i>)</b> .....	38
2.4.1. Protokol 5P dalam Pemanfaatan Media .....	38
2.4.2. Desain Aktivitas Interaktif: Dari Pasif ke Aktif.....	38
2.4.3. <i>Scaffolding</i> Kognitif Menggunakan Media Bertahap .....	39
2.4.4. Manajemen Kelas dalam Lingkungan Berbasis Teknologi .....	39
2.4.5. Strategi "Flipped Classroom" Menggunakan Video Pembelajaran.....	39
Integrasi Dalil Syar'i: Persiapan Maksimal ( <i>I'dad</i> ) .....	39
<b>2.5. Evaluasi dan Revisi (<i>Evaluate and Revise</i>)</b> .....	40
2.5.1. Evaluasi Formatif: Uji Coba Alpha dan Beta.....	40
2.5.2. Evaluasi Sumatif: Mengukur Dampak terhadap Hasil Belajar.....	40
2.5.3. Analisis Umpan Balik Siswa dan Rekan Sejawat .....	40
2.5.4. Siklus Revisi Berkelanjutan (Iteratif) .....	41
2.5.5. Studi Kasus: Revisi Modul Kimia Berdasarkan Data Analitik.....	41
Integrasi Dalil Syar'i: Muhasabah dan Perbaikan Diri .....	41
Referensi Terpilih Bab 2 .....	42
<b>BAB 3: MEDIA VISUAL DAN GRAFIS DALAM REPRESENTASI KIMIA</b> .....	43
<b>3.1. Prinsip Desain Visual untuk Materi Sains</b> .....	43
3.1.1. Elemen Desain: Garis, Bentuk, Tekstur, dan Ruang Negatif .....	43
3.1.2. Psikologi Warna dalam Pembedaan Atom dan Molekul (CPK Coloring) .....	43
3.1.3. Tipografi: Keterbacaan Simbol dan Rumus Kimia .....	43
3.1.4. <i>Layout</i> dan Komposisi: Hukum <i>Rule of Thirds</i> dalam Infografis.....	44
3.1.5. Konsistensi Visual dalam Satu Set Materi Ajar .....	44
Integrasi Dalil Syar'i: Keindahan dan Proporsi ( <i>Al-Musawwir</i> ) .....	44
<b>3.2. Fotografi Makroskopik dan Mikrografi</b> .....	45
3.2.1. Teknik Fotografi Makro untuk Reaksi Kimia .....	45
3.2.2. Pemanfaatan Mikroskop Elektron (SEM/TEM) dalam Media Pembelajaran.....	45
3.2.3. Fotografi <i>High-Speed</i> untuk Menangkap Kinetika Reaksi Cepat.....	45
3.2.4. Etika Manipulasi Digital dalam Dokumentasi Sains .....	45
3.2.5. Proyek Siswa: Fotografi Kimia dalam Kehidupan Sehari-hari .....	46
<b>3.3. Infografis dan Poster Ilmiah</b> .....	46

3.3.1. Transformasi Data Kuantitatif Menjadi Narasi Visual .....	46
3.3.2. Desain Tabel Periodik Interaktif dan Tematik .....	46
3.3.3. Visualisasi Alur Proses Industri Kimia ( <i>Flowchart</i> ) .....	46
3.3.4. Poster Akademik: Menyederhanakan Riset Kompleks .....	46
3.3.5. <i>Tools</i> Desain Grafis untuk Guru .....	47
<b>3.4. Komik dan Narasi Visual Kimia .....</b>	<b>47</b>
3.4.1. <i>Storytelling</i> dalam Sains: Mengapa Narasi Penting? .....	47
3.4.2. Personifikasi Unsur Kimia: Analisis Manfaat dan Risiko Miskonsepsi .....	47
3.4.3. Struktur Narasi Komik untuk Menjelaskan Mekanisme Reaksi .....	47
3.4.4. Pengembangan Karakter Tokoh Ilmuwan Kimia Sejarah .....	47
3.4.5. Studi Kasus: Adaptasi Manga/Webtoon untuk Materi Ikatan Kimia .....	47
<b>3.5. Diagram dan Skematik Molekuler .....</b>	<b>48</b>
3.5.1. Konvensi Internasional Penggambaran Struktur (IUPAC) .....	48
3.5.2. Representasi 2D vs Pseudo-3D .....	48
3.5.3. Diagram Energi dan Kurva Reaksi .....	48
3.5.4. Kesalahan Umum dalam Menggambar Struktur Lewis dan VSEPR .....	48
3.5.5. Aplikasi Penggambar Struktur ( <i>ChemDraw, KingDraw, ChemSketch</i> ) .....	48
Integrasi Dalil Syar'i: Keteraturan dalam Penciptaan ( <i>Al-Qadr</i> ) .....	49
<b>BAB 4: MEDIA TIGA DIMENSI (3D) DAN REALIA (BENDA NYATA) .....</b>	<b>50</b>
<b>4.1. Pemanfaatan Realia dan Objek Nyata .....</b>	<b>50</b>
4.1.1. <i>Chemistry in Context</i> : Membawa Sampel Industri ke Kelas .....	50
4.1.2. Koleksi Mineral dan Bijih Logam sebagai Media Unsur .....	50
4.1.3. Pemanfaatan Limbah dan Bahan Rumah Tangga untuk Eksperimen .....	50
4.1.4. <i>Safety First</i> : Penanganan Media Benda Asli Berbahaya .....	51
4.1.5. Manajemen Penyimpanan dan Perawatan Realia .....	51
<b>4.2. Model Molekul Fisik (Molymod &amp; Kit Kristal) .....</b>	<b>51</b>
4.2.1. Peran Haptic (Sentuhan) dalam Memahami Geometri Molekul .....	51
4.2.2. Keterbatasan Model Bola-Tongkat vs Model Pengisi Ruang ( <i>Space Filling</i> ) .....	51
4.2.3. Membangun Model Kristal Kisi dan Sel Satuan .....	51
4.2.4. Inovasi Model Murah dari Bahan Daur Ulang ( <i>Low-Cost Media</i> ) .....	52
4.2.5. Aktivitas Kinestetik Menggunakan Model Fisik Isomer .....	52
<b>4.3. Teknologi Cetak 3D (3D Printing) dalam Kimia .....</b>	<b>52</b>
4.3.1. Pengantar Laboratorium Fabrikasi Digital .....	52

4.3.2. Desain CAD untuk Orbital Atom dan Hibridisasi .....	52
4.3.3. Mencetak Struktur Biomolekul Kompleks (Protein/DNA) .....	52
4.3.4. Visualisasi Permukaan Potensial Elektrostatis secara Fisik .....	52
4.3.5. Tantangan Biaya dan Aksesibilitas 3D Printing di Sekolah.....	53
<b>4.4. Alat Peraga Praktikum Improvisasi .....</b>	<b>53</b>
4.4.1. Filosofi <i>Microscale Chemistry</i> : Efisiensi dan Ekologi.....	53
4.4.2. Desain Alat Destilasi dan Elektrolisis Sederhana .....	53
4.4.3. Pengembangan Kit Praktikum <i>Portable (Lab in a Box)</i> .....	53
4.4.4. Validasi Akurasi Alat Peraga Buatan Sendiri .....	53
4.4.5. Proyek STEM: Siswa Mendesain Alat Ukur Kimia .....	53
<b>4.5. Lingkungan Belajar Diorama dan Pameran .....</b>	<b>54</b>
4.5.1. Desain Diorama Siklus Biogeokimia (Karbon, Nitrogen).....	54
4.5.2. Pameran Kimia Interaktif ( <i>Science Fair Booth</i> ) .....	54
4.5.3. Museum Kimia Virtual dan Fisik.....	54
4.5.4. <i>Gamification</i> dalam Eksplorasi Alat Peraga Fisik .....	54
4.5.5. Integrasi QR Code pada Media 3D untuk Informasi Tambahan .....	54
Integrasi Dalil Syar'i: Merenungi Ciptaan ( <i>Tafakkur</i> ) .....	54
<b>BAB 5: PENGEMBANGAN VIDEO DAN AUDIO PEMBELAJARAN.....</b>	<b>56</b>
<b>5.1. Skenario dan <i>Storyboard</i> Video Kimia.....</b>	<b>56</b>
5.1.1. Menulis Naskah: Menyeimbangkan Akurasi Ilmiah dan Bahasa Populer .....	56
5.1.2. Teknik <i>Storyboarding</i> : Visualisasi <i>Shot</i> demi <i>Shot</i> .....	56
5.1.3. Jenis Video: <i>Talking Head</i> , Demonstrasi, vs Animasi.....	56
5.1.4. Durasi Ideal dan Segmentasi Konten ( <i>Micro-learning</i> ) .....	57
5.1.5. Mengintegrasikan Pertanyaan Pemantik dalam Video.....	57
<b>5.2. Teknik Produksi Video Demonstrasi Laboratorium .....</b>	<b>57</b>
5.2.1. Pencahayaan dan Sudut Kamera untuk Reaksi Tabung Reaksi.....	57
5.2.2. Teknik <i>Close-Up</i> dan <i>Macro Videography</i> .....	57
5.2.3. <i>Safety Protocol</i> dalam Perekaman Eksperimen Berbahaya.....	57
5.2.4. Perekaman <i>Time-Lapse</i> untuk Reaksi Lambat (Kristalisasi).....	58
5.2.5. Perekaman <i>Slow-Motion</i> untuk Reaksi Eksplosif/Cepat .....	58
<b>5.3. <i>Screen-casting</i> dan Tutorial Digital.....</b>	<b>58</b>
5.3.1. Aplikasi Perekam Layar ( <i>OBS, Camtasia</i> ) untuk Penjelasan Simbolik.....	58
5.3.2. Penggunaan Pen Tablet untuk Menulis Persamaan Kimia Real-time.....	58

5.3.3. Anotasi Digital: Memberi <i>Highlight</i> pada Bagian Penting.....	58
5.3.4. Menggabungkan Wajah Pengajar dan Materi ( <i>Picture-in-Picture</i> ).....	58
5.3.5. <i>Editing</i> Dasar: <i>Cutting</i> , Transisi, dan Sinkronisasi Suara .....	59
<b>5.4. Podcast dan Media Audio dalam Kimia.....</b>	<b>59</b>
5.4.1. Potensi Audio untuk Pembelajaran Auditori dalam Sains .....	59
5.4.2. Seri Podcast Sejarah Penemuan Unsur dan Tokoh Kimia .....	59
5.4.3. Audio-Guide untuk Prosedur Keselamatan Laboratorium.....	59
5.4.4. Wawancara Pakar dan <i>Talkshow</i> Isu Kimia Lingkungan .....	59
5.4.5. Distribusi Konten Audio Melalui Platform <i>Streaming</i> .....	59
<b>5.5. Animasi dan <i>Motion Graphics</i>.....</b>	<b>60</b>
5.5.1. Menjelaskan Mekanisme Reaksi Organik dengan Animasi Pergerakan Elektron.....	60
5.5.2. Visualisasi Teori Tumbukan dan Kinetika Gas.....	60
5.5.3. Perbedaan Animasi 2D dan 3D dalam Konteks Kimia.....	60
5.5.4. Software Animasi Sederhana untuk Guru ( <i>PowerPoint Morph, Vyond</i> ).....	60
5.5.5. Kognisi dan Persepsi Gerak: Menghindari Animasi yang Membingungkan.....	60
Integrasi Dalil Syar'i: Pendengaran dan Penglihatan sebagai Pintu Ilmu.....	60
<b>BAB 6: KOMPUTASI, PERANGKAT LUNAK, DAN APLIKASI <i>MOBILE</i> .....</b>	<b>62</b>
<b>6.1. Perangkat Lunak Visualisasi Molekuler .....</b>	<b>62</b>
6.1.1. Pengantar <i>Cheminformatics</i> untuk Pendidikan .....	62
6.1.2. Menggunakan Avogadro dan Jmol untuk Struktur 3D .....	62
6.1.3. Visualisasi Orbital Molekul dan Densitas Elektron.....	62
6.1.4. <i>Docking</i> Molekuler Sederhana untuk Pembelajaran Biokimia .....	63
6.1.5. Integrasi Visualisasi Komputasi dalam Lembar Kerja Siswa (LKS).....	63
<b>6.2. Simulasi Interaktif dan Laboratorium Virtual .....</b>	<b>63</b>
6.2.1. PhET Simulation: Desain, Fitur, dan Strategi Penggunaan.....	63
6.2.2. Mengatasi Keterbatasan Biaya Bahan Kimia dengan Lab Virtual .....	63
6.2.3. Simulasi Titrasi Asam-Basa: Akurasi vs Idealitas .....	63
6.2.4. <i>Role-Playing</i> dalam Simulasi Industri Kimia .....	64
6.2.5. Kritik terhadap Lab Virtual: Hilangnya Aspek Keterampilan Tangan .....	64
<b>6.3. <i>Mobile Learning</i> (M-Learning) dan Apps.....</b>	<b>64</b>
6.3.1. Tren <i>Bring Your Own Device</i> (BYOD) di Kelas Kimia.....	64
6.3.2. Review Aplikasi Tabel Periodik dan Kalkulator Massa Molar .....	64
6.3.3. Aplikasi Pemindai Reaksi dan Penyelesaian Soal (AI-based) .....	64

6.3.4. Desain Aktivitas Pembelajaran Berbasis Lokasi (GPS) .....	64
6.3.5. Tantangan Distraksi Gawai dalam Pembelajaran .....	65
<b>6.4. Pemrograman Dasar untuk Pembelajaran Kimia .....</b>	<b>65</b>
6.4.1. Pengantar <i>Coding</i> sebagai Literasi Baru Sains .....	65
6.4.2. Menggunakan Python untuk Plot Data Laju Reaksi .....	65
6.4.3. Visualisasi Data Kimia Menggunakan Library Matplotlib.....	65
6.4.4. Proyek Sederhana: Membuat Kalkulator pH .....	65
6.4.5. Integrasi <i>Computational Thinking</i> dalam Kurikulum Kimia.....	65
<b>6.5. Gamification dan Game-Based Learning.....</b>	<b>66</b>
6.5.1. Mekanika Game: Poin, Lencana, dan Papan Peringkat.....	66
6.5.2. Review Game Edukasi Kimia ( <i>Minecraft Chemistry</i> ).....	66
6.5.3. Mengembangkan <i>Card Game</i> Kimia (Sistem Koloid/Tata Nama).....	66
6.5.4. <i>Escape Room</i> Digital bertema Laboratorium Kimia .....	66
6.5.5. Efektivitas Gamifikasi terhadap Motivasi Intrinsik Siswa.....	66
Integrasi Dalil Syar'i: Perhitungan yang Teliti ( <i>Al-Hisab</i> ).....	66
<b>BAB 6: KOMPUTASI, PERANGKAT LUNAK, DAN APLIKASI MOBILE .....</b>	<b>68</b>
<b>6.1. Perangkat Lunak Visualisasi Molekuler .....</b>	<b>68</b>
6.1.1. Pengantar <i>Cheminformatics</i> untuk Pendidikan .....	68
6.1.2. Menggunakan Avogadro dan Jmol untuk Struktur 3D .....	68
6.1.3. Visualisasi Orbital Molekul dan Densitas Elektron.....	68
6.1.4. <i>Docking</i> Molekuler Sederhana untuk Pembelajaran Biokimia .....	69
6.1.5. Integrasi Visualisasi Komputasi dalam Lembar Kerja Siswa (LKS).....	69
<b>6.2. Simulasi Interaktif dan Laboratorium Virtual .....</b>	<b>69</b>
6.2.1. PhET Simulation: Desain, Fitur, dan Strategi Penggunaan.....	69
6.2.2. Mengatasi Keterbatasan Biaya Bahan Kimia dengan Lab Virtual .....	69
6.2.3. Simulasi Titrasi Asam-Basa: Akurasi vs Idealitas.....	69
6.2.4. <i>Role-Playing</i> dalam Simulasi Industri Kimia .....	70
6.2.5. Kritik terhadap Lab Virtual: Hilangnya Aspek Keterampilan Tangan .....	70
<b>6.3. Mobile Learning (M-Learning) dan Apps.....</b>	<b>70</b>
6.3.1. Tren <i>Bring Your Own Device</i> (BYOD) di Kelas Kimia .....	70
6.3.2. Review Aplikasi Tabel Periodik dan Kalkulator Massa Molar .....	70
6.3.3. Aplikasi Pemindai Reaksi dan Penyelesaian Soal (AI-based) .....	70
6.3.4. Desain Aktivitas Pembelajaran Berbasis Lokasi (GPS) .....	70

6.3.5. Tantangan Distraksi Gawai dalam Pembelajaran .....	71
<b>6.4. Pemrograman Dasar untuk Pembelajaran Kimia</b> .....	71
6.4.1. Pengantar <i>Coding</i> sebagai Literasi Baru Sains .....	71
6.4.2. Menggunakan Python untuk Plot Data Laju Reaksi .....	71
6.4.3. Visualisasi Data Kimia Menggunakan Library Matplotlib.....	71
6.4.4. Proyek Sederhana: Membuat Kalkulator pH .....	71
6.4.5. Integrasi <i>Computational Thinking</i> dalam Kurikulum Kimia.....	71
<b>6.5. Gamification dan Game-Based Learning</b> .....	72
6.5.1. Mekanika Game: Poin, Lencana, dan Papan Peringkat.....	72
6.5.2. Review Game Edukasi Kimia ( <i>Minecraft Chemistry</i> ).....	72
6.5.3. Mengembangkan <i>Card Game</i> Kimia (Sistem Koloid/Tata Nama).....	72
6.5.4. <i>Escape Room</i> Digital bertema Laboratorium Kimia .....	72
6.5.5. Efektivitas Gamifikasi terhadap Motivasi Intrinsik Siswa.....	72
Integrasi Dalil Syar'i: Perhitungan yang Teliti ( <i>Al-Hisab</i> ).....	72
<b>BAB 7: TEKNOLOGI IMMERSIF (AR, VR, DAN MR)</b> .....	74
<b>7.1. Augmented Reality (AR) dalam Buku Teks</b> .....	74
7.1.1. Konsep Dasar AR: Menggabungkan Dunia Nyata dan Virtual.....	74
7.1.2. <i>Marker-based</i> vs <i>Markerless</i> AR dalam Visualisasi Unsur .....	74
7.1.3. Kartu Unsur AR (4D Cards): Interaksi <i>Real-time</i> .....	74
7.1.4. Pengembangan Konten AR Sederhana Menggunakan Assemblr/Unity .....	75
7.1.5. Studi Efektivitas AR terhadap Kemampuan Spasial Siswa .....	75
<b>7.2. Virtual Reality (VR) untuk Eksplorasi Dunia Mikro</b> .....	75
7.2.1. Menjelajah "Dalam" Atom dengan <i>Headset</i> VR.....	75
7.2.2. <i>Immersive Lab</i> : Praktikum Keselamatan Tinggi di Dunia Maya .....	75
7.2.3. Google Expeditions: Tur Virtual ke Pabrik Industri Kimia .....	75
7.2.4. <i>Cybersickness</i> dan Isu Kesehatan dalam Penggunaan VR.....	76
7.2.5. VR Pasif (Video 360) vs VR Interaktif ( <i>Controller-based</i> ) .....	76
<b>7.3. Mixed Reality (MR) dan Hologram</b> .....	76
7.3.1. Masa Depan Ruang Kelas: Manipulasi Hologram Molekul .....	76
7.3.2. Kolaborasi Jarak Jauh dalam Lingkungan MR .....	76
7.3.3. Perangkat Keras: HoloLens dan Implikasinya dalam Pendidikan.....	76
7.3.4. Biaya vs Manfaat: Analisis Kelayakan Implementasi .....	77
7.3.5. Skenario Pembelajaran Bedah Struktur Material Maju .....	77

<b>7.4. Metaverse Pendidikan Kimia</b> .....	77
7.4.1. Definisi Metaverse dalam Konteks Akademik.....	77
7.4.2. Membangun Laboratorium Sekolah di Metaverse .....	77
7.4.3. Avatar dan Identitas Digital Siswa/Guru .....	77
7.4.4. Ekonomi Token dan Aset Digital Pembelajaran (NFTs Edukasi) .....	77
7.4.5. Etika dan Keamanan Siber di Dunia Virtual .....	78
<b>7.5. Integrasi Teknologi Immersif dengan Kurikulum</b> .....	78
7.5.1. Pemetaan KD (Kompetensi Dasar) yang Cocok untuk AR/VR.....	78
7.5.2. Desain RPP Berbasis Teknologi Immersif .....	78
7.5.3. Peran Guru sebagai Fasilitator dalam Lingkungan Virtual.....	78
7.5.4. Asesmen Kinerja dalam Simulasi VR .....	78
7.5.5. Hambatan Infrastruktur di Negara Berkembang .....	78
Integrasi Dalil Syar'i: Menyingkap Tabir ( <i>Kasyf</i> ).....	79
<b>BAB 8: INTERNET OF THINGS (IoT) DAN SMART LAB</b> .....	80
<b>8.1. Konsep Laboratorium Cerdas (<i>Smart Laboratory</i>)</b> .....	80
8.1.1. Revolusi Industri 4.0 dan Implikasinya pada Lab Sekolah.....	80
8.1.2. Sensor Terkoneksi: Suhu, pH, dan Kelembaban <i>Real-time</i> .....	80
8.1.3. Otomatisasi Pengumpulan Data Eksperimen .....	80
8.1.4. Manajemen Inventaris Bahan Kimia Berbasis RFID/QR Code.....	81
8.1.5. Keamanan Lab Terintegrasi IoT (Deteksi Kebocoran Gas) .....	81
<b>8.2. Mikrokontroler (Arduino/Raspberry Pi) dalam Pembelajaran</b> .....	81
8.2.1. Pengenalan Elektronika Dasar untuk Guru Kimia .....	81
8.2.2. Merakit Kolorimeter Digital Sederhana Berbasis Arduino .....	81
8.2.3. Membuat Alat Ukur Konduktivitas Larutan Otomatis .....	81
8.2.4. <i>Data Logging</i> : Merekam Kurva Titrasi secara Digital.....	82
8.2.5. Proyek STEAM: Integrasi Kimia, Teknik, dan <i>Coding</i> .....	82
<b>8.3. Remote Laboratory (Laboratorium Kendali Jarak Jauh)</b> .....	82
8.3.1. Konsep Eksperimen Kimia yang Dikendalikan via Web .....	82
8.3.2. Arsitektur Jaringan untuk <i>Remote Lab</i> .....	82
8.3.3. Studi Kasus: Titrasi Robotik yang Diakses dari Rumah.....	82
8.3.4. Keuntungan Aksesibilitas bagi Daerah Terpencil .....	82
8.3.5. Keterbatasan Umpan Balik Sensorik (Bau/Suara) pada <i>Remote Lab</i> .....	83
<b>8.4. Big Data dan Analitik Pembelajaran Kimia</b> .....	83

8.4.1. Memanfaatkan Data Perilaku Siswa di Platform Digital .....	83
8.4.2. <i>Learning Analytics</i> : Memprediksi Kesulitan Siswa dalam Stoikiometri .....	83
8.4.3. Personalisasi Materi Berdasarkan Data Performansi .....	83
8.4.4. Etika Privasi Data Siswa.....	83
8.4.5. Dasbor Guru: Visualisasi Kemajuan Kelas <i>Real-time</i> .....	83
<b>8.5. Integrasi <i>Wearable Technology</i></b> .....	84
8.5.1. Kacamata Pintar ( <i>Smart Glasses</i> ) untuk Panduan Praktikum .....	84
8.5.2. <i>Smartwatch</i> untuk Notifikasi Jadwal dan Tugas .....	84
8.5.3. Sensor Biometrik: Mengukur Stres Siswa saat Ujian Kimia .....	84
8.5.4. Potensi Masa Depan: Pakaian Pendeteksi Paparan Bahan Kimia.....	84
8.5.5. Kesiapan Infrastruktur Sekolah Menuju <i>Smart Classroom</i> .....	84
Integrasi Dalil Syar'i: Ilmu Allah yang Meliputi Segala Sesuatu ( <i>Al-Muhith</i> ).....	84
<b>BAB 9: PEMBELAJARAN JARAK JAUH DAN <i>HYBRID</i> (BLENDED LEARNING)</b> .....	86
<b>9.1. Desain <i>Blended Learning</i> Kimia</b> .....	86
9.1.1. Model Rotasi Stasiun vs <i>Flipped Classroom</i> .....	86
9.1.2. Sinkron vs Asinkron: Menentukan Porsi Materi yang Tepat.....	86
9.1.3. Mengelola Transisi Antara Tatap Muka dan <i>Online</i> .....	86
9.1.4. LMS ( <i>Learning Management System</i> ): Moodle, Google Classroom, Edmodo.....	87
9.1.5. Membangun Komunitas Belajar <i>Online</i> ( <i>Social Presence</i> ) .....	87
<b>9.2. Interaktivitas dalam Pembelajaran Daring</b> .....	87
9.2.1. Forum Diskusi: Mendorong Argumentasi Ilmiah Tertulis .....	87
9.2.2. Papan Tulis Kolaboratif (Jamboard/Padlet) untuk <i>Brainstorming</i> .....	87
9.2.3. Kuis Interaktif (Kahoot/Quizizz) sebagai Formatif Cepat .....	87
9.2.4. <i>Breakout Rooms</i> : Strategi Diskusi Kelompok Kecil Virtual.....	87
9.2.5. Webinar Kimia: Mengundang Pakar Tamu secara Virtual .....	88
<b>9.3. Praktikum di Masa Pandemi dan PJJ</b> .....	88
9.3.1. <i>Kitchen Chemistry</i> : Eksperimen Aman di Dapur Rumah .....	88
9.3.2. Paket Praktikum Rumah ( <i>Home Kits</i> ): Logistik dan Keamanan.....	88
9.3.3. Analisis Video Eksperimen sebagai Pengganti <i>Hands-on</i> .....	88
9.3.4. Kolaborasi Data: Siswa Berbagi Hasil Eksperimen Rumah.....	88
9.3.5. Evaluasi Keterampilan Proses Sains dalam <i>Setting</i> PJJ .....	88
<b>9.4. Web 2.0 dan Media Sosial dalam Pembelajaran</b> .....	89
9.4.1. Instagram/TikTok sebagai Media <i>Micro-blogging</i> Sains .....	89

9.4.2. YouTube Channel sebagai Portofolio Proyek Siswa .....	89
9.4.3. Wikipedia: Melatih Keterampilan Menulis dan Verifikasi Fakta .....	89
9.4.4. Grup Jejaring Sosial untuk Diskusi <i>Peer-to-Peer</i> .....	89
9.4.5. Manajemen Identitas Digital Profesional Guru .....	89
<b>9.5. Isu Kesenjangan Digital (<i>Digital Divide</i>)</b> .....	89
9.5.1. Peta Akses Internet dan Perangkat di Indonesia .....	89
9.5.2. Strategi <i>Low-Bandwidth</i> untuk Daerah 3T .....	90
9.5.3. Modul Cetak Terintegrasi QR Code sebagai Solusi Hibrida .....	90
9.5.4. Dukungan Psikososial dalam Pembelajaran Jarak Jauh .....	90
9.5.5. Kebijakan Sekolah dalam Pemerataan Akses Teknologi .....	90
Integrasi Dalil Syar'i: Kelapangan dalam Majelis Ilmu .....	90
<b>BAB 10: PENILAIAN DAN EVALUASI MEDIA PEMBELAJARAN</b> .....	92
<b>10.1. Validasi Kelayakan Media</b> .....	92
10.1.1. Aspek Validitas Isi: Kebenaran Konsep Kimia .....	92
10.1.2. Aspek Validitas Konstruk: Kesesuaian Pedagogis .....	92
10.1.3. Aspek Validitas Teknis: Kualitas Audio-Visual dan <i>Usability</i> .....	92
10.1.4. Instrumen Validasi Ahli Materi dan Ahli Media .....	93
10.1.5. Menghitung Reliabilitas Instrumen Penilaian ( <i>Inter-rater</i> ) .....	93
<b>10.2. Uji Coba Lapangan dan Kepraktisan</b> .....	93
10.2.1. Uji Coba Perorangan ( <i>One-to-One</i> ) .....	93
10.2.2. Uji Coba Kelompok Kecil ( <i>Small Group</i> ) .....	93
10.2.3. Uji Coba Lapangan Luas ( <i>Field Test</i> ) .....	93
10.2.4. Mengukur Efisiensi Waktu dan Biaya .....	93
10.2.5. Analisis Respon Pengguna ( <i>User Experience/UX Research</i> ) .....	93
<b>10.3. Mengukur Efektivitas Media terhadap Hasil Belajar</b> .....	94
10.3.1. Desain Eksperimen: <i>Pre-test</i> dan <i>Post-test Control Group</i> .....	94
10.3.2. Menghitung <i>N-Gain</i> untuk Peningkatan Pemahaman Konsep .....	94
10.3.3. Asesmen Diagnostik Miskonsepsi ( <i>Three-tier Test</i> ) Berbasis Komputer .....	94
10.3.4. Penilaian Proyek dan Portofolio Digital ( <i>e-Portfolio</i> ) .....	95
10.3.5. Korelasi Antara Interaktivitas Media dan Retensi Memori .....	95
<b>10.4. Publikasi dan Diseminasi Karya Media</b> .....	95
10.4.1. Menulis Artikel Jurnal Pengembangan (R&D) .....	95
10.4.2. Hak Kekayaan Intelektual (HAKI) untuk Produk Media Ajar .....	95

10.4.3. Mengikuti Lomba Inovasi Pembelajaran Guru.....	95
10.4.4. Berbagi di Platform <i>Open Educational Resources</i> (OER).....	96
10.4.5. Komersialisasi Produk: Peluang <i>EdTechpreneurship</i> .....	96
<b>10.5. Refleksi dan Keberlanjutan</b> .....	<b>96</b>
10.5.1. Siklus Hidup Media Pembelajaran ( <i>Product Lifecycle</i> ).....	96
10.5.2. Pemutakhiran Konten Mengikuti Perkembangan Ilmu Kimia Terbaru.....	96
10.5.3. Pemeliharaan Aset Digital ( <i>Link Rot, Obsolescence</i> ).....	96
10.5.4. Membangun Komunitas Praktisi Pengembang Media.....	96
10.5.5. Peta Jalan Riset Media Pembelajaran Masa Depan.....	96
Integrasi Dalil Syar'i: Mencari Kesempurnaan ( <i>Itqan</i> ) melalui Evaluasi.....	97
PENUTUP BUKU .....	98
DAFTAR PUSTAKA .....	99
<b>GLOSARIUM</b> .....	<b>100</b>

# BAB 1: FUNDAMEN FILOSOFIS DAN PSIKOLOGIS MEDIA DALAM PENDIDIKAN KIMIA

## 1.1. Epistemologi Media dalam Konstruksi Pengetahuan Kimia

Epistemologi, sebagai cabang filsafat yang mengkaji asal-usul, struktur, metode, dan validitas pengetahuan, memegang peranan sentral dalam pendidikan kimia. Dalam konteks ini, media pembelajaran bukan sekadar "kendaraan" (*vehicle*) pasif yang mengantarkan informasi dari guru ke siswa, melainkan entitas aktif yang membentuk (*shape*) bagaimana pengetahuan kimia itu sendiri dikonstruksi dalam kognisi pembelajar. Kimia, yang sarat dengan konsep abstrak dan fenomena mikroskopis, menuntut mediasi teknologi untuk menjembatani kesenjangan antara realitas empiris dan model teoritis.

Oleh karena itu, pemahaman mendalam mengenai epistemologi media menjadi prasyarat mutlak sebelum melangkah pada teknis desain dan produksi. Bagian ini akan membedah pergeseran paradigma, peran kognitif, klasifikasi, hingga tantangan miskonsepsi yang dapat dimitigasi melalui intervensi media yang tepat.

### 1.1.1. Pergeseran Paradigma: Dari *Teacher-Centered* ke *Student-Centered Media*

Secara historis, pendidikan sains didominasi oleh pendekatan behavioristik di mana media berfungsi sebagai alat bantu guru (*teaching aids*) untuk memperkuat ceramah. Namun, abad ke-21 menandai pergeseran tektonik menuju paradigma konstruktivisme. Smaldino et al. (2019) menegaskan bahwa teknologi instruksional dan media kini harus dilihat dari sudut pandang pembelajar, bukan semata-mata pengajar.

Pergeseran ini mengubah peran media dari "alat presentasi" menjadi "alat eksplorasi". Dalam paradigma *student-centered*, media dirancang untuk memfasilitasi keterlibatan aktif siswa dalam membangun pemahaman mereka sendiri.

- **Aksesibilitas & Diferensiasi:** Teknologi memungkinkan personalisasi, di mana siswa dengan gaya belajar berbeda (visual, auditori, kinestetik) dapat mengakses materi kimia melalui berbagai modalitas.
- **Peran Guru:** Guru bertransisi dari "satu-satunya sumber pengetahuan" menjadi fasilitator yang mengorkestrasi penggunaan media untuk mencapai standar kompetensi, seperti yang tertuang dalam RPS mata kuliah Media Pembelajaran Kimia yang menuntut mahasiswa mampu "menerapkan teknologi informasi... dalam perencanaan pembelajaran".

### 1.1.2. Peran Media dalam Menjembatani Abstraksi Konsep Kimia

Kimia sering disebut sebagai "ilmu sentral" (*central science*), namun juga dikenal sebagai salah satu subjek tersulit karena objek kajiannya—atom, molekul, ion—tidak dapat diobservasi langsung oleh indera manusia (*unobservable*). Di sinilah peran epistemologis media menjadi krusial. Media bertindak sebagai "jembatan kognitif" yang menghubungkan dunia makroskopik (apa yang terlihat) dengan dunia submikroskopik (apa yang terjadi di tingkat partikel).

Tanpa media visual atau simulasi, siswa sering kali terjebak pada hafalan algoritmik tanpa pemahaman konseptual yang mendalam. Media memberikan "wajah" pada konsep abstrak, memungkinkan siswa untuk memvisualisasikan mekanisme reaksi, hibridisasi orbital, hingga dinamika intermolekuler yang sebelumnya hanya ada dalam imajinasi teoretis.

### 1.1.3. Media sebagai *Cognitive Tools* (Alat Kognitif)

Lebih jauh dari sekadar alat bantu visual, media dalam pembelajaran kimia modern berfungsi sebagai *Cognitive Tools*. Konsep ini, yang berakar pada teori kognitif, memandang media sebagai mitra intelektual yang membantu siswa berpikir melampaui keterbatasan kapasitas memori kerja (*working memory*) mereka.

- **Ekstensi Memori:** Tabel periodik interaktif atau basis data kimia digital membebaskan siswa dari beban menghafal data konstanta, sehingga mereka dapat fokus pada *higher-order thinking skills* (HOTS) seperti analisis dan sintesis.
- **Visualisasi Proses:** Animasi reaksi kimia membantu "menurunkan" beban kognitif intrinsik materi yang kompleks, mengizinkan otak memproses informasi secara bertahap (sejalan dengan prinsip *Segmenting* dalam Multimedia Learning).

### 1.1.4. Taksonomi Media Pembelajaran: Klasifikasi Klasik hingga Digital

Memahami klasifikasi media membantu pendidik memilih alat yang tepat untuk tujuan pembelajaran yang spesifik. Smaldino et al. menguraikan berbagai format media yang relevan dalam konteks instruksional:

1. **Teks:** Format dasar yang tetap esensial, namun kini bertransformasi menjadi *hypertext* digital yang interaktif.
2. **Visual:** Gambar, diagram, dan foto yang krusial untuk merepresentasikan struktur molekul dan alat laboratorium.
3. **Audio:** Rekaman suara, podcast, atau penjelasan verbal yang mendukung pembelajaran auditori, terutama dalam pelafalan istilah kimia atau narasi sejarah sains.
4. **Video:** Media gerak yang sangat efektif untuk mendemonstrasikan prosedur praktikum yang berbahaya atau fenomena yang terlalu cepat/lambat untuk dilihat mata telanjang.
5. **Manipulatives (Benda Tiga Dimensi):** Model molekul (*molymod*) atau realia yang memberikan pengalaman taktil/kinestetik.
6. **Orang (People):** Guru, ahli materi, atau rekan sebaya sebagai sumber belajar utama dalam *social learning*.

### 1.1.5. Tantangan Miskonsepsi Kimia dan Solusi Melalui Intervensi Media

Salah satu masalah epistemologis terbesar dalam pendidikan kimia adalah miskonsepsi—pemahaman yang tidak sesuai dengan konsensus ilmiah. Ironisnya, media yang didesain dengan buruk dapat menjadi sumber miskonsepsi baru (misalnya, animasi yang menggambarkan atom memuai saat dipanaskan, padahal yang memuai adalah jarak antar-partikel).

Oleh karena itu, rekayasa media pembelajaran kimia menuntut:

- **Akurasi Representasi:** Validasi konten oleh ahli materi untuk memastikan visualisasi tidak menyesatkan.
- **Dual Coding:** Sinergi antara narasi verbal dan tampilan visual untuk memperkuat retensi memori.
- **Interaktivitas:** Simulasi yang memungkinkan siswa memanipulasi variabel (misal: mengubah suhu pada kesetimbangan) untuk menguji hipotesis mereka sendiri dan "memperbaiki" model mental yang salah.

### Integrasi Dalil Syar'i: Pengetahuan dan Alat (Media)

Dalam perspektif Islam, penggunaan media atau alat dalam proses transfer ilmu pengetahuan memiliki landasan teologis yang kuat. Allah SWT berfirman dalam **QS. Al-Alaq (96): 4-5**:

الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ ﴿٤﴾ عَلَّمَ الْإِنْسَانَ مَا لَمْ يَعْلَمْ ﴿٥﴾

“Yang mengajar (manusia) dengan pena. Dia mengajarkan manusia apa yang tidak diketahuinya.” (QS. Al-Alaq: 4-5)

#### Tafsir Ringkas & Kontekstualisasi:

Ayat ini menegaskan bahwa Allah SWT mengajarkan manusia melalui perantara "Qalam" (pena). Para mufassir sepakat bahwa *Qalam* di sini adalah simbol dari alat, media, atau sarana pencatatan dan transfer ilmu pengetahuan. Dalam konteks modern, *Qalam* dapat dianalogikan sebagai segala bentuk teknologi dan media pembelajaran—mulai dari buku teks hingga perangkat lunak digital—yang memfasilitasi kodifikasi dan transmisi ilmu. Penggunaan media dalam pembelajaran kimia, dengan demikian, bukan hanya tuntutan pedagogis, melainkan juga manifestasi dari sunnatullah dalam proses pencerdasan manusia.

### Referensi Terpilih Bab 1.1

1. Smaldino, S. E., Lowther, D. L., & Mims, C. (2019). *Instructional Technology and Media for Learning* (12th ed.). Pearson..
2. Johnstone, A. H. (1991). *Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem*. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75-83. (Scopus).

3. Mayer, R. E. (2014). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2nd ed.). Cambridge University Press. (WoS).
4. Kasmui, et al. (2024). *Rencana Pembelajaran Semester (RPS): Media Pembelajaran Kimia*. Universitas Negeri Semarang..

## 1.2. Segitiga Johnstone: Integrasi Tiga Level Representasi Kimia

Inti dari kesulitan pembelajaran kimia sering kali bukan terletak pada kompleksitas matematikanya, melainkan pada tuntutan kognitif untuk bernavigasi di antara tiga level representasi yang berbeda secara simultan. Alex H. Johnstone (1991) merumuskan kerangka kerja fundamental ini sebagai "Segitiga Kimia" (*Chemistry Triangle*). Kegagalan dalam mengintegrasikan ketiga level ini sering bermuara pada pemahaman yang terfragmentasi, di mana siswa mampu menyelesaikan soal perhitungan (simbolik) namun gagal menjelaskan fenomena yang mendasarinya (submikroskopik).

Dalam konteks mata kuliah **Media Pembelajaran Kimia**, pemahaman terhadap Segitiga Johnstone adalah prasyarat mutlak sebelum merancang media apa pun. Media tidak sekadar menampilkan informasi, tetapi harus berfungsi sebagai "lem perekat" yang menyatukan ketiga level ini dalam benak siswa.

### 1.2.1. Level Makroskopik: Fenomena Sensori dan Observasi Nyata

Level makroskopik mencakup segala sesuatu yang dapat diamati dan dialami langsung oleh indera manusia (tangible). Ini adalah "dunia nyata" kimia: perubahan warna larutan, pembentukan endapan, pelepasan gas, atau perubahan suhu tabung reaksi.

- **Tantangan:** Sering kali, pembelajaran kimia di kelas hanya berhenti pada deskripsi verbal tanpa pengalaman sensori yang nyata, terutama jika fasilitas laboratorium terbatas.
- **Intervensi Media:** Media berperan menghadirkan pengalaman makroskopik ke dalam kelas. Video demonstrasi beresolusi tinggi (*High Definition*) atau fotografi makro dapat memperjelas fenomena yang mungkin terlewatkan dalam pengamatan mata telanjang. Dalam RPS, penggunaan "Media Konvensional" dan "Realia" ditekankan untuk meningkatkan keterampilan laboratorium dan pemahaman konsep awal siswa terhadap fenomena nyata.

### 1.2.2. Level Submikroskopik: Visualisasi Partikel Tak Kasat Mata

Level submikroskopik adalah "jantung" dari ilmu kimia, namun merupakan level yang paling abstrak karena melibatkan entitas yang tidak terlihat: atom, molekul, ion, elektron, dan struktur kisi kristal. Siswa tidak dapat "melihat" ikatan kovalen yang putus atau tumbukan antarmolekul.

- **Peran Vital Visualisasi:** Di sinilah media visual menjadi sangat kritikal. Smaldino et al. (2019) menekankan bahwa visualisasi membantu memperjelas konsep abstrak yang sulit dijelaskan hanya dengan kata-kata.

- **Implementasi:** Animasi 3D, simulasi molekuler, dan teknologi *Augmented Reality* (AR) memungkinkan siswa untuk "masuk" ke dunia partikel. Media ini mengubah model mental siswa dari sekadar "cairan bening berubah menjadi merah muda" (makroskopik) menjadi "ion OH<sup>-</sup> bereaksi dengan indikator fenolftalein mengubah struktur elektroniknya" (submikroskopik).

### 1.2.3. Level Simbolik: Bahasa Kimia, Persamaan, dan Stoikiometri

Level simbolik adalah bahasa representasi yang digunakan para ahli kimia untuk mengomunikasikan fenomena makroskopik dan submikroskopik. Ini meliputi rumus kimia (H<sub>2</sub>O), persamaan reaksi ( $aA + bB \rightarrow cC + dD$ ), grafik kinetika, diagram energi, dan perhitungan matematika.

- **Jebakan Kognitif:** Siswa sering kali mahir dalam manipulasi aljabar simbolik (menghitung mol, menyetarakan reaksi) tanpa memahami makna fisik di baliknya. Simbol menjadi "huruf mati" tanpa korelasi visual.
- **Strategi Media:** Media pembelajaran harus didesain untuk tidak membiarkan simbol berdiri sendiri. Penggunaan *interactive whiteboard* atau perangkat lunak yang menghubungkan perubahan variabel persamaan langsung dengan perubahan grafik atau animasi molekul sangat disarankan untuk memberikan makna pada simbol tersebut.

### 1.2.4. Interplay (Keterhubungan) Antar Level Melalui Media Visual

Kekuatan sejati dari media pembelajaran kimia kontemporer terletak pada kemampuannya memfasilitasi *interplay* atau perpindahan antarmode representasi secara *real-time*.

- **Dual Coding & Kontiguitas:** Berdasarkan teori kognitif, media yang efektif menampilkan level makroskopik (misal: video pembakaran magnesium) berdampingan dengan level submikroskopik (animasi atom Mg melepaskan elektron ke O) dan level simbolik (persamaan  $2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$ ) dalam satu bingkai pandang.
- **Penerapan dalam Perkuliahan:** Sesuai dengan capaian pembelajaran lulusan (CPL) Pendidikan Kimia, mahasiswa diharapkan menguasai integrasi teknologi pedagogi yang mampu menyajikan materi secara holistik, menghubungkan konsep teoretis dengan fenomena nyata.

### 1.2.5. Studi Kasus: Kegagalan Pembelajaran Akibat Fragmentasi Level Representasi

Sebuah studi kasus pada materi **Elektrolisis** menunjukkan kegagalan pemahaman yang persisten:

1. **Gejala:** Siswa mampu menghitung massa tembaga yang mengendap menggunakan Hukum Faraday (Simbolik Sukses).
2. **Masalah:** Ketika ditanya "Bagaimana elektron mengalir dari katoda ke ion Cu<sup>2+</sup>?", siswa bingung atau memberikan jawaban yang salah (Submikroskopik Gagal).
3. **Solusi Media:** Penggunaan media simulasi interaktif (seperti PhET atau aplikasi buatan sendiri) yang memungkinkan siswa melihat aliran elektron di kabel (zoom-in submikro)

sekaligus melihat penambahan massa pada elektroda (makro) secara bersamaan dapat memperbaiki fragmentasi ini. Hal ini sejalan dengan target "Peningkatan Pemahaman Konsep Kimia" melalui produksi media digital.

## Integrasi Dalil Syar'i: Alam Syahadah dan Alam Ghaib

Konsep tiga level representasi kimia—khususnya hubungan antara yang tampak (makroskopik) dan yang tidak tampak (submikroskopik)—memiliki analogi menarik dengan konsep *Alam Syahadah* (alam nyata/indrawi) dan *Alam Ghaib* (alam tak kasat mata) dalam teologi Islam.

Allah SWT berfirman dalam **QS. Al-Hashr (59): 22**:

هُوَ اللَّهُ الَّذِي لَا إِلَهَ إِلَّا هُوَ ۚ عَالِمُ الْغَيْبِ وَالشَّهَادَةِ ۚ هُوَ الرَّحْمَنُ الرَّحِيمُ

“Dialah Allah, tidak ada tuhan selain Dia. Mengetahui yang gaib dan yang nyata. Dialah Yang Maha Pengasih, Maha Penyayang.” (QS. Al-Hashr: 22)

### Refleksi Ilmiah-Spiritual:

Ayat ini mengajarkan bahwa realitas tidak terbatas pada apa yang bisa dilihat mata (*syahadah*). Dalam kimia, kita belajar mempercayai keberadaan atom dan molekul (*ghaib* dari pandangan mata telanjang) melalui tanda-tanda atau *atsar* yang mereka tinggalkan di alam nyata (makroskopik).

Seorang pendidik kimia yang menggunakan media untuk memvisualisasikan level submikroskopik pada hakikatnya sedang melatih siswa untuk berpikir melampaui materi kasar, mengasah kemampuan abstraksi yang juga diperlukan dalam keimanan. Media menjadi "kacamata" yang menyingkap keteraturan ciptaan Allah yang tersembunyi di balik materi.

## Referensi Terpilih Bab 1.2

1. Johnstone, A. H. (1991). *Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem*. Journal of Computer Assisted Learning. (Jurnal Internasional).
2. Smaldino, S. E., Lowther, D. L., & Mims, C. (2019). *Instructional Technology and Media for Learning* (12th ed.). Pearson..
3. Kasmui, et al. (2024). *Rencana Pembelajaran Semester (RPS): Media Pembelajaran Kimia*. Universitas Negeri Semarang..

## 1.3. Teori Kognitif dan Beban Memori dalam Desain Multimedia

Desain media pembelajaran kimia yang efektif tidak hanya bergantung pada kecanggihan teknologi, tetapi lebih pada seberapa baik desain tersebut selaras dengan arsitektur kognitif

manusia. Tanpa memahami bagaimana otak memproses informasi, media yang paling canggih sekalipun (seperti *Virtual Reality*) dapat gagal memfasilitasi pembelajaran, bahkan menghambatnya. Sub-bab ini membedah teori-teori psikologi kognitif fundamental yang menjadi landasan "rekayasa" media, memastikan bahwa materi kimia yang kompleks dapat dicerna tanpa membebani kapasitas mental siswa.

### 1.3.1. *Cognitive Load Theory* (Sweller): Implikasi bagi Desain Slide dan Video

Teori Beban Kognitif (*Cognitive Load Theory* atau CLT) yang dikembangkan oleh John Sweller berpostulat bahwa memori kerja (*working memory*) manusia memiliki kapasitas yang sangat terbatas. Dalam konteks kimia, materi pelajaran sering kali memiliki **Beban Intrinsik (*Intrinsic Load*)** yang tinggi karena kompleksitas dan interaktivitas elemen-elemennya (misalnya, memahami mekanisme reaksi organik membutuhkan pemahaman simultan tentang elektronegativitas, hibridisasi, dan sterik).

Desain media tidak dapat mengubah beban intrinsik ini (karena itu adalah sifat dasar materi), namun desain yang buruk dapat menambah **Beban Ekstraneus (*Extraneous Load*)**. Beban ekstraneus adalah beban kognitif "sampah" yang tidak perlu, yang muncul akibat presentasi materi yang buruk.

- **Contoh Fatal:** Sebuah slide PowerPoint yang menampilkan teks panjang paragraf penuh tentang "Laju Reaksi" sementara narator membacakan teks tersebut kata per kata. Otak siswa harus bekerja keras menyaring informasi visual dan audio yang redundan, menyisakan sedikit ruang untuk memproses konsep kimia itu sendiri.
- **Solusi Desain:** Kurangi beban ekstraneus dengan desain minimalis. Gunakan kata kunci visual, hindari dekorasi (clipart) yang tidak relevan, dan fokuskan perhatian pada inti materi.

### 1.3.2. *Dual Coding Theory* (Paivio): Sinergi Kanal Verbal dan Visual

Allan Paivio mengusulkan bahwa manusia memproses informasi melalui dua saluran terpisah namun saling berhubungan: kanal verbal (untuk teks dan suara) dan kanal visual (untuk gambar dan diagram). Pembelajaran menjadi jauh lebih efektif ketika kedua kanal ini dimanfaatkan secara simultan dan sinergis (*dual coding*).

- **Implementasi dalam Kimia:**
  - Jangan hanya memberikan definisi teks tentang "Ikatan Hidrogen".
  - Sajikan diagram molekul air yang menunjukkan interaksi dipol (Visual) *bersamaan* dengan penjelasan lisan atau teks ringkas (Verbal).
  - **Prinsip Modalitas:** Lebih baik menyajikan penjelasan sebagai narasi audio (suara) daripada teks panjang di layar saat menampilkan animasi kompleks, agar kanal visual siswa tidak "macet" karena harus melihat animasi sekaligus membaca teks.

### 1.3.3. Prinsip Koherensi, Redundansi, dan Kontiguitas

Richard E. Mayer, dalam *Multimedia Learning*, merumuskan prinsip-prinsip desain berbasis bukti yang sangat relevan untuk materi sains:

1. **Prinsip Koherensi (*Coherence Principle*):** "Less is More". Buang semua elemen yang tidak esensial. Dalam video pembelajaran kimia, hindari musik latar belakang yang bising atau anekdot lucu yang tidak relevan ("seductive details") yang dapat mengalihkan fokus dari konsep utama.
2. **Prinsip Redundansi (*Redundancy Principle*):** Siswa belajar lebih baik dari grafik + narasi daripada dari grafik + narasi + teks on-screen yang sama persis. Membaca dan mendengar kalimat yang sama secara bersamaan menyebabkan kelebihan beban kognitif.
3. **Prinsip Kontiguitas Spasial (*Spatial Contiguity Principle*):** Tempatkan kata-kata di dekat bagian gambar yang relevan. Jangan letakkan label nama organel sel atau gugus fungsi jauh dari gambarnya (misal: menggunakan legenda A, B, C di bawah gambar). Letakkan label langsung di samping struktur kimia tersebut.

### 1.3.4. *Split-Attention Effect*: Menghindari Pemisahan Label dan Struktur

Efek *Split-Attention* terjadi ketika siswa harus membagi perhatian mereka antara dua sumber informasi yang terpisah secara fisik untuk memahaminya. Ini sangat sering terjadi pada buku teks atau LKPD kimia.

- **Kasus:** Sebuah diagram sel volta ada di halaman kiri, sedangkan penjelasan cara kerjanya ada di halaman kanan. Mata siswa harus bolak-balik (*scanning*) untuk mencocokkan teks dengan gambar. Proses bolak-balik ini memakan sumber daya kognitif yang berharga.
- **Solusi Rekayasa:** Integrasikan teks penjelasan *ke dalam* diagram. Gunakan teknik *signaling* (pemberian tanda) seperti panah atau warna yang kontras untuk memandu mata siswa langsung ke bagian molekul yang sedang dibahas.

### 1.3.5. Mengelola *Germane Load* untuk Pemahaman Konsep

Tujuan akhir dari desain media adalah membebaskan kapasitas memori kerja agar siswa dapat menggunakannya untuk **Beban Germane (*Germane Load*)**, yaitu upaya kognitif yang didedikasikan untuk memproses informasi, membangun skema mental, dan menyimpannya dalam memori jangka panjang.

- **Strategi:** Gunakan media yang menantang siswa untuk berpikir, bukan sekadar menonton.
- **Contoh Aplikasi:** Setelah menampilkan simulasi tumbukan partikel, berikan jeda interaktif (*pause*) dan ajukan pertanyaan: "Apa yang akan terjadi pada laju reaksi jika suhu dinaikkan? Prediksikan sebelum melanjutkan video." Ini memicu proses kognitif aktif (*active processing*) yang memperkuat *germane load*.

## Integrasi Dalil Syar'i: Kapasitas dan Keterbatasan Manusia

Prinsip *Cognitive Load Theory* yang menekankan bahwa manusia memiliki batas kapasitas dalam memproses beban (informasi), sejalan dengan prinsip Rabbani bahwa Allah SWT tidak membebani hamba-Nya di luar kesanggupannya.

Allah SWT berfirman dalam **QS. Al-Baqarah (2): 286**:

لَا يُكَلِّفُ اللَّهُ نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا ۗ لَهَا مَا كَسَبَتْ وَعَلَيْهَا مَا اكْتَسَبَتْ

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya. Ia mendapat pahala (dari kebajikan) yang diusahakannya dan ia mendapat siksa (dari kejahatan) yang dikerjakannya.” (QS. Al-Baqarah: 286)

### Tafsir Edukatif:

Ayat ini secara teologis menegaskan keadilan Allah dalam memberikan beban syariat dan ujian. Dalam konteks pedagogi, ayat ini menjadi peringatan bagi para pendidik untuk tidak membebani akal (*aql*) siswa dengan "beban kognitif" yang melampaui kapasitas fitrah memori kerjanya (*wus'aha*).

Merancang media yang penuh sesak dengan informasi (*cognitive overload*) adalah bentuk kezaliman instruksional. Sebaliknya, menyederhanakan penyajian materi agar sesuai dengan kapasitas kognitif siswa adalah bentuk *ihsan* (kebaikan) dalam mengajar, meneladani sifat Allah yang tidak membebani hamba-Nya melebihi kemampuannya.

## Referensi Terpilih Bab 1.3

1. Sweller, J. (2011). *Cognitive Load Theory*. In *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 55). Elsevier. (Jurnal Internasional).
2. Mayer, R. E. (2014). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2nd ed.). Cambridge University Press. (Buku Akademik).
3. Smaldino, S. E., Lowther, D. L., & Mims, C. (2019). *Instructional Technology and Media for Learning* (12th ed.). Pearson..
4. Kasmui, et al. (2024). *Rencana Pembelajaran Semester (RPS): Media Pembelajaran Kimia*. Universitas Negeri Semarang..

## 1.4. Kerangka Kerja TPACK dalam Pengembangan Media Kimia

Pengembangan media pembelajaran kimia yang efektif tidak dapat dilakukan secara parsial—hanya mengandalkan kecanggihan teknologi atau hanya kedalaman materi. Diperlukan sebuah kerangka kerja integratif yang memadukan ketiga elemen utama: teknologi, pedagogi, dan konten

materi. Kerangka kerja ini dikenal sebagai **TPACK** (*Technological Pedagogical Content Knowledge*), yang diperkenalkan oleh Mishra dan Koehler (2006).

Dalam konteks mata kuliah Media Pembelajaran Kimia, penguasaan TPACK bukan sekadar pilihan, melainkan tuntutan kurikulum. Hal ini tercermin secara eksplisit dalam **Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL) 3** pada RPS, yang menargetkan mahasiswa untuk "menguasai integrasi teknologi pedagogi muatan keilmuan dan/atau keahlian, serta komunikasi". Sub-bab ini akan membedah anatomi TPACK dan aplikasinya dalam merekayasa media kimia.

#### 1.4.1. Definisi TPACK (*Technological Pedagogical Content Knowledge*)

TPACK adalah kerangka kerja yang menggambarkan jenis pengetahuan kompleks yang dibutuhkan guru untuk mengajar secara efektif dengan teknologi. Ini bukan sekadar kumpulan tiga pengetahuan terpisah, melainkan "persimpangan" (*intersection*) dinamis di mana pengetahuan baru muncul.

- **Inti TPACK:** Pemahaman tentang bagaimana teknologi tertentu (misal: simulasi molekuler) dapat mengubah cara siswa memahami konsep kimia tertentu (misal: teori tumbukan), dan metode pedagogis apa (misal: inkuiri terbimbing) yang paling tepat untuk memfasilitasi proses tersebut.
- **Relevansi:** Dalam RPS, mahasiswa dituntut tidak hanya membuat media, tetapi "memilih dan menggunakan media yang tepat sesuai dengan hasil analisis silabus". Ini adalah manifestasi TPACK: mencocokkan alat dengan tujuan.

#### 1.4.2. Pengetahuan Konten (CK): Karakteristik Unik Materi Kimia

*Content Knowledge* (CK) merujuk pada pemahaman mendalam tentang materi pelajaran itu sendiri. Dalam kimia, CK mencakup fakta, konsep, teori, dan prosedur, serta struktur disiplin ilmu tersebut.

- **Kekhasan Kimia:** Berbeda dengan sejarah atau bahasa, kimia memiliki struktur hierarkis di mana pemahaman konsep tingkat lanjut (misal: kesetimbangan) sangat bergantung pada penguasaan konsep dasar (misal: stoikiometri, kinetika).
- **Implikasi Desain Media:** Pengembang media harus memahami *learning progression* materi kimia. Misalnya, media tentang "Ikatan Kimia" tidak boleh hanya menampilkan visual ikatan, tetapi harus secara akurat merepresentasikan konsep elektronegativitas dan geometri molekul (VSEPR) sebagai landasan teoretisnya. Kesalahan pada CK dalam media (misal: sudut ikatan air digambarkan lurus 180 derajat) adalah kesalahan fatal yang tidak bisa ditebus oleh animasi yang bagus.

#### 1.4.3. Pengetahuan Pedagogi (PK): Strategi Inkuiri dan Pemecahan Masalah

*Pedagogical Knowledge* (PK) adalah pengetahuan tentang proses dan praktik metode mengajar. Ini mencakup manajemen kelas, penilaian, dan strategi instruksional.

- **Pedagogi Kimia:** Kimia paling efektif diajarkan melalui pendekatan inkuiri (*inquiry-based learning*) dan pemecahan masalah (*problem-based learning*), sebagaimana disarankan dalam RPS untuk pertemuan-pertemuan yang melibatkan "Case Method" dan "Project-based learning".
- **Peran Media:** Media tidak boleh menggantikan peran guru dalam membimbing inkuiri, tetapi harus *memperkuatnya*. Media yang baik memberikan *scaffolding*. Contoh: Sebuah aplikasi titrasi virtual tidak boleh langsung memberikan jawaban volume akhir, tetapi harus membiarkan siswa melakukan kesalahan (misal: *over-titration*) agar mereka belajar dari pengalaman simulasi tersebut.

#### 1.4.4. Pengetahuan Teknologi (TK): Pemilihan Alat yang Tepat Guna

*Technological Knowledge* (TK) adalah pengetahuan tentang cara menggunakan teknologi standar (buku, papan tulis) maupun teknologi maju (internet, video digital, software pemodelan).

- **Alat Spesifik Kimia:** TK bagi guru kimia bukan sekadar bisa menggunakan PowerPoint, tetapi menguasai alat spesifik domain (*domain-specific tools*) seperti:
  - **Visualisasi:** ChemDraw, KingDraw, Avogadro.
  - **Simulasi:** PhET Interactive Simulations, Yenka.
  - **Analisis Data:** Logger Pro, Excel (untuk plot data laju reaksi).
- **Literasi Baru:** RPS menekankan pada kemampuan mahasiswa untuk "menerapkan teknologi informasi dan komunikasi". Ini menuntut pembaruan terus-menerus terhadap *tools* terbaru, seperti penggunaan AI untuk memprediksi struktur protein atau *Augmented Reality* (AR).

#### 1.4.5. Sintesis TPACK: Studi Kasus Pengembangan Media Laju Reaksi

Sintesis TPACK terjadi ketika guru mengintegrasikan ketiga komponen untuk solusi pembelajaran. Mari kita analisis studi kasus pada materi **Laju Reaksi**:

1. **Analisis Konten (CK):** Konsep Laju Reaksi melibatkan pemahaman tentang Teori Tumbukan, Energi Aktivasi, dan Orientasi Tumbukan. Ini adalah fenomena submikroskopik yang abstrak.
2. **Strategi Pedagogis (PK):** Guru memilih strategi *Discovery Learning*. Tujuannya adalah agar siswa menemukan sendiri faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi, bukan sekadar diberitahu.
3. **Integrasi Teknologi (TK):** Guru menggunakan simulasi interaktif (misal: PhET) di mana siswa dapat memanipulasi suhu dan konsentrasi, lalu melihat efeknya terhadap frekuensi tumbukan partikel secara *real-time*.
4. **Hasil TPACK:** Media simulasi tersebut didesain bukan sebagai tontonan, tetapi sebagai "laboratorium virtual". Siswa diberi LKPD (Pedagogi) untuk memandu eksplorasi mereka di dalam Simulasi (Teknologi) guna memahami Teori Tumbukan (Konten).

## Integrasi Dalil Syar'i: Hikmah sebagai Integrasi Ilmu

Konsep TPACK yang menggabungkan berbagai jenis pengetahuan (konten, cara mengajar, dan alat) untuk mencapai tujuan yang tepat sangat selaras dengan konsep **Al-Hikmah** dalam Islam. Hikmah sering dimaknai sebagai "meletakkan sesuatu pada tempatnya" (*wadh'u asy-syai' fi mahallih*) atau pemahaman mendalam yang memadukan ilmu dan amal.

Allah SWT berfirman dalam **QS. Al-Baqarah (2): 269**:

يُؤْتِي الْحِكْمَةَ مَنْ يَشَاءُ ۚ وَمَنْ يُؤْتَ الْحِكْمَةَ فَقَدْ أُوتِيَ خَيْرًا كَثِيرًا ۗ وَمَا يَذَّكَّرُ إِلَّا أُولُو الْأَلْبَابِ

“Allah menganugerahkan al-hikmah (kefahaman yang dalam tentang Al-Qur'an dan As-Sunnah) kepada siapa yang dikehendaki-Nya. Dan barangsiapa yang dianugerahi hikmah, ia benar-benar telah dianugerahi karunia yang banyak. Dan hanya orang-orang yang berakallah yang dapat mengambil pelajaran.” (QS. Al-Baqarah: 269)

### Tafsir Kontekstual:

Dalam konteks pendidikan, seorang guru yang memiliki "Hikmah" (TPACK) adalah mereka yang tidak hanya pandai materi (CK) atau canggih teknologinya (TK), tetapi tahu *kapan* dan *bagaimana* menggunakan teknologi tersebut untuk memahami siswa (PK). Ia tidak menggunakan teknologi sekadar untuk gaya-gayaan (yang bisa jadi *laghwun* atau sia-sia), tetapi menggunakannya dengan presisi untuk memecahkan masalah belajar. Inilah bentuk *khairan katsira* (kebaikan yang banyak) dalam proses pendidikan.

## Referensi Terpilih Bab 1.4

1. Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). *Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge*. Teachers College Record, 108(6), 1017–1054. (Jurnal Internasional Utama).
2. Kasmui, et al. (2024). *Rencana Pembelajaran Semester (RPS): Media Pembelajaran Kimia*. Universitas Negeri Semarang.
3. Smaldino, S. E., Lowther, D. L., & Mims, C. (2019). *Instructional Technology and Media for Learning* (12th ed.). Pearson.

## 1.5. Literasi Media dan Digital bagi Pendidik Kimia Abad 21

Di era informasi yang membanjir (*information overload*), kemampuan teknis menggunakan perangkat lunak (*software*) saja tidak lagi memadai. Pendidik kimia abad ke-21 dituntut memiliki **Literasi Media dan Digital** yang komprehensif. Hal ini sejalan dengan **Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL) 1** pada RPS Mata Kuliah Media Pembelajaran Kimia, yang mewajibkan mahasiswa untuk mampu "menerapkan teknologi informasi dan komunikasi dalam perencanaan

pembelajaran, penyelenggaraan pembelajaran, evaluasi pembelajaran, dan pengelolaan pembelajaran".

Sub-bab ini menguraikan dimensi literasi baru yang harus dikuasai untuk menjadi pendidik yang adaptif, etis, dan kritis.

### 1.5.1. Definisi Literasi Baru: Data, Teknologi, dan Manusia

Konsep literasi telah berkembang jauh melampaui kemampuan membaca dan menulis (literasi lama). Smaldino et al. (2019) dalam *Instructional Technology and Media for Learning* menekankan pentingnya berbagai literasi dalam kerangka kerja pembelajaran akademik dan karier. Bagi guru kimia, "Literasi Baru" mencakup tiga pilar utama:

1. **Literasi Data:** Kemampuan untuk membaca, menganalisis, dan menggunakan informasi (data) dari dunia digital. Dalam kimia, ini berarti kemampuan mengakses basis data molekuler (seperti PubChem), menafsirkan grafik kinetika digital, dan memvalidasi data eksperimen siswa.
2. **Literasi Teknologi:** Memahami cara kerja mesin dan aplikasi, serta melakukan *coding* dasar (*Artificial Intelligence & Engineering principles*). Guru harus tahu *bagaimana* sebuah simulasi PhET bekerja, bukan hanya cara memainkannya.
3. **Literasi Manusia (Humanities):** Kemampuan komunikasi, kolaborasi, dan empati dalam lingkungan digital. Ini berkaitan dengan desain antarmuka (*User Interface*) media yang ramah pengguna dan inklusif bagi siswa dengan kebutuhan khusus.

### 1.5.2. Etika Hak Cipta (*Copyright*) dan *Fair Use* dalam Sumber Belajar Kimia

Salah satu isu paling kritis dalam pengembangan media adalah pelanggaran hak cipta. Smaldino et al. (2019) secara ekstensif membahas "Copyright Concerns" di berbagai bab, mencakup hukum hak cipta, *fair use* (penggunaan wajar), dan izin penggunaan materi.

- **Prinsip *Fair Use*:** Guru kimia sering mengambil gambar struktur molekul atau grafik dari jurnal internasional. Tindakan ini diperbolehkan di bawah koridor *Fair Use* jika memenuhi empat kriteria: tujuan (pendidikan non-profit), sifat karya, jumlah yang diambil (tidak seluruh buku), dan dampak terhadap pasar.
- **Creative Commons (CC):** Pendidik didorong untuk menggunakan dan membagikan materi dengan lisensi CC. Memahami perbedaan antara CC-BY (atribusi), SA (berbagi serupa), dan NC (non-komersial) adalah kompetensi wajib agar guru tidak terjebak masalah hukum saat mempublikasikan media ajarnya ke YouTube atau blog.
- **Mengubah Format Materi:** Smaldino juga menyoroti aspek "Changing the Material's Format", misalnya mengubah buku teks cetak menjadi format digital, yang memiliki aturan hukum tersendiri yang harus dipatuhi.

### 1.5.3. Evaluasi Kritis Sumber Informasi Kimia di Internet (Hoaks Sains)

Internet penuh dengan informasi yang tidak terverifikasi, mulai dari klaim kesehatan palsu (misal: "air alkali membunuh kanker") hingga ketakutan irasional terhadap bahan kimia (*chemophobia*).

- **Keterampilan Evaluasi:** Guru harus mengajarkan siswa cara mengevaluasi otoritas, akurasi, objektivitas, dan kemutakhiran (*currency*) sebuah situs web kimia. Smaldino et al. menyediakan rubrik seleksi untuk mengevaluasi sumber online (*Selection Rubric Online Resources*) yang dapat diadaptasi untuk konten kimia.
- **Peran Guru sebagai Kurator:** Guru berfungsi sebagai filter yang memisahkan sains semu (*pseudoscience*) dari sains valid, membimbing siswa menavigasi informasi yang melimpah ruah.

#### 1.5.4. Kompetensi Global: Konektivitas dan Kolaborasi Lintas Batas

Teknologi memungkinkan kelas kimia terhubung dengan dunia luar. Smaldino et al. (2019) membahas "Connecting Learners" melalui Web 2.0, media sosial, dan komunitas profesional.

- **Kolaborasi Global:** Guru dapat memfasilitasi proyek kolaboratif di mana siswa membandingkan kualitas air sungai di daerah mereka dengan data dari siswa di negara lain (misal: program GLOBE).
- **Komunitas Praktisi:** Melalui platform seperti LinkedIn atau ResearchGate, guru kimia dapat berbagi praktik terbaik (*best practices*) pengembangan media dengan rekan sejawat secara global, memperluas wawasan pedagogis mereka.

#### 1.5.5. Profil Guru Kimia Digital: Adaptabilitas terhadap Perubahan Teknologi

Profil guru masa depan bukan lagi "penyampai materi", melainkan "pembelajar seumur hidup" (*lifelong learner*).

- **Adaptabilitas:** Teknologi berubah sangat cepat. Guru harus memiliki *growth mindset* untuk terus belajar aplikasi baru (misal: dari PowerPoint beralih ke Canva, lalu ke AI Generatif).
- **Pengembangan Profesional Berkelanjutan:** RPS mata kuliah ini dirancang untuk membekali calon guru dengan kemampuan "menerapkan pengetahuan dan keterampilan teknologi informasi dalam konteks pengembangan keilmuan". Ini menuntut guru untuk tidak stagnan, tetapi terus merevisi strategi mengajarnya mengikuti perkembangan alat bantu terbaru.

### Integrasi Dalil Syar'i: Tabayyun dalam Menerima Informasi

Dalam Islam, literasi digital—khususnya aspek evaluasi kritis terhadap informasi (anti-hoaks)—sangat erat kaitannya dengan perintah **Tabayyun** (verifikasi/klarifikasi).

Allah SWT berfirman dalam **QS. Al-Hujurat (49): 6**:

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا إِن جَاءَكُمْ فَاسِقٌ بِنَبَأٍ فَتَبَيَّنُوا أَن تُصِيبُوا قَوْمًا بِجَهَالَةٍ فَتُصْحَبُوا عَلَىٰ مَا  
فَعَلْتُمْ نَادِمِينَ

"Hai orang-orang yang beriman, jika datang kepadamu orang fasik membawa suatu berita, maka periksalah dengan teliti (*tabayyun*) agar kamu tidak menimpakan suatu musibah kepada suatu kaum tanpa mengetahui keadaannya yang menyebabkan kamu menyesal atas perbuatanmu itu." (QS. Al-Hujurat: 6)

### Tafsir Kontekstual untuk Pendidik:

Ayat ini adalah fondasi etika literasi digital Islami. "Berita" dalam konteks modern bisa berupa artikel sains populer, video YouTube, atau pesan berantai WhatsApp tentang khasiat zat kimia tertentu. Seorang pendidik Muslim dilarang menyebarkan (*share*) informasi sains yang belum diverifikasi kebenarannya (*validitas ilmiah*). Mengajarkan siswa untuk bersikap skeptis, kritis, dan melakukan cek fakta (*fact-checking*) sebelum mempercayai sebuah klaim adalah bentuk pengamalan perintah *Tabayyun* ini, menjaga umat dari kebodohan (*jahalah*) akibat sains palsu.

### Referensi Terpilih Bab 1.5

1. Smaldino, S. E., Lowther, D. L., & Mims, C. (2019). *Instructional Technology and Media for Learning* (12th ed.). Pearson.
2. Kasmui, et al. (2024). *Rencana Pembelajaran Semester (RPS): Media Pembelajaran Kimia*. Universitas Negeri Semarang.

## BAB 2: DESAIN INSTRUKSIONAL SISTEMATIS (MODEL ASSURE & ADDIE)

Desain instruksional bukan sekadar memilih alat bantu, melainkan sebuah proses sistematis untuk memastikan pembelajaran terjadi secara efektif, efisien, dan menarik. Dalam pendidikan kimia, di mana risiko miskonsepsi sangat tinggi, pendekatan "coba-coba" (*trial and error*) dalam penggunaan media adalah tindakan yang tidak profesional. Bab ini akan membedah model **ASSURE**, sebuah kerangka kerja prosedural yang dikembangkan oleh Smaldino et al., yang dirancang khusus untuk mengintegrasikan teknologi dan media ke dalam ruang kelas. Model ini selaras dengan tuntutan **RPS Media Pembelajaran Kimia** yang menekankan pada perencanaan pembelajaran yang matang.

### 2.1. Analisis Karakteristik Peserta Didik (*Analyze Learners*)

Langkah pertama yang krusial dalam model ASSURE adalah **Analyze Learners** (Menganalisis Pembelajar). Media yang efektif untuk satu kelompok siswa bisa jadi gagal total untuk kelompok lain. Smaldino et al. (2019) mengidentifikasi tiga atribut utama yang harus dianalisis: karakteristik umum, kompetensi awal spesifik, dan perbedaan gaya belajar.

#### 2.1.1. Identifikasi Gaya Belajar Visual-Spasial dalam Kimia

Kimia adalah ilmu yang sangat visual. Struktur molekul, orbital atom, dan kisi kristal membutuhkan kecerdasan spasial yang kuat.

- **Teori:** Mengacu pada teori *Multiple Intelligences* Howard Gardner yang dikutip dalam Smaldino, siswa dengan kecerdasan visual-spasial dominan akan kesulitan jika hanya diajarkan melalui teks atau ceramah verbal.
- **Implikasi Desain:** Analisis gaya belajar siswa (misalnya menggunakan instrumen VARK) sebelum mendesain media. Jika mayoritas kelas adalah pembelajar visual, maka media harus didominasi oleh diagram 3D, model fisik (molymod), dan animasi rotasi molekul. Mengabaikan aspek ini sering kali menjadi penyebab utama kegagalan siswa memahami materi stereokimia.

#### 2.1.2. Kompetensi Awal (*Entry Behaviors*) dan Pengetahuan Prasyarat

Sebelum memperkenalkan media baru, guru harus mengetahui apa yang sudah dan belum diketahui siswa.

- **Prasyarat Kimia:** Jangan pernah menggunakan media simulasi "Keseimbangan Kimia" yang kompleks jika siswa belum menguasai konsep "Laju Reaksi" dan "Stoikiometri". Media tersebut akan menjadi beban kognitif (*cognitive overload*) alih-alih alat bantu.
- **Penilaian Diagnostik:** Lakukan tes diagnostik awal. Jika hasil analisis menunjukkan defisit pada kemampuan matematika dasar (logaritma), maka media pembelajaran pH

harus dilengkapi dengan *scaffolding* matematika atau tutorial pengantar, bukan langsung masuk ke perhitungan asam-basa lanjut.

### 2.1.3. Analisis Kebutuhan Belajar Gen Z dan Alpha

Peserta didik hari ini (Gen Z dan Alpha) adalah "penduduk asli digital" (*digital natives*). Karakteristik mereka berbeda secara fundamental dari generasi sebelumnya.

- **Atensi Singkat:** Mereka terbiasa dengan konten mikro (TikTok/Reels). Oleh karena itu, video pembelajaran kimia berdurasi 45 menit kemungkinan besar tidak efektif. Media harus dipecah (*chunking*) menjadi segmen-segmen pendek 5-10 menit.
- **Preferensi Multimedia:** Mereka lebih menyukai tutorial video interaktif daripada membaca manual teks panjang. Analisis ini menuntut guru untuk mengubah format *handout* praktikum menjadi video prosedur singkat yang dapat diakses via QR code di laboratorium.

### 2.1.4. Faktor Demografis dan Sosio-Ekonomi dalam Akses Media

Analisis pembelajar juga mencakup faktor non-kognitif. Tidak semua siswa memiliki akses ke perangkat *high-end* di rumah.

- **Kesenjangan Digital:** Jika analisis menunjukkan sebagian besar siswa hanya memiliki *smartphone entry-level* dengan kuota data terbatas, maka menugaskan mereka mengunduh aplikasi *Augmented Reality* (AR) berukuran 500MB adalah keputusan yang buruk.
- **Solusi:** Pilihlah media yang ringan (*web-based*), responsif, dan dapat diakses secara *offline* atau dengan bandwidth rendah. Ini adalah bentuk empati instruksional yang didasarkan pada data realitas siswa.

### 2.1.5. Pemetaan Miskonsepsi Awal Sebelum Pengembangan Media

Analisis yang paling spesifik dalam kimia adalah mendeteksi miskonsepsi bawaan.

- **Contoh:** Banyak siswa percaya bahwa "ikatan kimia menyimpan energi" dan "pemutusan ikatan melepaskan energi" (padahal pemutusan ikatan *membutuhkan* energi).
- **Strategi:** Media harus dirancang secara eksplisit untuk menantang dan mendekonstruksi miskonsepsi ini. Analisis awal melalui tes *three-tier* dapat memetakan "jebakan" mental ini sehingga media dapat dirancang sebagai terapi kognitif (*conceptual change tool*).

## Integrasi Dalil Syar'i: Keunikan Potensi Individu (*Syakilah*)

Pentingnya menganalisis karakteristik unik setiap pembelajar sebelum mengajar telah diisyaratkan dalam Al-Qur'an. Setiap manusia diciptakan dengan kecenderungan, gaya, dan kapasitas yang berbeda-beda.

Allah SWT berfirman dalam QS. Al-Isra (17): 84:

قُلْ كُلٌّ يَعْمَلُ عَلَىٰ شَاكِلَتِهِ فَرِيضًا أَعْلَمُ بِمَنْ هُوَ أَهْدَىٰ سَبِيلًا

“Katakanlah: 'Tiap-tiap orang berbuat menurut keadaannya (*syakilah-nya*) masing-masing'. Maka Tuhanmu lebih mengetahui siapa yang lebih benar jalannya.” (QS. Al-Isra: 84)

### Tafsir Edukatif:

Kata *Syakilah* dalam tafsir sering dimaknai sebagai tabiat, watak, kecenderungan, atau gaya dasar seseorang. Ayat ini mengajarkan prinsip individualisasi dalam pendidikan. Tidak ada satu metode tunggal yang cocok untuk semua orang (*one size fits all*), karena setiap siswa bekerja dan belajar sesuai dengan *syakilah-nya*. Seorang pendidik yang menerapkan ASSURE (langkah *Analyze Learners*) sesungguhnya sedang mempraktikkan ayat ini: ia menghormati keunikan *syakilah* siswanya dan menyesuaikan media pembelajarannya agar hidayah (ilmu) dapat diterima dengan cara yang paling efektif bagi masing-masing individu.

## 2.2. Merumuskan Tujuan Pembelajaran (*State Standards & Objectives*)

Langkah kedua adalah **State Standards and Objectives**. Tanpa tujuan yang jelas, penggunaan media hanya menjadi hiburan belaka. Smaldino et al. menekankan bahwa tujuan pembelajaran harus spesifik dan terukur, sering kali dirumuskan dengan model ABCD. Dalam konteks RPS, ini berkaitan erat dengan CPMK (Capaian Pembelajaran Mata Kuliah) yang harus dicapai mahasiswa.

### 2.2.1. Integrasi Kurikulum Nasional dan Standar Literasi Sains Global

Tujuan pembelajaran tidak dibuat di ruang hampa. Ia harus diturunkan dari standar kurikulum (KI/KD dalam Kurikulum 2013 atau Capaian Pembelajaran dalam Kurikulum Merdeka).

- **Penyelarasan:** Media yang dipilih harus mendukung pencapaian standar tersebut. Jika standar menuntut "Analisis dampak lingkungan pembakaran hidrokarbon", maka media yang menampilkan *virtual lab* titrasi tidaklah relevan, meskipun medianya canggih.
- **Rujukan RPS:** Mengacu pada RPS, tujuan harus mencakup aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik, serta literasi teknologi.

### 2.2.2. Formulasi Tujuan ABCD (*Audience, Behavior, Condition, Degree*)

Tujuan yang baik harus mengandung empat elemen:

- **Audience (Siapa):** "Siswa kelas XI IPA..."
- **Behavior (Perilaku):** "...mampu menggambarkan struktur Lewis..." (Gunakan kata kerja operasional yang dapat diamati).
- **Condition (Kondisi):** "...setelah menggunakan aplikasi ChemSketch..." (Menyebutkan media spesifik).
- **Degree (Tingkat Keberhasilan):** "...dengan ketepatan sudut ikatan minimal 90%."

- **Contoh Lengkap:** "Diberikan akses ke simulasi PhET (*Condition*), siswa kelas X (*Audience*) mampu memprediksi pergeseran kesetimbangan akibat perubahan suhu (*Behavior*) dengan benar sesuai Prinsip Le Chatelier pada 4 dari 5 kasus yang diberikan (*Degree*)."

### 2.2.3. Menyelaraskan Media dengan Taksonomi Bloom Digital

Di era digital, Taksonomi Bloom telah direvisi untuk mencakup aktivitas digital.

- **LOTS (Lower Order):** Mengingat/Memahami → Media: *Flashcards* digital (Quizlet), Video YouTube.
- **HOTS (Higher Order):** Menganalisis/Mencipta → Media: Alat *Mind Mapping* digital, *Software* Video Editing, Blog.
- **Aplikasi:** Jika tujuannya adalah level "Mencipta" (C6), jangan hanya memberi siswa video pasif. Berikan mereka tugas membuat *video explainer* kimia menggunakan aplikasi editing sederhana.

### 2.2.4. Tujuan Afektif: Membangun Sikap Ilmiah Melalui Media

Kimia bukan hanya soal fakta, tapi juga sikap.

- **Sikap Ilmiah:** Jujur dalam data, peduli lingkungan, dan skeptis rasional.
- **Peran Media:** Video dokumenter tentang dampak limbah merkuri (Tragedi Minamata) dapat dirancang dengan tujuan spesifik membangkitkan empati dan kesadaran lingkungan (Afektif), bukan sekadar menghafal rumus kimia merkuri.

### 2.2.5. Tujuan Psikomotorik: Keterampilan Lab Virtual dan Nyata

Dalam RPS Media Pembelajaran Kimia, terdapat fokus pada "Keterampilan: produk dan prototipe".

- **Gradasi Keterampilan:** Tujuan psikomotorik dapat dimulai dari "meniru" (mengikuti panduan video teknik pipet) hingga "naturalisasi" (melakukan titrasi dengan lancar tanpa melihat panduan).
- **Simulasi:** Media VR (*Virtual Reality*) dapat digunakan untuk melatih memori otot dan prosedur keselamatan sebelum siswa masuk ke laboratorium nyata yang berisiko tinggi.

### Integrasi Dalil Syar'i: Niat dan Tujuan (*An-Niyyah*)

Dalam Islam, segala perbuatan bergantung pada niat atau tujuannya. Merumuskan *Learning Objectives* (Tujuan Pembelajaran) adalah bentuk menetapkan niat yang jelas dalam proses pendidikan.

Rasulullah SAW bersabda dalam Hadits Riwayat Bukhari & Muslim:

## إِنَّمَا الْأَعْمَالُ بِالنِّيَّاتِ، وَإِنَّمَا لِكُلِّ امْرِئٍ مَا نَوَى

“*Sesungguhnya segala perbuatan itu bergantung pada niatnya, dan setiap orang akan mendapatkan apa yang ia niatkan.*” (HR. Bukhari & Muslim)

### Tafsir Edukatif:

Hadits ini mengajarkan prinsip *Goal-Oriented Action*. Dalam desain instruksional, "niat" adalah *Learning Objectives*. Jika tujuan pembelajarannya kabur atau tidak spesifik, maka hasil pembelajarannya pun akan kabur (*GIGO - Garbage In, Garbage Out*). Guru yang menetapkan tujuan yang jelas, terukur, dan bermanfaat (seperti ABCD Model), sesungguhnya sedang menegakkan prinsip *itqan* (profesionalisme) dalam berniat. Ia memastikan bahwa energi dan waktu yang dihabiskan siswa dengan media pembelajaran tidak sia-sia, melainkan mencapai target (*outcome*) yang diniatkan sejak awal.

### 2.3. Seleksi Strategi, Teknologi, dan Media (*Select Strategies*)

Setelah mengetahui siapa siswanya dan apa tujuannya, langkah "S" kedua adalah **Select Strategies, Technology, Media, and Materials**. Ini adalah tahap pengambilan keputusan kritis. Tidak semua masalah pembelajaran butuh teknologi canggih; terkadang demonstrasi sederhana lebih efektif daripada VR. RPS mata kuliah ini secara eksplisit menyebutkan pentingnya "pemilihan dan penggunaan media yang tepat".

#### 2.3.1. Kriteria Seleksi Media: Matriks SECTIONS (Bates)

Untuk membantu seleksi, kita dapat menggunakan kerangka kerja SECTIONS (Students, Ease of use, Costs, Teaching functions, Interaction, Organizational issues, Networking, Security).

- **Ease of Use:** Apakah *software* kimia tersebut mudah digunakan? Jika siswa butuh 2 jam hanya untuk belajar cara pakai tombolnya, maka media tersebut gagal.
- **Cost:** Apakah biayanya sebanding dengan hasil belajar? Menggunakan simulasi gratis PhET sering kali lebih efisien daripada membeli *software* industri mahal jika tujuannya hanya pemahaman konsep dasar.

#### 2.3.2. Memilih Strategi: Ekspositori vs *Discovery Learning* Berbantuan Media

Media harus dipilih berdasarkan strategi pedagogis, bukan sebaliknya.

- **Teacher-Centered (Ekspositori):** Jika strategi adalah menjelaskan konsep baru yang sulit, gunakan presentasi multimedia (PowerPoint interaktif) atau video demonstrasi.
- **Student-Centered (Discovery):** Jika strategi adalah inkuiri, gunakan simulasi interaktif atau *WebQuest*. Di sini, media berfungsi sebagai "ladang data" di mana siswa menggali informasi sendiri.

- **Konteks RPS:** RPS menyarankan metode "Diskusi informasi" dan "Tugas kolaborasi". Media yang dipilih harus mendukung kolaborasi ini, misal *Google Jamboard* untuk brainstorming mekanisme reaksi.

### 2.3.3. Kurasi Sumber Belajar Terbuka (*OER - Open Educational Resources*)

Guru tidak harus selalu membuat media dari nol. Smaldino et al. menyarankan untuk mengevaluasi sumber daya yang tersedia.

- **Seleksi:** Internet penuh dengan OER kimia (misal: LibreTexts, YouTube Chem). Guru harus mengurasi materi ini: Cek validitas ilmiahnya (apakah rumus strukturnya benar?), cek lisensinya (Creative Commons), dan sesuaikan dengan konteks budaya siswa.
- **Rubrik Seleksi:** Gunakan rubrik seleksi Smaldino untuk menilai akurasi, kualitas teknis, dan bebas bias.

### 2.3.4. Adaptasi Materi yang Ada vs Produksi Baru

Sering kali materi yang ada "hampir" sempurna tapi tidak pas.

- **Modifikasi:** Guru dapat mengambil video dari YouTube, memotong bagian yang tidak relevan, menambahkan narasi bahasa Indonesia, atau menyematkan kuis interaktif (menggunakan alat seperti EdPuzzle). Ini lebih efisien daripada memproduksi video sendiri.
- **Produksi:** Produksi baru dilakukan hanya jika tidak ada media yang memenuhi kebutuhan spesifik, misalnya video demonstrasi praktikum menggunakan bahan lokal Indonesia yang tidak ada di YouTube.

### 2.3.5. Rubrik Seleksi Perangkat Lunak Kimia (Aplikasi & Simulasi)

Dalam memilih *software* (seperti yang ditargetkan di RPS untuk desain media 3D dan IoT ), gunakan kriteria:

1. **Fidelity (Kesetiaan):** Seberapa akurat simulasi meniru realitas? (Misal: Apakah warna indikator berubah tepat pada pH trayeknya?)
2. **Interactivity:** Apakah siswa bisa mengontrol variabel?
3. **Feedback:** Apakah aplikasi memberikan umpan balik korektif saat siswa salah?

### Integrasi Dalil Syar'i: Memilih yang Terbaik (*Ahsanu Amala*)

Prinsip seleksi media yang ketat—memilih strategi dan alat yang paling tepat, efektif, dan efisien—sejalan dengan perintah Al-Qur'an untuk selalu mengikuti kualitas terbaik.

Allah SWT berfirman dalam **QS. Az-Zumar (39): 18**:

الَّذِينَ يَسْتَمِعُونَ الْقَوْلَ فَيَتَّبِعُونَ أَحْسَنَهُ ۗ أُولَٰئِكَ الَّذِينَ هَدَاهُمُ اللَّهُ ۖ وَأُولَٰئِكَ هُمْ أُولُو  
الْأَلْبَابِ

“Yang mendengarkan perkataan lalu mengikuti apa yang paling baik di antaranya. Mereka itulah orang-orang yang telah diberi Allah petunjuk dan mereka itulah orang-orang yang mempunyai akal.” (QS. Az-Zumar: 18)

### Tafsir Edukatif:

Ayat ini memuji *Ulul Albab* (orang berakal) yang mampu menyeleksi berbagai informasi/opsi dan memilih yang "Ahsan" (terbaik). Dalam konteks ASSURE (Select Strategies), guru dihadapkan pada ribuan opsi media: video A, video B, aplikasi C, atau alat peraga D. Guru yang Islami tidak asal pilih, tetapi menggunakan akalunya (analisis kritis) untuk menyeleksi media yang *Ahsan*— yang paling akurat secara ilmiah, paling mudah dipahami siswa, dan paling minim mudharatnya. Inilah esensi kualitas dalam pendidikan Islam.

## 2.4. Pemanfaatan dan Partisipasi Pembelajar (*Utilize & Require Participation*)

Memiliki media canggih di *flashdisk* tidak ada gunanya jika tidak dimanfaatkan dengan benar di kelas. Tahap "U" (*Utilize Resources*) dan "R" (*Require Learner Participation*) membahas eksekusi. Smaldino et al. menawarkan proses "5P" untuk pemanfaatan media.

### 2.4.1. Protokol 5P dalam Pemanfaatan Media

1. **Preview (Pratinjau):** Guru wajib menonton video/mencoba aplikasi *sebelum* kelas. Pastikan tidak ada *glitch*, iklan tidak senonoh, atau konten yang salah. Jangan pernah memutar video di kelas yang belum Anda tonton sampai habis!
2. **Prepare Resources (Siapkan Sumber Daya):** Pastikan proyektor menyala, speaker berfungsi, dan koneksi internet stabil. Siapkan LKPD pendamping.
3. **Prepare Environment (Siapkan Lingkungan):** Atur pencahayaan (gelapkan ruangan jika perlu), atur tempat duduk agar semua siswa bisa melihat layar.
4. **Prepare Learners (Siapkan Pembelajar):** Berikan *advance organizer*. "Hari ini kita akan menonton video tentang Reaksi Redoks. Perhatikan perubahan warna yang terjadi pada menit ke-2."
5. **Provide Learning Experience (Sajikan Pengalaman):** Laksanakan pembelajaran dengan dinamis, bukan sekadar menekan tombol *play*.

### 2.4.2. Desain Aktivitas Interaktif: Dari Pasif ke Aktif

Pembelajaran bukan olahraga penonton (*spectator sport*).

- **Masalah:** Menonton video 30 menit tanpa henti membuat siswa pasif dan mengantuk.

- **Solusi (Require Participation):** Gunakan teknik *Pause & Predict*. Hentikan video demonstrasi sebelum reaksi terjadi, minta siswa memprediksi hasilnya, baru lanjutkan. Atau gunakan *Interactive Video* (H5P/EdPuzzle) di mana video berhenti otomatis dan muncul pertanyaan kuis yang harus dijawab.

### 2.4.3. *Scaffolding* Kognitif Menggunakan Media Bertahap

Gunakan media secara bertahap (*scaffolding*).

- **Tahap 1:** Mulai dengan media konkret (demonstrasi nyata atau model *molymod*).
- **Tahap 2:** Lanjut ke representasi ikonik (animasi/gambar).
- **Tahap 3:** Akhiri dengan simbolik (persamaan reaksi).
- Jangan langsung loncat ke abstrak. Media berfungsi sebagai tangga kognitif.

### 2.4.4. Manajemen Kelas dalam Lingkungan Berbasis Teknologi

Penggunaan teknologi di kelas (misal: tablet) bisa menjadi distraksi.

- **Kontrol:** Guru harus menetapkan aturan main ("Screens down when I talk").
- **Monitoring:** Guru harus berkeliling (mobilitas) saat siswa menggunakan simulasi di laptop, memastikan mereka mengerjakan tugas ("Time on Task"), bukan bermain *game* lain.

### 2.4.5. Strategi "Flipped Classroom" Menggunakan Video Pembelajaran

Untuk memaksimalkan partisipasi di kelas, gunakan model *Flipped Classroom*.

- **Pra-Kelas:** Siswa menonton video materi konsep dasar di rumah (sebagai PR).
- **Di Kelas:** Waktu kelas digunakan untuk diskusi pemecahan masalah, praktikum, atau proyek kolaboratif, bukan lagi ceramah. Media video membebaskan waktu guru untuk berinteraksi lebih personal dengan siswa yang kesulitan.

### Integrasi Dalil Syar'i: Persiapan Maksimal (*I'dad*)

Protokol 5P (terutama *Prepare*) sangat selaras dengan konsep **I'dad** (persiapan) dalam Islam. Keberhasilan sebuah amal sangat bergantung pada keseriusan persiapannya.

Allah SWT berfirman dalam QS. Al-Anfal (8): 60:

وَأَعِدُّوا لَهُمْ مَا اسْتَطَعْتُمْ مِنْ قُوَّةٍ

“Dan siapkanlah untuk menghadapi mereka kekuatan apa saja yang kamu sanggupi...” (QS. Al-Anfal: 60)

### Tafsir Edukatif:

Meskipun ayat ini turun dalam konteks pertahanan negara, prinsip universalnya adalah kewajiban melakukan persiapan (*preparation*) semaksimal mungkin sebelum menghadapi tantangan. Mengajar adalah amanah besar. Guru yang masuk kelas tanpa persiapan media (tidak mengecek proyektor, tidak mem-preview video, tidak menyiapkan LKPD) adalah guru yang mengkhianati amanah *I'dad*. Profesionalitas seorang pendidik Muslim terlihat dari seberapa matang ia mempersiapkan sarana (*quwwah/media*) untuk menaklukkan kejahilan di ruang kelas.

## 2.5. Evaluasi dan Revisi (*Evaluate and Revise*)

Langkah terakhir ASSURE bukanlah akhir, melainkan awal siklus baru. **Evaluate and Revise** memastikan kualitas pembelajaran terus meningkat. Smaldino et al. membedakan antara evaluasi hasil belajar siswa dan evaluasi media itu sendiri. RPS juga mewajibkan mahasiswa mampu "melaksanakan tes pengetahuan untuk evaluasi hasil belajar" dan "merefleksikan hasil pembelajaran".

### 2.5.1. Evaluasi Formatif: Uji Coba Alpha dan Beta

Sebelum media digunakan secara luas, lakukan evaluasi formatif.

- **Uji Alpha:** Penilaian oleh ahli materi (dosen/rekan sejawat) untuk mengecek kebenaran konsep kimia.
- **Uji Beta:** Uji coba ke sekelompok kecil siswa. Amati apakah mereka bingung dengan navigasi aplikasinya? Apakah bahasanya terlalu tinggi? Revisi media berdasarkan temuan ini sebelum dipakai di kelas besar.

### 2.5.2. Evaluasi Sumatif: Mengukur Dampak terhadap Hasil Belajar

Apakah media tersebut efektif?

- **Bukti:** Bandingkan hasil *pre-test* dan *post-test*. Jika setelah menggunakan simulasi "Sel Volta" nilai siswa tidak meningkat signifikan dibandingkan metode ceramah biasa, maka media tersebut mungkin tidak efektif atau cara penggunaannya yang salah. Evaluasi harus berbasis data (*data-driven*), bukan asumsi.

### 2.5.3. Analisis Umpan Balik Siswa dan Rekan Sejawat

Jangan hanya mengandalkan nilai ujian. Mintalah pendapat siswa.

- **Angket:** "Apakah animasi tadi membantu kamu memahami gerakan elektron?" "Bagian mana yang membingungkan?"
- **Student Voice:** Sering kali siswa memberikan wawasan desain yang luput dari pandangan guru (misal: "Pak, warna kuning di tulisan itu tidak terbaca di layar belakang").

### 2.5.4. Siklus Revisi Berkelanjutan (Iteratif)

Desain instruksional adalah proses iteratif.

- **Revisi:** Jika evaluasi menunjukkan kelemahan, perbaiki. Mungkin videonya terlalu cepat \rightarrow edit dan perlambat. Mungkin LKPD-nya kurang jelas \rightarrow tulis ulang instruksinya. Tidak ada media yang sempurna pada versi 1.0.

### 2.5.5. Studi Kasus: Revisi Modul Kimia Berdasarkan Data Analitik

Contoh nyata: Sebuah modul e-learning kimia memiliki tingkat *drop-out* tinggi pada Bab "Stoikiometri". Analisis data *LMS (Learning Management System)* menunjukkan siswa rata-rata berhenti menonton video pada menit ke-15.

- **Revisi:** Guru memotong video tersebut menjadi 3 bagian pendek (@ 5 menit) dan menyisipkan kuis interaktif di antaranya.
- **Hasil:** Pada semester berikutnya, tingkat penyelesaian meningkat drastis. Ini adalah esensi dari *Evaluate and Revise*.

### Integrasi Dalil Syar'i: Muhasabah dan Perbaikan Diri

Tahap evaluasi dan revisi adalah manifestasi dari konsep **Muhasabah** (introspeksi/evaluasi diri) dalam Islam.

Allah SWT berfirman dalam **QS. Al-Hashr (59): 18**:

مَا يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا اتَّقُوا اللَّهَ وَلْتَنْظُرْ نَفْسٌ مَّا قَدَّمَتْ لِغَدٍ وَاتَّقُوا اللَّهَ ۚ إِنَّ اللَّهَ خَبِيرٌ  
تَعْمَلُونَ

“Hai orang-orang yang beriman, bertakwalah kepada Allah dan hendaklah setiap diri memperhatikan apa yang telah diperbuatnya untuk hari esok...” (QS. Al-Hashr: 18)

#### Tafsir Edukatif:

Ayat ini memerintahkan orang beriman untuk melakukan evaluasi (*waltandzur*) terhadap amal perbuatannya di masa lalu sebagai bekal perbaikan di masa depan (*li ghad*). Dalam konteks profesional guru, *Evaluate and Revise* adalah bentuk muhasabah akademis. Guru yang baik tidak pernah merasa puas dengan hasil mengajarnya. Ia selalu menengok ke belakang (mengevaluasi media dan metodenya), mengakui kekurangan, dan melakukan perbaikan (revisi) untuk "hari esok" (pembelajaran berikutnya) yang lebih baik. Tanpa evaluasi, tidak ada peningkatan kualitas (*continuous improvement*), dan ini bertentangan dengan semangat Islam yang menuntut hari ini lebih baik dari kemarin.

## Referensi Terpilih Bab 2

1. Smaldino, S. E., Lowther, D. L., & Mims, C. (2019). *Instructional Technology and Media for Learning* (12th ed.). Pearson.
2. Kasmui, et al. (2024). *Rencana Pembelajaran Semester (RPS): Media Pembelajaran Kimia*. Universitas Negeri Semarang.
3. Gardner, H. (2011). *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*. Basic Books. (Disitasi dalam Smaldino).

# BAB 3: MEDIA VISUAL DAN GRAFIS DALAM REPRESENTASI KIMIA

Dalam hierarki representasi kimia (Segitiga Johnstone), elemen visual memegang peran sentral sebagai jembatan kognitif. Media visual bukan sekadar "pemanis" estetika, melainkan kode bahasa yang mentranslasikan fenomena tak kasat mata (submikroskopik) menjadi citra yang dapat diproses oleh indra (makroskopik). Bab ini menguraikan prinsip rekayasa media visual, mulai dari desain grafis dasar hingga representasi diagramatik kompleks, merujuk pada prinsip *Visual Literacy* yang ditekankan oleh Smaldino et al. (2019) dan tuntutan kompetensi produksi media dalam RPS Pendidikan Kimia.

## 3.1. Prinsip Desain Visual untuk Materi Sains

Efektivitas sebuah media kimia sering kali ditentukan oleh kualitas desain visualnya. Smaldino et al. menegaskan bahwa visual yang didesain dengan buruk dapat menghambat pembelajaran (*interference*) alih-alih membantunya.

### 3.1.1. Elemen Desain: Garis, Bentuk, Tekstur, dan Ruang Negatif

Setiap media visual dibangun dari elemen dasar.

- **Garis:** Dalam kimia, garis memiliki makna spesifik (misal: satu garis = ikatan tunggal, dua garis = ikatan rangkap). Ketebalan garis dapat menunjukkan kedalaman (perspektif 3D).
- **Bentuk:** Membedakan antara representasi atom (bola) dan orbital (cuping/lobus). Konsistensi bentuk vital untuk menghindari kebingungan.
- **Ruang Negatif (*White Space*):** Jangan memadati slide presentasi. Ruang kosong memberikan "ruang napas" bagi mata siswa untuk memproses informasi struktur molekul yang rumit.

### 3.1.2. Psikologi Warna dalam Pembedaan Atom dan Molekul (CPK Coloring)

Warna adalah kode informasi utama.

- **Standar CPK:** Mengacu pada konvensi Corey-Pauling-Koltun, siswa harus dibiasakan bahwa Hitam = Karbon, Putih = Hidrogen, Merah = Oksigen, Biru = Nitrogen.
- **Kontras:** Gunakan latar belakang yang kontras tinggi (misal: molekul terang di latar gelap atau sebaliknya) untuk memastikan keterbacaan proyeksi di kelas.
- **Fungsi Pembeda:** Gunakan warna untuk menonjolkan gugus fungsi reaktif dalam mekanisme reaksi organik (misal: nukleofil diwarnai merah, elektrofil biru).

### 3.1.3. Tipografi: Keterbacaan Simbol dan Rumus Kimia

Pemilihan *font* mempengaruhi akurasi pembacaan rumus.

- **Serif vs Sans-Serif:** Untuk layar digital, *Sans-Serif* (Arial, Verdana) lebih mudah dibaca. Untuk media cetak, *Serif* (Times New Roman) lebih disarankan.
- **Subscript/Superscript:** Pastikan angka pada rumus kimia (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) dan muatan ion (Fe<sup>{3+}</sup>) tertulis dengan proporsi yang jelas. Kesalahan tipografi (misal: H<sub>2</sub>O tanpa subscript) adalah kesalahan fatal dalam literasi simbolik.

### 3.1.4. Layout dan Komposisi: Hukum *Rule of Thirds* dalam Infografis

Tata letak memandu alur baca mata siswa.

- **Focal Point:** Tempatkan informasi terpenting (misal: persamaan reaksi utama) pada titik potong garis sepertiga (*Rule of Thirds*), bukan selalu di tengah.
- **Alur Z atau F:** Desain poster ilmiah sebaiknya mengikuti pola baca alami mata (kiri-atas ke kanan-bawah).

### 3.1.5. Konsistensi Visual dalam Satu Set Materi Ajar

Konsistensi mengurangi beban kognitif. Jika atom Oksigen digambarkan sebagai bola merah di Bab 1, jangan ubah menjadi bola hijau di Bab 2. Konsistensi gaya visual (misal: *flat design* vs *skeuomorphic*) harus dijaga di seluruh slide dan modul.

### Integrasi Dalil Syar'i: Keindahan dan Proporsi (*Al-Musawwir*)

Prinsip desain visual yang menekankan pada proporsi, harmoni, dan keindahan, merupakan refleksi dari Asmaul Husna, **Al-Musawwir** (Yang Maha Membentuk Rupa).

Allah SWT berfirman dalam **QS. Al-Infitar (82): 6-8**:

يَا أَيُّهَا الْإِنْسَانُ مَا غَرَّبَكَ بِرَبِّكَ الْكَرِيمِ ﴿٦﴾ الَّذِي خَلَقَكَ فَسَوَّاكَ فَعَدَلَكَ ﴿٧﴾ فِي أَيِّ صُورَةٍ مَّا شَاءَ رَكَّبَكَ ﴿٨﴾

“Hai manusia, apakah yang telah memperdayakan kamu (berbuat durhaka) terhadap Tuhanmu Yang Maha Pemurah. Yang telah menciptakan kamu lalu menyempurnakan kejadianmu dan menjadikan (susunan tubuh)mu seimbang (proporsional), dalam bentuk apa saja yang Dia kehendaki, Dia menyusun tubuhmu.” (QS. Al-Infitar: 6-8)

#### Tafsir Edukatif:

Ayat ini menegaskan bahwa Allah menciptakan segala sesuatu dengan *taswiyah* (penyempurnaan) dan *ta'dil* (keseimbangan/proporsi). Dalam mendesain media pembelajaran, seorang pendidik muslim hendaknya meneladani sifat ini dengan menciptakan visual yang tidak hanya benar secara konten, tetapi juga seimbang (*balanced*), proporsional, dan estetik. Keindahan desain visual adalah bentuk penghormatan terhadap ilmu dan upaya menarik hati siswa untuk mencintai ilmu tersebut.

## 3.2. Fotografi Makroskopik dan Mikrografi

Fotografi adalah alat utama untuk menangkap realitas makroskopik kimia. Smaldino et al. menekankan pentingnya "Capturing Digital Visuals" untuk membawa dunia nyata ke dalam kelas.

### 3.2.1. Teknik Fotografi Makro untuk Reaksi Kimia

Banyak fenomena kimia terjadi dalam skala kecil (tabung reaksi/tetesan).

- **Detail:** Lensa makro memungkinkan siswa melihat tekstur endapan kristal, pembentukan gelembung gas pada elektroda, atau gradasi warna indikator pH yang tidak terlihat jelas dari meja belakang kelas.
- **Pencahayaan:** Gunakan *backlighting* untuk larutan transparan agar warna terlihat cerah, dan *side lighting* untuk mempertegas tekstur endapan solid.

### 3.2.2. Pemanfaatan Mikroskop Elektron (SEM/TEM) dalam Media Pembelajaran

Untuk menjembatani ke level submikro, citra mikrografi sangat efektif.

- **SEM (Scanning Electron Microscope):** Menampilkan topografi permukaan material (misal: struktur pori zeolit atau permukaan logam yang terkorosi). Ini memberikan bukti visual "nyata" tentang struktur materi.
- **Sumber Terbuka:** Guru dapat mengakses basis data citra SEM/TEM dari situs universitas riset atau jurnal *Open Access* untuk digunakan sebagai materi ajar (dengan atribusi yang tepat).

### 3.2.3. Fotografi *High-Speed* untuk Menangkap Kinetika Reaksi Cepat

Reaksi seperti ledakan alkali di air atau pembakaran pita magnesium terjadi terlalu cepat.

- **Freeze Frame:** Fotografi kecepatan tinggi dapat "membekukan" momen transisi reaksi, memungkinkan analisis langkah demi langkah yang mustahil dilakukan dengan pengamatan mata telanjang (*naked eye*).

### 3.2.4. Etika Manipulasi Digital dalam Dokumentasi Sains

Dalam era Photoshop, integritas visual adalah isu etis.

- **Enhancement vs Manipulation:** Memperbaiki kontras atau *cropping* diperbolehkan untuk kejelasan (*clarity*). Namun, mengubah warna hasil reaksi atau menghapus "pengotor" digital untuk membuat eksperimen terlihat sempurna adalah pemalsuan data ilmiah. Guru harus mengajarkan batasan ini.

### 3.2.5. Proyek Siswa: Fotografi Kimia dalam Kehidupan Sehari-hari

- **Contextual Learning:** Tugaskan siswa memotret fenomena kimia di rumah (karat pada pagar, emulsi pada mayones, reaksi *baking soda* kue). Ini melatih "mata kimia" (*chemical eye*) mereka untuk melihat sains dalam keseharian.

## 3.3. Infografis dan Poster Ilmiah

RPS mata kuliah ini menargetkan mahasiswa mampu "memproduksi media" yang sering kali diwujudkan dalam bentuk poster atau infografis untuk diseminasi.

### 3.3.1. Transformasi Data Kuantitatif Menjadi Narasi Visual

Infografis bukan sekadar gambar indah, tapi data yang bercerita.

- **Visualisasi Data:** Ubah tabel data kelarutan yang membosankan menjadi grafik batang atau *heat map* yang menarik secara visual.
- **Narasi:** Infografis yang baik memiliki alur: Masalah (misal: Pencemaran Plastik) → Data Kimia (Struktur Polimer sulit terurai) → Solusi (Bioplastik).

### 3.3.2. Desain Tabel Periodik Interaktif dan Tematik

Tabel periodik adalah infografis paling terkenal di dunia.

- **Tematik:** Guru dapat mendesain tabel periodik tematik, misal "Tabel Periodik Kelimpahan Unsur di Ponsel Pintar" atau "Tabel Periodik Isotop Radioaktif".
- **Interaktif:** Versi digital dapat dilengkapi *hyperlink* yang memunculkan video reaksi unsur saat diklik.

### 3.3.3. Visualisasi Alur Proses Industri Kimia (*Flowchart*)

Proses industri (seperti Proses Kontak pembuatan Asam Sulfat) sangat kompleks jika dijelaskan dengan teks.

- **Penyederhanaan:** Gunakan diagram alir (*flowchart*) dengan ikon-ikon vektor sederhana untuk menggambarkan reaktor, kondensor, dan aliran bahan baku vs produk.

### 3.3.4. Poster Akademik: Menyederhanakan Riset Kompleks

Mahasiswa calon guru harus dilatih membuat poster ilmiah standar konferensi.

- **Struktur:** Pendahuluan, Metode, Hasil (Grafik/Foto), Diskusi, Kesimpulan.
- **Keterbacaan:** Teks pada poster harus terbaca dari jarak 1-2 meter. Gunakan *bullet points*, bukan paragraf panjang.

### 3.3.5. *Tools* Desain Grafis untuk Guru

Tidak perlu menjadi desainer profesional.

- **Aplikasi:** Canva (sangat ramah pemula dengan ribuan *template* pendidikan), BioRender (khusus ilustrasi sains/biokimia), Inkscape (gratis untuk desain vektor). Kompetensi teknis ini mendukung "Pengembangan Media Digital" yang tercantum di RPS.

## 3.4. Komik dan Narasi Visual Kimia

Narasi visual (Visual Storytelling) adalah strategi ampuh untuk meningkatkan keterlibatan (*engagement*) siswa, terutama pada level pendidikan dasar dan menengah.

### 3.4.1. *Storytelling* dalam Sains: Mengapa Narasi Penting?

Otak manusia diprogram untuk mengingat cerita lebih baik daripada fakta terisolasi.

- **Konteks:** Mengemas materi "Ikatan Kimia" dalam cerita "Petualangan Atom Natrium mencari pasangan Klorin" membuat konsep abstrak menjadi *relatable* secara emosional.

### 3.4.2. Personifikasi Unsur Kimia: Analisis Manfaat dan Risiko Miskonsepsi

- **Manfaat:** Memberikan "kepribadian" pada unsur (misal: Gas Mulia digambarkan sombong/tidak mau bergaul) membantu menghafal sifat periodik.
- **Risiko Miskonsepsi:** Guru harus menegaskan bahwa atom tidak memiliki perasaan atau keinginan. Personifikasi hanyalah metafora (*analogy*), bukan realitas ilmiah.

### 3.4.3. Struktur Narasi Komik untuk Menjelaskan Mekanisme Reaksi

- **Panel:** Gunakan panel komik untuk memecah langkah-langkah reaksi.
  - Panel 1: Reaktan mendekat (Orientasi).
  - Panel 2: Tumbukan dan Pembentukan Kompleks Teraktivasi (Klimaks).
  - Panel 3: Pembentukan Produk (Resolusi).

### 3.4.4. Pengembangan Karakter Tokoh Ilmuwan Kimia Sejarah

Komik biografi (misal: Marie Curie atau Jabir ibn Hayyan) dapat mengajarkan Sejarah Sains (*Nature of Science*). Visualisasi seting laboratorium kuno vs modern memberikan perspektif historis teknologi kimia.

### 3.4.5. Studi Kasus: Adaptasi Manga/Webtoon untuk Materi Ikatan Kimia

Gaya visual populer seperti Manga atau Webtoon (format vertikal di ponsel) sangat menarik bagi Gen Z.

- **Proyek:** Mahasiswa membuat *strip* komik 4-panel yang menjelaskan perbedaan ikatan ion (transfer) dan kovalen (sharing) menggunakan metafora interaksi sosial.

### 3.5. Diagram dan Skematik Molekuler

Diagram adalah bahasa simbolik visual yang menjembatani level submikroskopik dan simbolik. Smaldino et al. mengategorikan ini sebagai representasi visual yang memerlukan literasi spesifik untuk dipahami.

#### 3.5.1. Konvensi Internasional Penggambaran Struktur (IUPAC)

Menggambar struktur kimia tidak boleh sembarangan.

- **Standar:** Ikuti aturan IUPAC. Rantai karbon zigzag, gugus fungsi ditulis jelas. Kesalahan kecil (misal: menulis ikatan C-H padahal yang terikat adalah C-O) dapat mengubah makna kimiawi.

#### 3.5.2. Representasi 2D vs Pseudo-3D

- **Proyeksi:** Kertas bersifat 2D, tapi molekul 3D.
  - *Wedge and Dash:* Garis tebal (menuju pembaca) dan garis putus-putus (menjauhi pembaca) adalah konvensi wajib untuk mengajarkan stereokimia.
  - *Newman Projection:* Untuk melihat konformasi alkana.
  - *Fischer Projection:* Untuk karbohidrat/biokimia.
- **Media:** Gunakan animasi untuk menunjukkan transisi dari model 3D berputar menjadi representasi 2D di kertas agar siswa paham asal-usul notasi tersebut.

#### 3.5.3. Diagram Energi dan Kurva Reaksi

Diagram energi (Eksoterm/Endoterm) adalah representasi abstrak yang sering disalahpahami.

- **Visualisasi:** Pastikan sumbu Y (Energi Potensial) dan sumbu X (Koordinat Reaksi) terlabel jelas. Gunakan warna berbeda untuk kurva reaksi "dengan katalis" vs "tanpa katalis" dalam satu grafik.

#### 3.5.4. Kesalahan Umum dalam Menggambar Struktur Lewis dan VSEPR

- **Miskonsepsi:** Siswa sering menggambar molekul air ( $H_2O$ ) secara linear (H-O-H) karena lebih mudah, padahal faktanya bengkok (*bent*).
- **Koreksi Visual:** Media harus selalu menampilkan pasangan elektron bebas (*lone pair*) yang "memakan tempat" untuk menjelaskan mengapa bentuknya bengkok.

#### 3.5.5. Aplikasi Penggambar Struktur (*ChemDraw*, *KingDraw*, *ChemSketch*)

Kompetensi teknis (*Technological Knowledge*) guru meliputi penguasaan *software*.

- **ChemDraw:** Standar industri/akademik.
- **KingDraw/ChemSketch:** Alternatif gratis yang mumpuni untuk membuat soal ujian dan bahan ajar berkualitas publikasi. Fitur *Clean Up Structure* pada aplikasi ini membantu merapikan panjang ikatan dan sudut secara otomatis sesuai standar kimia.

### Integrasi Dalil Syar'i: Keteraturan dalam Penciptaan (*Al-Qadr*)

Diagram kimia, struktur kristal, dan geometri molekul yang presisi menunjukkan adanya *qadar* (ukuran/ketentuan) yang pasti dalam penciptaan alam semesta.

Allah SWT berfirman dalam **QS. Al-Qamar (54): 49**:

إِنَّا كُلَّ شَيْءٍ خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ

“*Sesungguhnya Kami menciptakan segala sesuatu menurut ukuran.*” (QS. Al-Qamar: 49)

#### Tafsir Edukatif:

Kata *Biqadar* bermakna dengan ukuran, aturan, dan ketentuan yang presisi. Dalam kimia, ini terlihat dari sudut ikatan yang pasti (misal: tetrahedral 109,5 derajat), panjang ikatan, dan stoikiometri reaksi. Saat mengajarkan diagram molekuler atau stoikiometri, guru menyingkap *Sunnatullah* yang sangat rapi ini. Visualisasi yang akurat dan rapi dalam media pembelajaran bukan hanya tuntutan akademis, tetapi juga upaya menampilkan keteraturan (*order*) ciptaan Allah yang jauh dari kesia-siaan atau kebetulan.

#### Referensi Bab 3:

1. Smaldino, S. E., Lowther, D. L., & Mims, C. (2019). *Instructional Technology and Media for Learning* (12th ed.). Pearson.
2. Kasmui, et al. (2024). *Rencana Pembelajaran Semester (RPS): Media Pembelajaran Kimia*. Universitas Negeri Semarang.
3. IUPAC. *Compendium of Chemical Terminology*.

# BAB 4: MEDIA TIGA DIMENSI (3D) DAN REALIA (BENDA NYATA)

Dalam taksonomi pengalaman belajar (Kerucut Pengalaman Edgar Dale), pengalaman langsung dengan benda nyata (*direct purposeful experiences*) menempati posisi dasar yang paling konkret. Smaldino et al. (2019) menekankan pentingnya pengalaman taktil dan kinestetik dalam membangun pemahaman konsep. Bab ini membahas pemanfaatan media tiga dimensi, mulai dari objek nyata (*realia*) hingga teknologi fabrikasi digital (*3D printing*), yang selaras dengan RPS Pertemuan 3-4 tentang desain dan produksi media 3D.

## 4.1. Pemanfaatan Realia dan Objek Nyata

Realia merujuk pada benda nyata yang digunakan sebagai bahan belajar. Dalam kimia, realia bukan sekadar model, melainkan materi itu sendiri. Penggunaan realia membawa "kebenaran" materi ke dalam kelas, menghindari abstraksi prematur.

### 4.1.1. *Chemistry in Context*: Membawa Sampel Industri ke Kelas

Pembelajaran kimia sering kali terputus dari dunia nyata.

- **Aplikasi:** Bawa sampel nyata produk industri. Saat mengajar polimer, bawa biji plastik (pelet), pipa PVC, dan botol PET. Saat mengajar unsur, bawa sampel tembaga, seng, atau karbon (grafit/arang).
- **Koneksi:** Siswa dapat melihat, menyentuh, dan membaui (jika aman) karakteristik makroskopik bahan tersebut, membangun jembatan mental saat nanti membahas struktur mikroskopiknya.

### 4.1.2. Koleksi Mineral dan Bijih Logam sebagai Media Unsur

- **Geokimia:** Gunakan batuan mineral (seperti pirit untuk besi/belerang, bauksit untuk aluminium) untuk mengajarkan kelimpahan unsur.
- **Autentisitas:** Melihat bentuk asli unsur di alam mengajarkan siswa bahwa unsur kimia tidak "hidup" di dalam botol reagen laboratorium saja, tetapi merupakan penyusun kerak bumi.

### 4.1.3. Pemanfaatan Limbah dan Bahan Rumah Tangga untuk Eksperimen

- **Green Chemistry:** Gunakan bahan bekas (kaleng aluminium, paku berkarat, cuka dapur) sebagai realia.
- **Efisiensi:** Ini mengajarkan bahwa kimia ada di sekitar kita (*contextual teaching and learning*) dan mengurangi biaya pengadaan bahan kimia murni yang mahal.

#### 4.1.4. *Safety First*: Penanganan Media Benda Asli Berbahaya

Smaldino et al. (2019) mengingatkan tentang aspek keselamatan.

- **Protokol:** Realia tertentu (misal: sampel logam natrium atau asam pekat) harus disimpan dalam wadah tertutup (desikator) dan hanya boleh didemonstrasikan oleh guru.
- **Labeling:** Setiap realia harus diberi label GHS (*Globally Harmonized System*) yang jelas.

#### 4.1.5. Manajemen Penyimpanan dan Perawatan Realia

- **Kurasi:** Guru perlu memiliki sistem inventarisasi. Sampel logam yang mudah teroksidasi harus dilapisi minyak atau disimpan dalam gas inert. Koleksi kristal harus dijauhkan dari kelembaban tinggi (higroskopis).

### 4.2. Model Molekul Fisik (Molymod & Kit Kristal)

Model fisik adalah representasi 3D dari struktur mikroskopik. Meskipun bukan "realia" (karena atom tidak berwarna-warni seperti plastik), model ini krusial untuk memvisualisasikan geometri ruang.

#### 4.2.1. Peran Haptic (Sentuhan) dalam Memahami Geometri Molekul

- **Kecerdasan Kinestetik:** Memegang dan memutar model metana ( $\text{CH}_4$ ) membantu siswa merasakan sudut  $109,5$  derajat secara fisik, yang sulit dipahami hanya dari gambar 2D di papan tulis.
- **Manipulasi:** Siswa dapat mencoba memutar ikatan tunggal ( $\sigma$ ) dan merasakan kekakuan ikatan rangkap ( $\pi$ ), memberikan pemahaman intuitif tentang isomerisme geometri (cis-trans).

#### 4.2.2. Keterbatasan Model Bola-Tongkat vs Model Pengisi Ruang (*Space Filling*)

- **Bola-Tongkat (Ball-and-Stick):** Bagus untuk melihat sudut ikatan dan kerangka molekul, tapi menyesatkan karena memberi kesan "ruang kosong" yang besar di antara atom.
- **Space Filling:** Lebih akurat menggambarkan volume elektron (Vanderwaals radius) dan efek sterik (kesesakan ruang), tapi sulit melihat sudut ikatan di dalamnya.
- **Strategi:** Gunakan kedua jenis model secara bergantian untuk melengkapi pemahaman.

#### 4.2.3. Membangun Model Kristal Kisi dan Sel Satuan

- **Kompleksitas:** Struktur kristal (kubus berpusat badan/BCC, kubus berpusat muka/FCC) sangat sulit divisualisasikan.
- **Konstruktivisme:** Biarkan siswa membangun tumpukan bola pingpong atau jeruk untuk memahami konsep bilangan koordinasi dan efisiensi pengemasan (*packing efficiency*) dalam padatan logam.

#### 4.2.4. Inovasi Model Murah dari Bahan Daur Ulang (*Low-Cost Media*)

- **Kreativitas:** Gunakan plastisin (lilin mainan) dan tusuk gigi, atau permen kenyal (*marshmallow*) untuk membuat model molekul sederhana.
- **RPS:** Ini mendukung aspek "Produksi Media" dengan biaya rendah namun dampak pedagogis tinggi.

#### 4.2.5. Aktivitas Kinestetik Menggunakan Model Fisik Isomer

- **Tantangan:** Berikan siswa 5 atom C dan 12 atom H. Minta mereka menyusun sebanyak mungkin struktur yang berbeda (isomer alkana). Aktivitas ini melatih logika kombinatorial dan pemahaman spasial secara nyata.

### 4.3. Teknologi Cetak 3D (*3D Printing*) dalam Kimia

RPS Mata Kuliah ini secara eksplisit menyebutkan "Pengenalan Laboratorium Fabrikasi", yang merujuk pada tren *Maker Movement* dalam pendidikan. Smaldino et al. (2019) menyoroti "Digital Fabricator: A Printer for Real Objects" sebagai inovasi penting.

#### 4.3.1. Pengantar Laboratorium Fabrikasi Digital

- **FabLab:** Ruang di mana siswa dapat mendesain objek di komputer (CAD) dan mencetaknya menjadi benda fisik.
- **Relevansi:** Memungkinkan pembuatan alat peraga yang *customized* (sesuai kebutuhan spesifik materi) yang tidak dijual di pasaran.

#### 4.3.2. Desain CAD untuk Orbital Atom dan Hibridisasi

- **Abstrak ke Konkret:** Bentuk orbital p, d, dan f sangat abstrak. Mencetak model 3D lobus orbital membantu siswa melihat orientasi sumbu x, y, z secara nyata.
- **Software:** Menggunakan aplikasi seperti TinkerCAD atau Blender untuk mendesain orbital hibrida  $sp^3$  sebelum dicetak.

#### 4.3.3. Mencetak Struktur Biomolekul Kompleks (Protein/DNA)

- **Biokimia:** Struktur sekunder dan tersier protein (alfa-helix, beta-sheet) sangat rumit.
- **Sumber Data:** Unduh data PDB (*Protein Data Bank*) dari internet, konversi ke format .STL, dan cetak. Siswa dapat memegang model enzim dan melihat sisi aktifnya (*active site*) secara detail.

#### 4.3.4. Visualisasi Permukaan Potensial Elektrostatik secara Fisik

- **Lanjut:** Mencetak model molekul yang memiliki tekstur atau warna berbeda berdasarkan densitas elektron (merah = kaya elektron, biru = miskin elektron) untuk mengajarkan konsep kepolaran dan reaktivitas.

### 4.3.5. Tantangan Biaya dan Aksesibilitas 3D Printing di Sekolah

- **Isu:** Biaya printer dan filamen (PLA/ABS).
- **Solusi:** Kolaborasi dengan *Makerspace* lokal atau universitas. Fokus pada pencetakan "Master Model" yang kemudian bisa direplikasi dengan teknik cetak tuang (molding) murah jika perlu produksi massal.

## 4.4. Alat Peraga Praktikum Improvisasi

Dalam RPS, mahasiswa dituntut memiliki keterampilan mendesain alat peraga. Sering kali, sekolah tidak memiliki alat kaca standar. Kemampuan improvisasi adalah kompetensi guru profesional.

### 4.4.1. Filosofi *Microscale Chemistry*: Efisiensi dan Ekologi

- **Konsep:** Melakukan eksperimen dengan jumlah bahan sangat sedikit (tetesan).
- **Manfaat:** Lebih aman, limbah sedikit (*green chemistry*), dan biaya sangat murah.
- **Alat:** Menggunakan pelat tetes (*spot plate*) buatan sendiri dari blister kemasan obat bekas atau lembaran plastik transparan.

### 4.4.2. Desain Alat Destilasi dan Elektrolisis Sederhana

- **Destilasi:** Menggunakan botol bekas, selang akuarium, dan es batu sebagai kondensor.
- **Elektrolisis:** Menggunakan pensil grafit (sebagai elektroda karbon), baterai 9V, dan gelas plastik untuk elektrolisis air atau larutan garam.

### 4.4.3. Pengembangan Kit Praktikum *Portable (Lab in a Box)*

- **Mobilitas:** Merancang kotak alat praktikum yang bisa dibawa ke kelas (bukan siswa ke lab). Ini solusi untuk sekolah dengan rasio lab:siswa yang rendah.
- **Isi:** Botol tetes kecil, mikropipet plastik, dan reagen padat yang aman.

### 4.4.4. Validasi Akurasi Alat Peraga Buatan Sendiri

- **Kalibrasi:** Alat buatan sendiri (misal: neraca pegas dari karet gelang) harus dikalibrasi dengan alat standar untuk memastikan datanya valid secara ilmiah. Ini mengajarkan prinsip pengukuran dan ketidakpastian (*uncertainty*).

### 4.4.5. Proyek STEM: Siswa Mendesain Alat Ukur Kimia

- **Project-Based Learning:** Tantang siswa untuk membuat "Kalorimeter Cangkir Kopi" yang paling efisien menahan panas. Siswa belajar termokimia sekaligus rekayasa isolator (STEM).

#### 4.5. Lingkungan Belajar Diorama dan Pameran

Media 3D juga mencakup penciptaan lingkungan (*environment*) belajar, sesuai dengan bab "Effective Learning Environments" dalam Smaldino et al..

##### 4.5.1. Desain Diorama Siklus Biogeokimia (Karbon, Nitrogen)

- **Sistem:** Diorama 3D memperlihatkan hubungan spasial antar komponen ekosistem (atmosfer, tanah, tumbuhan) dalam siklus unsur, yang sering terlihat datar di buku teks.

##### 4.5.2. Pameran Kimia Interaktif (*Science Fair Booth*)

- **Komunikasi Sains:** Mahasiswa calon guru merancang *booth* pameran yang berisi demonstrasi kimia interaktif. Pengunjung (siswa sekolah) bisa mencoba sendiri. Ini melatih kemampuan komunikasi publik.

##### 4.5.3. Museum Kimia Virtual dan Fisik

- **Koleksi:** Membuat mini-museum di pojok kelas berisi sejarah alat kimia (tabung reaksi kuno, neraca lama) atau koleksi batuan.

##### 4.5.4. *Gamification* dalam Eksplorasi Alat Peraga Fisik

- **Scavenger Hunt:** Sembunyikan petunjuk kimia di berbagai alat peraga di laboratorium. Siswa harus memecahkan teka-teki fungsi alat untuk menemukan petunjuk berikutnya.

##### 4.5.5. Integrasi QR Code pada Media 3D untuk Informasi Tambahan

- **Hybrid:** Tempelkan stiker QR Code pada model molekul 3D atau alat peraga. Saat di-scan dengan HP, muncul video penjelasan atau data sifat fisik zat tersebut (menghubungkan Realia dengan Media Digital/Cyber-Physical System).

#### Integrasi Dalil Syar'i: Merenungi Ciptaan (*Tafakkur*)

Penggunaan media 3D dan realia mengajak siswa untuk melihat, meraba, dan mengamati ciptaan Allah secara langsung. Ini adalah implementasi dari perintah **Tafakkur** (berpikir/merenung) terhadap alam semesta (*Ayat Kauniyah*).

Allah SWT berfirman dalam **QS. Ali Imran (3): 190-191:**

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لآيَاتٍ لِأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿١٩٠﴾ الَّذِينَ  
يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا  
خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

“*Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal... (yaitu) orang-orang yang... memikirkan penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka."* (QS. Ali Imran: 190-191)

#### **Tafsir Edukatif:**

Ayat ini menegaskan bahwa tidak ada satu pun ciptaan Allah (materi/realia) yang sia-sia (*bathila*). Setiap atom, setiap struktur kristal, dan setiap reaksi kimia memiliki tujuan dan hikmah. Dengan menghadirkan objek nyata dan model 3D di kelas, guru memfasilitasi siswa untuk melakukan *tafakkur* mendalam—melihat kompleksitas dan keteraturan materi sebagai bukti keagungan *Al-Khaliq* (Sang Pencipta). Pendidikan kimia yang berbasis realia bukan hanya mentransfer fakta sains, tetapi juga menanamkan kekaguman spiritual.

#### **Referensi Bab 4:**

1. Smaldino, S. E., Lowther, D. L., & Mims, C. (2019). *Instructional Technology and Media for Learning* (12th ed.). Pearson.
2. Kasmui, et al. (2024). *Rencana Pembelajaran Semester (RPS): Media Pembelajaran Kimia*. Universitas Negeri Semarang.

# BAB 5: PENGEMBANGAN VIDEO DAN AUDIO PEMBELAJARAN

Dalam era multimedia, video dan audio bukan sekadar pelengkap, melainkan komponen inti dalam penyampaian materi ajar. Smaldino et al. (2019) menggabungkan audio, video, teks, dan visual sebagai "Multimedia" yang memperkaya pembelajaran. Dalam **RPS Media Pembelajaran Kimia**, keterampilan memproduksi video pembelajaran ditempatkan sebagai kompetensi utama pada pertemuan ke-9 hingga ke-13, mencakup tahap pra-produksi (skenario), produksi, hingga pasca-produksi (penyuntingan dan publikasi). Bab ini membedah teknis produksi media gerak dan suara untuk mengatasi keterbatasan pembelajaran konvensional.

## 5.1. Skenario dan *Storyboard* Video Kimia

Sebuah video pembelajaran yang efektif dimulai dari perencanaan yang matang, bukan dari pengambilan gambar yang spontan. RPS secara spesifik menargetkan mahasiswa mampu "Menulis Skenario Video Pembelajaran" pada pertemuan ke-11. Tanpa naskah yang kuat, video akan kehilangan fokus pedagogisnya.

### 5.1.1. Menulis Naskah: Menyeimbangkan Akurasi Ilmiah dan Bahasa Populer

Naskah video kimia memiliki tantangan ganda: harus akurat secara ilmiah namun tetap komunikatif.

- **Bahasa Tutur:** Hindari bahasa buku teks yang kaku. Gunakan gaya bahasa percakapan (*conversational style*) untuk membangun koneksi personal dengan siswa.
- **Durasi:** Perkirakan durasi naskah. Rata-rata kecepatan bicara normal adalah 130-150 kata per menit. Naskah 500 kata kira-kira menghasilkan video 3-4 menit.

### 5.1.2. Teknik *Storyboarding*: Visualisasi *Shot* demi *Shot*

*Storyboard* adalah cetak biru visual video. Smaldino et al. (2019) menekankan pentingnya perencanaan visual dalam "Producing Video".

- **Komponen:** Setiap panel storyboard harus memuat: (1) Sketsa visual (apa yang dilihat), (2) Audio/Narasi (apa yang didengar), dan (3) Catatan teknis (jenis *shot*, durasi).
- **Relevansi Kimia:** Tentukan kapan harus menampilkan wajah guru (*talking head*) dan kapan harus *close-up* ke tabung reaksi.

### 5.1.3. Jenis Video: *Talking Head*, Demonstrasi, vs Animasi

Smaldino et al. (2019) membedakan berbagai tipe video pendidikan.

- **Talking Head:** Guru berbicara langsung ke kamera. Efektif untuk pengantar dan motivasi, namun membosankan jika terlalu lama.
- **Demonstrasi:** Fokus pada tangan dan alat. Wajib untuk prosedur praktikum.
- **Animasi:** Untuk menjelaskan konsep submikroskopik yang tidak bisa direkam kamera.

#### 5.1.4. Durasi Ideal dan Segmentasi Konten (*Micro-learning*)

- **Rentang Atensi:** Video pembelajaran sebaiknya singkat. Riset menunjukkan retensi menurun drastis setelah 6 menit.
- **Chunking:** Pecah materi "Stoikiometri" menjadi video-video pendek: (1) Konsep Mol, (2) Massa Molar, (3) Volume Molar. Jangan digabung menjadi satu film panjang.

#### 5.1.5. Mengintegrasikan Pertanyaan Pemantik dalam Video

Video pasif kurang efektif.

- **Hook:** Mulailah video dengan pertanyaan atau fenomena paradoks untuk memancing rasa ingin tahu (*curiosity*).
- **Embedded Questions:** Rencanakan titik-titik henti dalam skenario di mana siswa akan diminta menjawab pertanyaan kuis sebelum lanjut (menggunakan platform seperti EdPuzzle).

### 5.2. Teknik Produksi Video Demonstrasi Laboratorium

Video memiliki keunggulan inheren dalam menampilkan gerak, proses, dan kejadian berbahaya yang tidak mungkin dibawa ke kelas. Merekam praktikum kimia membutuhkan teknik sinematografi khusus.

#### 5.2.1. Pencahayaan dan Sudut Kamera untuk Reaksi Tabung Reaksi

- **Masalah Transparansi:** Larutan kimia sering kali bening atau transparan, sulit direkam.
- **Solusi Lighting:** Gunakan *backlighting* (cahaya dari belakang objek) atau latar belakang kertas putih/hitam yang kontras agar perubahan warna indikator terlihat jelas di kamera. Hindari pantulan (*glare*) pada kaca gelas kimia.

#### 5.2.2. Teknik *Close-Up* dan *Macro Videography*

- **Detail:** Keunggulan video adalah kemampuan *zooming*. Gunakan lensa makro untuk merekam detail pembentukan kristal atau gelembung gas pada elektroda yang tidak bisa dilihat siswa dari meja belakang.

#### 5.2.3. *Safety Protocol* dalam Perekaman Eksperimen Berbahaya

- **Model Peran:** Video guru adalah model bagi siswa. Pastikan pemeran dalam video *selalu* memakai jas lab, kacamata pelindung (*goggles*), dan sarung tangan, meskipun reaksi yang

direkam relatif aman. Kesalahan sekecil apa pun dalam prosedur keselamatan akan terekam permanen.

#### 5.2.4. Perekaman *Time-Lapse* untuk Reaksi Lambat (Kristalisasi)

- **Manipulasi Waktu:** Smaldino et al. (2019) mencatat kemampuan video untuk memanipulasi waktu. Reaksi pertumbuhan kristal atau perkaratan besi yang memakan waktu sehari-hari dapat dipadatkan menjadi beberapa detik menggunakan teknik *time-lapse*.

#### 5.2.5. Perekaman *Slow-Motion* untuk Reaksi Eksplosif/Cepat

- **Analisis:** Reaksi pembakaran pita magnesium atau ledakan logam alkali di air berlangsung sangat cepat. Rekaman *slow-motion* (120 fps atau lebih) memungkinkan siswa menganalisis tahapan reaksi yang terjadi dalam hitungan milidetik.

### 5.3. *Screen-casting* dan Tutorial Digital

Dalam RPS, terdapat materi "Pengenalan Software Penyiaran", yang relevan dengan pembuatan konten tutorial digital.

#### 5.3.1. Aplikasi Perekam Layar (*OBS, Camtasia*) untuk Penjelasan Simbolik

- **Tools:** OBS Studio (Open Broadcaster Software) adalah standar industri gratis yang memungkinkan perekaman layar komputer. Ini sangat berguna untuk mengajarkan cara menggunakan *software* kimia (seperti ChemDraw) atau perhitungan matematis di Excel.

#### 5.3.2. Penggunaan Pen Tablet untuk Menulis Persamaan Kimia Real-time

- **Khan Academy Style:** Menulis persamaan reaksi secara manual menggunakan pen tablet digital lebih efektif daripada menampilkan teks statis (PowerPoint). Gerakan tulisan tangan memandu mata siswa mengikuti alur logika penurunan rumus (*derivation*).

#### 5.3.3. Anotasi Digital: Memberi *Highlight* pada Bagian Penting

- **Signaling:** Gunakan fitur *highlighter* atau kursor berwarna untuk menunjuk bagian molekul yang sedang dibahas. Ini menerapkan Prinsip *Signaling* Mayer untuk mengurangi beban kognitif visual.

#### 5.3.4. Menggabungkan Wajah Pengajar dan Materi (*Picture-in-Picture*)

- **Social Presence:** Menampilkan wajah guru di pojok layar (*webcam overlay*) menjaga koneksi emosional dan mencegah video terasa "robotik", terutama dalam pembelajaran jarak jauh.

### 5.3.5. *Editing* Dasar: *Cutting*, Transisi, dan Sinkronisasi Suara

RPS mencantumkan kompetensi "Menyunting video".

- **Teknik:** Hapus bagian diam (*dead air*), batuk, atau kesalahan bicara. Sinkronkan (*sync*) suara narasi dengan gerakan kursor di layar. Transisi antar-topik harus halus (misal: *fade out*) agar tidak mengagetkan.

## 5.4. Podcast dan Media Audio dalam Kimia

Smaldino et al. (2019) membahas "Enhancing Learning with Audio" dan mencatat bahwa audio adalah format yang portabel dan merangsang imajinasi.

### 5.4.1. Potensi Audio untuk Pembelajaran Auditori dalam Sains

- **Fokus:** Audio memaksa siswa fokus pada *isi* pembicaraan tanpa distraksi visual. Ini cocok untuk materi yang bersifat naratif atau konseptual, bukan prosedural.

### 5.4.2. Seri Podcast Sejarah Penemuan Unsur dan Tokoh Kimia

- **Storytelling:** Buat serial podcast "Kisah Para Alkemis" atau "Di Balik Tabel Periodik". Menceritakan drama persaingan Lavoisier dan Priestley dalam penemuan oksigen lebih menarik didengar dalam format cerita audio.

### 5.4.3. Audio-Guide untuk Prosedur Keselamatan Laboratorium

- **Instruksi:** Rekaman audio prosedur keselamatan (misal: cara menangani tumpahan asam) dapat didengarkan siswa melalui *headphone* sambil mereka melakukan simulasi kering (*dry run*) di lab, membebaskan mata mereka untuk melihat alat.

### 5.4.4. Wawancara Pakar dan *Talkshow* Isu Kimia Lingkungan

- **Perspektif:** Rekam wawancara dengan ahli kimia lingkungan atau insinyur teknik kimia tentang isu lokal (misal: pencemaran sungai). Format *talkshow* memberikan nuansa dunia nyata ke dalam materi kelas.

### 5.4.5. Distribusi Konten Audio Melalui Platform *Streaming*

- **Aksesibilitas:** Unggah materi audio ke Spotify atau Google Podcast agar siswa bisa belajar ("belajar sambil jalan") saat di perjalanan atau melakukan aktivitas lain.

## 5.5. Animasi dan *Motion Graphics*

Animasi menjembatani kesenjangan visualisasi yang tidak bisa direkam kamera video biasa.

### 5.5.1. Menjelaskan Mekanisme Reaksi Organik dengan Animasi Pergerakan Elektron

- **Submikroskopik:** Mekanisme reaksi (seperti SN1/SN2) melibatkan pergerakan elektron dan serangan nukleofilik yang abstrak. Animasi panah lengkung (*curly arrows*) yang bergerak dinamis sangat krusial untuk memvisualisasikan proses ini.

### 5.5.2. Visualisasi Teori Tumbukan dan Kinetika Gas

- **Dinamika:** Animasi partikel gas yang bertumbukan dalam wadah tertutup membantu menjelaskan konsep tekanan, suhu, dan energi aktivasi secara intuitif, jauh lebih baik daripada gambar diam di buku teks.

### 5.5.3. Perbedaan Animasi 2D dan 3D dalam Konteks Kimia

- **Dimensi:** Gunakan 2D untuk konsep sederhana (stoikiometri, diagram alir). Gunakan 3D untuk konsep spasial (stereokimia, bentuk molekul, situs aktif enzim).

### 5.5.4. Software Animasi Sederhana untuk Guru (*PowerPoint Morph, Vyond*)

- **Kemudahan:** Guru tidak perlu menjadi animator Disney. Fitur "Morph" di PowerPoint sudah cukup untuk membuat atom bergerak berpindah posisi (animasi sederhana). Vyond atau Canva menyediakan aset animasi pendidikan instan.

### 5.5.5. Kognisi dan Persepsi Gerak: Menghindari Animasi yang Membingungkan

- **Kecepatan:** Jangan membuat animasi terlalu cepat. Otak butuh waktu memproses perubahan posisi. Hindari animasi dekoratif yang hanya berputar-putar tanpa makna (*extraneous processing*).

## Integrasi Dalil Syar'i: Pendengaran dan Penglihatan sebagai Pintu Ilmu

Pengembangan media audio (*Sama'*) dan video/visual (*Bashar*) merupakan upaya memaksimalkan potensi indra yang dianugerahkan Allah untuk menyerap ilmu pengetahuan.

Allah SWT berfirman dalam QS. An-Nahl (16): 78:

وَاللَّهُ أَخْرَجَكُمْ مِنْ بُطُونِ أُمَّهَاتِكُمْ لَا تَعْلَمُونَ شَيْئًا وَجَعَلَ لَكُمُ السَّمْعَ وَالْأَبْصَارَ وَالْأَفْئِدَةَ ۗ لَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ

“Dan Allah mengeluarkan kamu dari perut ibumu dalam keadaan tidak mengetahui sesuatupun, dan Dia memberi kamu pendengaran (*as-sam'a*), penglihatan (*al-abshar*), dan hati (*al-afidah*), agar kamu bersyukur.” (QS. An-Nahl: 78)

### **Tafsir Edukatif:**

Ayat ini menegaskan urutan epistemologis manusia: lahir tanpa ilmu, lalu belajar melalui pendengaran (audio) dan penglihatan (video/visual), yang diproses oleh hati/akal. Media pembelajaran audio-visual adalah sarana (*wasilah*) untuk menunaikan rasa syukur tersebut—yaitu dengan menggunakannya untuk menuntut ilmu dan memahami kebesaran penciptaan-Nya. Pendidik yang menyajikan materi melalui video dan audio yang berkualitas sesungguhnya sedang memfasilitasi "rezeki" indra siswa agar berfungsi maksimal dalam menghilangkan kejahilan.

# BAB 6: KOMPUTASI, PERANGKAT LUNAK, DAN APLIKASI *MOBILE*

Integrasi teknologi komputasi dan perangkat lunak dalam pembelajaran kimia bukan lagi sekadar opsi tambahan, melainkan kebutuhan mendasar di era digital. Smaldino et al. (2019) menyoroti pentingnya "Software and Apps" sebagai teknologi untuk semua pembelajar. Dalam **RPS Media Pembelajaran Kimia**, mahasiswa dituntut untuk mampu menerapkan teknologi informasi dalam pengembangan keilmuan dan implementasi bidang keahlian (CPL 2). Bab ini membahas penggunaan perangkat lunak spesifik kimia, simulasi, hingga pemrograman dasar untuk memvisualisasikan dan memecahkan masalah kimia.

## 6.1. Perangkat Lunak Visualisasi Molekuler

Kimia adalah ilmu tentang struktur materi. Perangkat lunak visualisasi memungkinkan siswa "melihat" struktur molekul 3D yang sebelumnya hanya ada dalam imajinasi, mendukung kemampuan spasial yang krusial dalam memahami sifat materi.

### 6.1.1. Pengantar *Cheminformatics* untuk Pendidikan

*Cheminformatics* adalah penggunaan teknik komputer dan informasi untuk berbagai masalah di bidang kimia.

- **Relevansi:** Memperkenalkan siswa pada basis data kimia digital seperti PubChem atau ChemSpider. Guru mengajarkan cara mencari data sifat fisik (titik didih, densitas) yang valid secara *online*, menggantikan tabel data manual yang usang.

### 6.1.2. Menggunakan Avogadro dan Jmol untuk Struktur 3D

Perangkat lunak *open-source* seperti Avogadro dan Jmol adalah standar dalam visualisasi pendidikan.

- **Fitur:** Memungkinkan siswa memutar, memperbesar, dan memanipulasi struktur molekul.
- **Aplikasi:** Siswa dapat membangun molekul sederhana (misal: etanol) dan membandingkannya dengan isomernya (dimetil eter) secara visual, melihat perbedaan geometri dan distribusi atom secara *real-time*.

### 6.1.3. Visualisasi Orbital Molekul dan Densitas Elektron

Konsep orbital dan hibridisasi sangat abstrak.

- **Peta Potensial Elektrostatik:** *Software* dapat menampilkan permukaan molekul dengan gradasi warna (merah untuk densitas elektron tinggi, biru untuk rendah). Ini

memvisualisasikan konsep kepolaran dan memprediksi sisi aktif reaksi (nukleofilik/elektrofilik).

#### 6.1.4. *Docking* Molekuler Sederhana untuk Pembelajaran Biokimia

- **Interaksi Obat-Reseptor:** Menggunakan *software* seperti PyRx atau AutoDock Vina (level lanjut) atau visualisasi sederhana di KingDraw untuk menunjukkan bagaimana molekul obat "pas" masuk ke dalam situs aktif enzim (konsep *Lock and Key*).

#### 6.1.5. Integrasi Visualisasi Komputasi dalam Lembar Kerja Siswa (LKS)

Visualisasi tidak boleh berdiri sendiri.

- **Scaffolding:** Tangkapan layar (*screenshot*) dari *software* harus dimasukkan ke dalam LKS. Siswa diminta memprediksi sudut ikatan, lalu memverifikasinya menggunakan fitur pengukuran sudut (*measure angle*) di dalam aplikasi.

### 6.2. Simulasi Interaktif dan Laboratorium Virtual

Smaldino et al. (2019) mendefinisikan simulasi sebagai abstraksi atau penyederhanaan dari situasi nyata. Dalam kimia, ini menjadi solusi untuk eksperimen yang berbahaya, mahal, atau memakan waktu lama.

#### 6.2.1. PhET Simulation: Desain, Fitur, dan Strategi Penggunaan

PhET (*Physics Education Technology*) adalah standar emas simulasi sains.

- **Fitur Kimia:** Simulasi seperti "Build an Atom" atau "Reactants, Products, and Leftovers" memvisualisasikan konsep stoikiometri yang sulit diamati secara makroskopik.
- **Strategi:** Gunakan sebagai aktivitas pra-lab atau pengganti lab jika peralatan tidak memadai.

#### 6.2.2. Mengatasi Keterbatasan Biaya Bahan Kimia dengan Lab Virtual

- **Efisiensi:** RPS menekankan pada efisiensi pembelajaran. Lab virtual (seperti ChemCollective) memungkinkan siswa mencampur larutan perak nitrat dan kromat berkali-kali tanpa biaya limbah bahan kimia mahal dan berbahaya.

#### 6.2.3. Simulasi Titrasi Asam-Basa: Akurasi vs Idealitas

- **Presisi:** Simulasi memungkinkan siswa berlatih teknik titrasi (membaca buret, melihat perubahan warna indikator) tanpa risiko memecahkan alat gelas.
- **Keterbatasan:** Guru harus menjelaskan bahwa simulasi sering kali menampilkan kondisi ideal (kurva mulus) yang mungkin berbeda dengan hasil eksperimen nyata yang penuh *noise*.

#### 6.2.4. *Role-Playing* dalam Simulasi Industri Kimia

- **Konteks Nyata:** Menggunakan simulasi proses industri (misal: pabrik amonia Haber-Bosch) di mana siswa berperan sebagai operator pabrik yang harus mengatur suhu dan tekanan untuk memaksimalkan hasil (*yield*) namun tetap menjaga keamanan reaktor.

#### 6.2.5. Kritik terhadap Lab Virtual: Hilangnya Aspek Keterampilan Tangan

- **Keseimbangan:** Meskipun simulasi efektif untuk konsep, ia tidak melatih keterampilan motorik halus (misal: cara memegang pipet). Oleh karena itu, *blended approach* (gabungan virtual dan nyata) adalah yang terbaik sesuai prinsip "Hybrid" dalam RPS.

### 6.3. *Mobile Learning* (M-Learning) dan Apps

Smaldino et al. (2019) mencatat tren "Mobile Learning" sebagai inovasi pengajaran yang memanfaatkan perangkat genggam siswa.

#### 6.3.1. Tren *Bring Your Own Device* (BYOD) di Kelas Kimia

- **Akses:** Memanfaatkan *smartphone* siswa sebagai alat belajar, bukan gangguan.
- **Strategi:** Guru memberikan QR Code yang memuat materi atau kuis yang langsung diakses siswa di meja masing-masing, menciptakan lingkungan "Multi-Device Classroom".

#### 6.3.2. Review Aplikasi Tabel Periodik dan Kalkulator Massa Molar

- **Alat Bantu:** Aplikasi tabel periodik modern (seperti RSC Periodic Table) menyediakan data lengkap (sejarah, podcast, video reaksi) untuk setiap unsur. Ini jauh lebih kaya informasi daripada tabel periodik cetak.

#### 6.3.3. Aplikasi Pemindai Reaksi dan Penyelesaian Soal (AI-based)

- **Kecerdasan Buatan:** Aplikasi seperti Photomath atau Socratic dapat memindai persamaan reaksi tulisan tangan dan memberikan langkah penyelesaiannya. Guru harus memanfaatkannya sebagai alat verifikasi (*checking tool*), bukan alat menyontek.

#### 6.3.4. Desain Aktivitas Pembelajaran Berbasis Lokasi (GPS)

- **Kontekstual:** Menggunakan sensor HP dan GPS untuk mengukur kualitas udara atau air di lingkungan sekitar sekolah, lalu memetakan datanya dalam aplikasi peta digital. Ini menghubungkan kimia dengan isu lingkungan nyata.

### 6.3.5. Tantangan Distraksi Gawai dalam Pembelajaran

- **Manajemen:** Smaldino mengingatkan tentang "Limitations of Using Digital Devices". Guru perlu menetapkan aturan tegas ("Tech-down time") dan memantau aktivitas layar siswa agar tetap fokus pada aplikasi kimia, bukan media sosial.

## 6.4. Pemrograman Dasar untuk Pembelajaran Kimia

RPS menekankan pada "integrasi teknologi... dalam pengembangan keilmuan". Smaldino et al. (2019) juga menyoroti "Coding as Literacy" sebagai tantangan masa depan.

### 6.4.1. Pengantar *Coding* sebagai Literasi Baru Sains

- **Computational Thinking:** Kimia modern sangat bergantung pada komputasi. Mengajarkan logika pemrograman dasar melatih siswa berpikir algoritmik dalam menyelesaikan masalah kimia (misal: stoikiometri bertahap).

### 6.4.2. Menggunakan Python untuk Plot Data Laju Reaksi

- **Analisis Data:** Menggunakan bahasa Python (library Pandas/NumPy) untuk mengolah data eksperimen laju reaksi. Siswa belajar bahwa komputer bisa memproses ribuan data titik percobaan dalam hitungan detik.

### 6.4.3. Visualisasi Data Kimia Menggunakan Library Matplotlib

- **Grafik:** Membuat grafik Arrhenius atau kurva titrasi yang presisi menggunakan kode program. Ini mengajarkan siswa tentang hubungan variabel (sumbu x dan y) secara lebih mendalam daripada sekadar menggambar manual.

### 6.4.4. Proyek Sederhana: Membuat Kalkulator pH

- **Proyek:** Siswa membuat program sederhana (Input: Konsentrasi  $H^+$ , Output: pH) menggunakan logika *if-else* (untuk membedakan asam/basa). Ini menguatkan pemahaman konsep pH logaritmik.

### 6.4.5. Integrasi *Computational Thinking* dalam Kurikulum Kimia

- **Abstraksi:** Melatih siswa memecah masalah kompleks (misal: sintesis senyawa) menjadi langkah-langkah kecil yang logis (*decomposition*), mirip dengan menyusun algoritma program.

## 6.5. Gamification dan Game-Based Learning

Smaldino et al. (2019) membahas "Gaming" sebagai integrasi teknologi yang efektif. Permainan mendidik dapat meningkatkan motivasi siswa dalam materi yang dianggap membosankan.

### 6.5.1. Mekanika Game: Poin, Lencana, dan Papan Peringkat

- **Motivasi:** Menerapkan elemen game (poin pengalaman/XP) untuk penyelesaian tugas kimia. Siswa mendapatkan lencana "Master Stoikiometri" setelah menyelesaikan level tertentu.

### 6.5.2. Review Game Edukasi Kimia (*Minecraft Chemistry*)

- **Eksplorasi:** Minecraft Education Edition memiliki fitur "Chemistry Update" yang memungkinkan siswa membuat elemen, senyawa, dan bahan baru (seperti balon helium atau pupuk) dalam dunia virtual yang familiar bagi mereka.

### 6.5.3. Mengembangkan *Card Game* Kimia (Sistem Koloid/Tata Nama)

- **Hybrid:** Menggabungkan kartu fisik dengan aplikasi AR. Atau membuat *game* digital sederhana (Quizizz mode *paper*) untuk menghafal kation/anion dan tata nama senyawa.

### 6.5.4. *Escape Room* Digital bertema Laboratorium Kimia

- **Pemecahan Masalah:** Membuat skenario "Terkunci di Lab" menggunakan Google Forms atau Genially. Siswa harus memecahkan teka-teki kimia (misal: menghitung massa molar kunci pintu) untuk bisa "keluar".

### 6.5.5. Efektivitas Gamifikasi terhadap Motivasi Intrinsik Siswa

- **Flow:** Game yang baik menciptakan kondisi *flow* (fokus penuh). Tantangannya harus seimbang dengan kemampuan siswa—tidak terlalu mudah (membosankan) dan tidak terlalu sulit (frustrasi).

## Integrasi Dalil Syar'i: Perhitungan yang Teliti (*Al-Hisab*)

Penggunaan teknologi komputasi (*computing*) dan perangkat lunak dalam kimia adalah manifestasi dari kemampuan manusia melakukan perhitungan (*hisab*) yang diajarkan Allah. Ketelitian komputer dalam menghitung variabel kimia mencerminkan keteraturan alam semesta yang diciptakan dengan hitungan presisi.

Allah SWT berfirman dalam QS. Al-Jinn (72): 28:

لِيَعْلَمَ أَنْ قَدْ أَبْلَغُوا رَسُولَاتِ رَبِّهِمْ وَأَحَاطَ بِمَا لَدَيْهِمْ وَأَخَصَى كُلَّ شَيْءٍ عَدَدًا

“Agar Dia mengetahui, bahwa sesungguhnya rasul-rasul itu telah menyampaikan risalah-risalah Tuhannya, sedang (ilmu-Nya) meliputi apa yang ada pada mereka, dan Dia menghitung segala sesuatu satu persatu.” (QS. Al-Jinn: 28)

### Tafsir Edukatif:

Kata *Ahsho* bermakna menghitung dengan sangat teliti dan rinci. Allah SWT memiliki sifat *Al-Muhshi* (Yang Maha Menghitung). Dalam kimia komputasi, kita menggunakan teknologi untuk menghitung energi, posisi elektron, dan variabel laju reaksi dengan presisi tinggi. Penggunaan perangkat lunak ini mengajarkan siswa untuk menghargai akurasi dan ketelitian, serta menyadari bahwa di balik kerumitan materi, terdapat hukum-hukum pasti (*sunnatullah*) yang dapat dihitung dan diprediksi, bukan kejadian acak tanpa aturan.

### Referensi Bab 6:

1. Smaldino, S. E., Lowther, D. L., & Mims, C. (2019). *Instructional Technology and Media for Learning* (12th ed.). Pearson.
2. Kasmui, et al. (2024). *Rencana Pembelajaran Semester (RPS): Media Pembelajaran Kimia*. Universitas Negeri Semarang.

# BAB 6: KOMPUTASI, PERANGKAT LUNAK, DAN APLIKASI *MOBILE*

Integrasi teknologi komputasi dan perangkat lunak dalam pembelajaran kimia bukan lagi sekadar opsi tambahan, melainkan kebutuhan mendasar di era digital. Smaldino et al. (2019) menyoroti pentingnya "Software and Apps" sebagai teknologi untuk semua pembelajar. Dalam **RPS Media Pembelajaran Kimia**, mahasiswa dituntut untuk mampu menerapkan teknologi informasi dalam pengembangan keilmuan dan implementasi bidang keahlian (CPL 2). Bab ini membahas penggunaan perangkat lunak spesifik kimia, simulasi, hingga pemrograman dasar untuk memvisualisasikan dan memecahkan masalah kimia.

## 6.1. Perangkat Lunak Visualisasi Molekuler

Kimia adalah ilmu tentang struktur materi. Perangkat lunak visualisasi memungkinkan siswa "melihat" struktur molekul 3D yang sebelumnya hanya ada dalam imajinasi, mendukung kemampuan spasial yang krusial dalam memahami sifat materi.

### 6.1.1. Pengantar *Cheminformatics* untuk Pendidikan

*Cheminformatics* adalah penggunaan teknik komputer dan informasi untuk berbagai masalah di bidang kimia.

- **Relevansi:** Memperkenalkan siswa pada basis data kimia digital seperti PubChem atau ChemSpider. Guru mengajarkan cara mencari data sifat fisik (titik didih, densitas) yang valid secara *online*, menggantikan tabel data manual yang usang.

### 6.1.2. Menggunakan Avogadro dan Jmol untuk Struktur 3D

Perangkat lunak *open-source* seperti Avogadro dan Jmol adalah standar dalam visualisasi pendidikan.

- **Fitur:** Memungkinkan siswa memutar, memperbesar, dan memanipulasi struktur molekul.
- **Aplikasi:** Siswa dapat membangun molekul sederhana (misal: etanol) dan membandingkannya dengan isomernya (dimetil eter) secara visual, melihat perbedaan geometri dan distribusi atom secara *real-time*.

### 6.1.3. Visualisasi Orbital Molekul dan Densitas Elektron

Konsep orbital dan hibridisasi sangat abstrak.

- **Peta Potensial Elektrostatik:** *Software* dapat menampilkan permukaan molekul dengan gradasi warna (merah untuk densitas elektron tinggi, biru untuk rendah). Ini

memvisualisasikan konsep kepolaran dan memprediksi sisi aktif reaksi (nukleofilik/elektrofilik).

#### 6.1.4. *Docking* Molekuler Sederhana untuk Pembelajaran Biokimia

- **Interaksi Obat-Reseptor:** Menggunakan *software* seperti PyRx atau AutoDock Vina (level lanjut) atau visualisasi sederhana di KingDraw untuk menunjukkan bagaimana molekul obat "pas" masuk ke dalam situs aktif enzim (konsep *Lock and Key*).

#### 6.1.5. Integrasi Visualisasi Komputasi dalam Lembar Kerja Siswa (LKS)

Visualisasi tidak boleh berdiri sendiri.

- **Scaffolding:** Tangkapan layar (*screenshot*) dari *software* harus dimasukkan ke dalam LKS. Siswa diminta memprediksi sudut ikatan, lalu memverifikasinya menggunakan fitur pengukuran sudut (*measure angle*) di dalam aplikasi.

### 6.2. Simulasi Interaktif dan Laboratorium Virtual

Smaldino et al. (2019) mendefinisikan simulasi sebagai abstraksi atau penyederhanaan dari situasi nyata. Dalam kimia, ini menjadi solusi untuk eksperimen yang berbahaya, mahal, atau memakan waktu lama.

#### 6.2.1. PhET Simulation: Desain, Fitur, dan Strategi Penggunaan

PhET (*Physics Education Technology*) adalah standar emas simulasi sains.

- **Fitur Kimia:** Simulasi seperti "Build an Atom" atau "Reactants, Products, and Leftovers" memvisualisasikan konsep stoikiometri yang sulit diamati secara makroskopik.
- **Strategi:** Gunakan sebagai aktivitas pra-lab atau pengganti lab jika peralatan tidak memadai.

#### 6.2.2. Mengatasi Keterbatasan Biaya Bahan Kimia dengan Lab Virtual

- **Efisiensi:** RPS menekankan pada efisiensi pembelajaran. Lab virtual (seperti ChemCollective) memungkinkan siswa mencampur larutan perak nitrat dan kromat berkali-kali tanpa biaya limbah bahan kimia mahal dan berbahaya.

#### 6.2.3. Simulasi Titrasi Asam-Basa: Akurasi vs Idealitas

- **Presisi:** Simulasi memungkinkan siswa berlatih teknik titrasi (membaca buret, melihat perubahan warna indikator) tanpa risiko memecahkan alat gelas.
- **Keterbatasan:** Guru harus menjelaskan bahwa simulasi sering kali menampilkan kondisi ideal (kurva mulus) yang mungkin berbeda dengan hasil eksperimen nyata yang penuh *noise*.

#### 6.2.4. *Role-Playing* dalam Simulasi Industri Kimia

- **Konteks Nyata:** Menggunakan simulasi proses industri (misal: pabrik amonia Haber-Bosch) di mana siswa berperan sebagai operator pabrik yang harus mengatur suhu dan tekanan untuk memaksimalkan hasil (*yield*) namun tetap menjaga keamanan reaktor.

#### 6.2.5. Kritik terhadap Lab Virtual: Hilangnya Aspek Keterampilan Tangan

- **Keseimbangan:** Meskipun simulasi efektif untuk konsep, ia tidak melatih keterampilan motorik halus (misal: cara memegang pipet). Oleh karena itu, *blended approach* (gabungan virtual dan nyata) adalah yang terbaik sesuai prinsip "Hybrid" dalam RPS.

### 6.3. *Mobile Learning* (M-Learning) dan Apps

Smaldino et al. (2019) mencatat tren "Mobile Learning" sebagai inovasi pengajaran yang memanfaatkan perangkat genggam siswa.

#### 6.3.1. Tren *Bring Your Own Device* (BYOD) di Kelas Kimia

- **Akses:** Memanfaatkan *smartphone* siswa sebagai alat belajar, bukan gangguan.
- **Strategi:** Guru memberikan QR Code yang memuat materi atau kuis yang langsung diakses siswa di meja masing-masing, menciptakan lingkungan "Multi-Device Classroom".

#### 6.3.2. Review Aplikasi Tabel Periodik dan Kalkulator Massa Molar

- **Alat Bantu:** Aplikasi tabel periodik modern (seperti RSC Periodic Table) menyediakan data lengkap (sejarah, podcast, video reaksi) untuk setiap unsur. Ini jauh lebih kaya informasi daripada tabel periodik cetak.

#### 6.3.3. Aplikasi Pemindai Reaksi dan Penyelesaian Soal (AI-based)

- **Kecerdasan Buatan:** Aplikasi seperti Photomath atau Socratic dapat memindai persamaan reaksi tulisan tangan dan memberikan langkah penyelesaiannya. Guru harus memanfaatkannya sebagai alat verifikasi (*checking tool*), bukan alat menyontek.

#### 6.3.4. Desain Aktivitas Pembelajaran Berbasis Lokasi (GPS)

- **Kontekstual:** Menggunakan sensor HP dan GPS untuk mengukur kualitas udara atau air di lingkungan sekitar sekolah, lalu memetakan datanya dalam aplikasi peta digital. Ini menghubungkan kimia dengan isu lingkungan nyata.

### 6.3.5. Tantangan Distraksi Gawai dalam Pembelajaran

- **Manajemen:** Smaldino mengingatkan tentang "Limitations of Using Digital Devices". Guru perlu menetapkan aturan tegas ("Tech-down time") dan memantau aktivitas layar siswa agar tetap fokus pada aplikasi kimia, bukan media sosial.

## 6.4. Pemrograman Dasar untuk Pembelajaran Kimia

RPS menekankan pada "integrasi teknologi... dalam pengembangan keilmuan". Smaldino et al. (2019) juga menyoroti "Coding as Literacy" sebagai tantangan masa depan.

### 6.4.1. Pengantar *Coding* sebagai Literasi Baru Sains

- **Computational Thinking:** Kimia modern sangat bergantung pada komputasi. Mengajarkan logika pemrograman dasar melatih siswa berpikir algoritmik dalam menyelesaikan masalah kimia (misal: stoikiometri bertahap).

### 6.4.2. Menggunakan Python untuk Plot Data Laju Reaksi

- **Analisis Data:** Menggunakan bahasa Python (library Pandas/NumPy) untuk mengolah data eksperimen laju reaksi. Siswa belajar bahwa komputer bisa memproses ribuan data titik percobaan dalam hitungan detik.

### 6.4.3. Visualisasi Data Kimia Menggunakan Library Matplotlib

- **Grafik:** Membuat grafik Arrhenius atau kurva titrasi yang presisi menggunakan kode program. Ini mengajarkan siswa tentang hubungan variabel (sumbu x dan y) secara lebih mendalam daripada sekadar menggambar manual.

### 6.4.4. Proyek Sederhana: Membuat Kalkulator pH

- **Proyek:** Siswa membuat program sederhana (Input: Konsentrasi  $H^+$ , Output: pH) menggunakan logika *if-else* (untuk membedakan asam/basa). Ini menguatkan pemahaman konsep pH logaritmik.

### 6.4.5. Integrasi *Computational Thinking* dalam Kurikulum Kimia

- **Abstraksi:** Melatih siswa memecah masalah kompleks (misal: sintesis senyawa) menjadi langkah-langkah kecil yang logis (*decomposition*), mirip dengan menyusun algoritma program.

## 6.5. Gamification dan Game-Based Learning

Smaldino et al. (2019) membahas "Gaming" sebagai integrasi teknologi yang efektif. Permainan mendidik dapat meningkatkan motivasi siswa dalam materi yang dianggap membosankan.

### 6.5.1. Mekanika Game: Poin, Lencana, dan Papan Peringkat

- **Motivasi:** Menerapkan elemen game (poin pengalaman/XP) untuk penyelesaian tugas kimia. Siswa mendapatkan lencana "Master Stoikiometri" setelah menyelesaikan level tertentu.

### 6.5.2. Review Game Edukasi Kimia (*Minecraft Chemistry*)

- **Eksplorasi:** Minecraft Education Edition memiliki fitur "Chemistry Update" yang memungkinkan siswa membuat elemen, senyawa, dan bahan baru (seperti balon helium atau pupuk) dalam dunia virtual yang familiar bagi mereka.

### 6.5.3. Mengembangkan *Card Game* Kimia (Sistem Koloid/Tata Nama)

- **Hybrid:** Menggabungkan kartu fisik dengan aplikasi AR. Atau membuat *game* digital sederhana (Quizizz mode *paper*) untuk menghafal kation/anion dan tata nama senyawa.

### 6.5.4. *Escape Room* Digital bertema Laboratorium Kimia

- **Pemecahan Masalah:** Membuat skenario "Terkunci di Lab" menggunakan Google Forms atau Genially. Siswa harus memecahkan teka-teki kimia (misal: menghitung massa molar kunci pintu) untuk bisa "keluar".

### 6.5.5. Efektivitas Gamifikasi terhadap Motivasi Intrinsik Siswa

- **Flow:** Game yang baik menciptakan kondisi *flow* (fokus penuh). Tantangannya harus seimbang dengan kemampuan siswa—tidak terlalu mudah (membosankan) dan tidak terlalu sulit (frustrasi).

## Integrasi Dalil Syar'i: Perhitungan yang Teliti (*Al-Hisab*)

Penggunaan teknologi komputasi (*computing*) dan perangkat lunak dalam kimia adalah manifestasi dari kemampuan manusia melakukan perhitungan (*hisab*) yang diajarkan Allah. Ketelitian komputer dalam menghitung variabel kimia mencerminkan keteraturan alam semesta yang diciptakan dengan hitungan presisi.

Allah SWT berfirman dalam QS. Al-Jinn (72): 28:

لِيَعْلَمَ أَنْ قَدْ أَبْلَغُوا رَسُولَاتِ رَبِّهِمْ وَأَحَاطَ بِمَا لَدَيْهِمْ وَأَخَصَى كُلَّ شَيْءٍ عَدَدًا

“Agar Dia mengetahui, bahwa sesungguhnya rasul-rasul itu telah menyampaikan risalah-risalah Tuhannya, sedang (ilmu-Nya) meliputi apa yang ada pada mereka, dan Dia menghitung segala sesuatu satu persatu.” (QS. Al-Jinn: 28)

### Tafsir Edukatif:

Kata *Ahsho* bermakna menghitung dengan sangat teliti dan rinci. Allah SWT memiliki sifat *Al-Muhshi* (Yang Maha Menghitung). Dalam kimia komputasi, kita menggunakan teknologi untuk menghitung energi, posisi elektron, dan variabel laju reaksi dengan presisi tinggi. Penggunaan perangkat lunak ini mengajarkan siswa untuk menghargai akurasi dan ketelitian, serta menyadari bahwa di balik kerumitan materi, terdapat hukum-hukum pasti (*sunnatullah*) yang dapat dihitung dan diprediksi, bukan kejadian acak tanpa aturan.

### Referensi Bab 6:

1. Smaldino, S. E., Lowther, D. L., & Mims, C. (2019). *Instructional Technology and Media for Learning* (12th ed.). Pearson.
2. Kasmui, et al. (2024). *Rencana Pembelajaran Semester (RPS): Media Pembelajaran Kimia*. Universitas Negeri Semarang.

# BAB 7: TEKNOLOGI IMMERSIF (AR, VR, DAN MR)

Evolusi media pembelajaran telah mencapai tahap di mana batasan antara dunia fisik dan digital semakin kabur. Teknologi immersif—mencakup *Augmented Reality* (AR), *Virtual Reality* (VR), dan *Mixed Reality* (MR)—menawarkan potensi revolusioner untuk memvisualisasikan konsep kimia yang abstrak. Smaldino et al. (2019) dalam bab "Preparing for Tomorrow's Challenges" secara spesifik menyoroti *Augmented Reality* dan *Artificial Intelligence* sebagai tren masa depan yang mengubah lanskap pendidikan. Bab ini akan memandu pendidik kimia untuk tidak hanya menjadi konsumen, tetapi juga perancang pengalaman belajar immersif, sejalan dengan target RPS untuk mendesain media pembelajaran berbasis teknologi.

## 7.1. *Augmented Reality* (AR) dalam Buku Teks

*Augmented Reality* (AR) menambahkan lapisan informasi digital di atas dunia nyata. Berbeda dengan VR yang menutup dunia nyata, AR memperkayanya. Ini adalah teknologi jembatan yang paling aksesibel bagi sekolah karena bisa dijalankan melalui *smartphone* atau tablet.

### 7.1.1. Konsep Dasar AR: Menggabungkan Dunia Nyata dan Virtual

- **Definisi:** AR memungkinkan siswa melihat objek 3D (seperti molekul) "melayang" di atas buku teks mereka melalui layar kamera perangkat.
- **Aplikasi Kimia:** Mengubah gambar 2D statis pada tabel periodik menjadi model atom Bohr yang berputar secara dinamis. Ini mengatasi keterbatasan buku cetak dalam menampilkan dimensi kedalaman dan gerakan.

### 7.1.2. *Marker-based* vs *Markerless* AR dalam Visualisasi Unsur

- ***Marker-based*:** Menggunakan penanda visual khusus (seperti kode QR atau gambar tertentu) untuk memicu munculnya objek 3D. Stabil dan mudah dibuat untuk pemula.
- ***Markerless*:** Menggunakan deteksi permukaan datar (meja/lantai). Lebih fleksibel karena siswa bisa menempatkan reaktor kimia virtual di mana saja di dalam kelas tanpa perlu mencetak kartu penanda.

### 7.1.3. Kartu Unsur AR (4D Cards): Interaksi *Real-time*

- **Interaktivitas:** Kartu unsur (misal: Kartu Na dan Kartu Cl) yang jika didekatkan secara fisik di bawah kamera akan bereaksi membentuk kristal NaCl virtual.
- **Desain:** Ini mengajarkan konsep ikatan kimia dan stoikiometri secara intuitif melalui manipulasi objek fisik yang diperkaya digital.

#### 7.1.4. Pengembangan Konten AR Sederhana Menggunakan Assemblr/Unity

- **Kompetensi Guru:** RPS menuntut mahasiswa mampu "Mendesain Media Pembelajaran Kimia dalam bentuk 3D". Menggunakan *platform* seperti Assemblr Edu atau Unity memungkinkan guru membuat media AR sendiri tanpa koding yang rumit.
- **Proyek:** Mahasiswa membuat satu set kartu AR untuk materi "Bentuk Molekul" (VSEPR) sebagai tugas akhir.

#### 7.1.5. Studi Efektivitas AR terhadap Kemampuan Spasial Siswa

- **Riset:** Studi menunjukkan bahwa AR secara signifikan meningkatkan kemampuan rotasi mental (*mental rotation*) siswa, yang sangat krusial untuk memahami stereokimia dan isomerisme. Visualisasi AR mengurangi beban kognitif siswa dalam membayangkan objek 3D.

### 7.2. Virtual Reality (VR) untuk Eksplorasi Dunia Mikro

*Virtual Reality* (VR) menciptakan lingkungan simulasi total yang memutus kontak indra penglihatan dengan dunia fisik. Ini memberikan pengalaman "kehadiran" (*presence*) di dalam dunia kimia submikroskopik.

#### 7.2.1. Menjelajah "Dalaman" Atom dengan *Headset VR*

- **Skala:** VR memungkinkan siswa mengecil seukuran partikel subatomik dan "terbang" di antara inti atom dan awan elektron.
- **Perspektif:** Memberikan pengalaman imersif tentang seberapa luas ruang hampa di dalam atom, sebuah konsep yang sulit dipahami melalui analogi teks.

#### 7.2.2. *Immersive Lab*: Praktikum Keselamatan Tinggi di Dunia Maya

- **Keselamatan:** Melakukan eksperimen yang sangat berbahaya (misal: reaksi nuklir atau sintesis bahan peledak) atau menggunakan alat yang sangat mahal (spektrometer NMR) dalam lingkungan VR tanpa risiko fisik.
- **Keterampilan:** Meskipun tidak melatih memori otot (kecuali menggunakan *haptic gloves*), VR sangat efektif untuk melatih prosedur urutan kerja (*SOP*) laboratorium.

#### 7.2.3. Google Expeditions: Tur Virtual ke Pabrik Industri Kimia

- **Karyawisata Virtual:** Mengunjungi kilang minyak, pabrik pengolahan limbah, atau tambang bauksit tanpa meninggalkan kelas.
- **Kontekstual:** Siswa melihat skala masif dari reaktor industri dan pipa distilasi, menghubungkan teori termodinamika kelas dengan aplikasi dunia nyata.

#### 7.2.4. *Cybersickness* dan Isu Kesehatan dalam Penggunaan VR

- **Tantangan:** Smaldino et al. (2019) mengingatkan tentang keterbatasan teknologi. *Motion sickness* (mual akibat ketidaksinkronan mata dan telinga dalam) adalah masalah nyata dalam VR.
- **Mitigasi:** Batasi sesi VR maksimal 10-15 menit. Desain pergerakan dalam VR (teleportasi vs berjalan) harus hati-hati agar tidak memicu pusing.

#### 7.2.5. VR Pasif (Video 360) vs VR Interaktif (*Controller-based*)

- **Video 360:** Siswa hanya bisa menengok ke sekeliling (pasif). Mudah dibuat dengan kamera 360. Cocok untuk tur pabrik.
- **VR Interaktif:** Siswa bisa memegang, melempar, dan memanipulasi objek molekul menggunakan kontroler tangan. Membutuhkan perangkat keras yang lebih canggih (seperti Oculus/Meta Quest).

### 7.3. *Mixed Reality* (MR) dan Hologram

*Mixed Reality* (MR) adalah spektrum di mana objek fisik dan digital berinteraksi secara *real-time*. Ini sering disebut sebagai masa depan komputasi spasial.

#### 7.3.1. Masa Depan Ruang Kelas: Manipulasi Hologram Molekul

- **Konsep:** Siswa mengenakan kacamata MR (seperti HoloLens) dan melihat struktur protein raksasa melayang di tengah kelas. Mereka bisa "berjalan" mengelilingi molekul tersebut dan menunjuk bagian tertentu.
- **Kolaborasi:** Berbeda dengan VR yang mengisolasi, MR memungkinkan siswa tetap melihat teman sekelas dan gurunya sambil berinteraksi dengan hologram yang sama.

#### 7.3.2. Kolaborasi Jarak Jauh dalam Lingkungan MR

- **Telepresence:** Guru ahli dari universitas lain bisa hadir sebagai hologram di dalam kelas untuk memberikan kuliah tamu atau mendemonstrasikan eksperimen langka.

#### 7.3.3. Perangkat Keras: HoloLens dan Implikasinya dalam Pendidikan

- **Hambatan:** Biaya perangkat MR saat ini masih sangat mahal untuk sekolah rata-rata.
- **Peluang:** Namun, teknologi ini berkembang cepat. Sekolah perlu memantau perkembangan ini sebagai bagian dari perencanaan strategis jangka panjang "Preparing for Tomorrow's Challenges".

### 7.3.4. Biaya vs Manfaat: Analisis Kelayakan Implementasi

- **Analisis:** Apakah investasi mahal MR sebanding dengan hasil belajar? Untuk materi dasar (stoikiometri), mungkin tidak. Tapi untuk materi lanjut (desain obat, biokimia struktural), visualisasi MR memberikan pemahaman yang tidak tergantikan.

### 7.3.5. Skenario Pembelajaran Bedah Struktur Material Maju

- **Studi Kasus:** Menggunakan MR untuk membedah lapisan *graphene* atau sel surya *perovskite*, melihat cacat kristal secara 3D, dan memahami bagaimana struktur tersebut mempengaruhi konduktivitas listrik.

## 7.4. Metaverse Pendidikan Kimia

Metaverse adalah iterasi internet berikutnya yang berupa ruang virtual persisten. Dalam konteks pendidikan, ini adalah evolusi dari *Learning Management System* (LMS) menjadi *Learning Environment 3D*.

### 7.4.1. Definisi Metaverse dalam Konteks Akademik

- **Dunia Persisten:** Ruang kelas virtual yang selalu "buka" 24/7 di mana siswa bisa masuk kapan saja untuk belajar, bertemu teman, atau mengerjakan proyek kelompok dalam bentuk avatar.

### 7.4.2. Membangun Laboratorium Sekolah di Metaverse

- **Aset Digital:** Sekolah membangun replika laboratorium mereka di Metaverse. Siswa melakukan pra-praktikum di lab virtual ini sebelum diizinkan masuk ke lab fisik, memastikan mereka paham lokasi alat pemadam api dan *shower* keselamatan.

### 7.4.3. Avatar dan Identitas Digital Siswa/Guru

- **Personalisasi:** Interaksi sosial melalui avatar meningkatkan rasa kehadiran sosial (*social presence*) dibandingkan forum diskusi teks biasa. Guru kimia bisa tampil dengan jas lab virtual yang ikonik.

### 7.4.4. Ekonomi Token dan Aset Digital Pembelajaran (NFTs Edukasi)

- **Kepemilikan:** Sertifikat kompetensi atau karya media 3D siswa dapat dicetak sebagai NFT (*Non-Fungible Token*) yang memverifikasi keaslian dan kepemilikan karya intelektual mereka dalam portofolio digital.

### 7.4.5. Etika dan Keamanan Siber di Dunia Virtual

- **Safety:** Isu *cyberbullying* dan privasi data di Metaverse. Pendidik harus menetapkan aturan etika digital (*netiquette*) yang ketat dalam interaksi virtual.

## 7.5. Integrasi Teknologi Immersif dengan Kurikulum

Teknologi canggih tanpa pedagogi yang tepat hanyalah mainan mahal. Integrasi harus dilakukan dengan model desain instruksional yang sistematis (ASSURE).

### 7.5.1. Pemetaan KD (Kompetensi Dasar) yang Cocok untuk AR/VR

- **Seleksi:** Tidak semua materi butuh VR. Pilih materi yang: (1) Terlalu berbahaya, (2) Terlalu mahal, (3) Terlalu kecil/besar, atau (4) Terlalu cepat/lambat untuk diamati langsung. Contoh: Ikatan Kimia (cocok), Perhitungan pH (tidak perlu VR).

### 7.5.2. Desain RPP Berbasis Teknologi Immersif

- **Langkah ASSURE:**
  - *Select Strategies:* Memilih aplikasi AR "Elements 4D".
  - *Utilize Resources:* Menyiapkan tablet dan kartu marker.
  - *Require Participation:* Siswa berkelompok mencocokkan kartu untuk menemukan reaksi.

### 7.5.3. Peran Guru sebagai Fasilitator dalam Lingkungan Virtual

- **Shift:** Di kelas VR, guru tidak lagi berceramah di depan (karena siswa memakai headset). Guru bergerak memantau layar monitor siswa, memberikan panduan jika ada siswa yang "tersesat" di dunia virtual, dan memfasilitasi diskusi reflektif setelah sesi VR selesai.

### 7.5.4. Asesmen Kinerja dalam Simulasi VR

- **Penilaian:** Bagaimana menilai praktikum VR? Sistem harus bisa merekam data: berapa kali siswa salah mengambil reagen, berapa lama waktu pengerjaan, dan ketepatan langkah. Data ini menjadi *analytics* penilaian psikomotorik digital.

### 7.5.5. Hambatan Infrastruktur di Negara Berkembang

- **Kesenjangan Digital:** Smaldino et al. (2019) membahas "Technology for All Learners" dan isu kesenjangan. Solusi praktis termasuk penggunaan *Google Cardboard* (VR murah dari kardus) yang dipadukan dengan HP siswa sendiri (*BYOD*) untuk mengatasi kendala biaya *headset* mahal.

## Integrasi Dalil Syar'i: Menyingkap Tabir (*Kasyf*)

Teknologi immersif (AR/VR) memungkinkan kita melihat apa yang sebelumnya tersembunyi dari pandangan mata biasa. Ini bisa dianalogikan dengan konsep "menajamkan penglihatan" untuk melihat hakikat kebenaran yang tertutup tabir.

Allah SWT berfirman dalam QS. Qaf (50): 22:

لَقَدْ كُنْتَ فِي غَفْلَةٍ مِّنْ هَذَا فَكَشَفْنَا عَنْكَ غِطَاءَكَ فَبَصَرُكَ الْيَوْمَ حَدِيدٌ

“*Sesungguhnya kamu berada dalam keadaan lalai dari (hal) ini, maka Kami singkapkan daripadamu tutup (yang menutupi) matamu, maka penglihatanmu pada hari itu amat tajam.*” (QS. Qaf: 22)

### Tafsir Edukatif:

Meskipun ayat ini berbicara tentang hari kiamat di mana kebenaran akhirat tersingkap, terminologi *Kasyf* (menyingkap penutup) dan *Basharun Hadid* (penglihatan yang tajam/besi) memberikan inspirasi filosofis bagi sains.

Atom, molekul, dan orbital selama ini "tertutup" dari pandangan mata manusia karena keterbatasan biologis kita. Teknologi immersif bertindak sebagai alat yang "menyingkap penutup" tersebut, membuat penglihatan siswa menjadi "tajam" sehingga mampu menyaksikan keagungan ciptaan Allah di level submikroskopik yang penuh keteraturan. Penggunaan teknologi ini adalah upaya manusia untuk memperluas jangkauan indranya demi memahami *Ayat Kauniyah* lebih mendalam.

### Referensi Bab 7:

1. Smaldino, S. E., Lowther, D. L., & Mims, C. (2019). *Instructional Technology and Media for Learning* (12th ed.). Pearson.
2. Kasmui, et al. (2024). *Rencana Pembelajaran Semester (RPS): Media Pembelajaran Kimia*. Universitas Negeri Semarang.

# BAB 8: *INTERNET OF THINGS* (IoT) DAN *SMART LAB*

Revolusi Industri 4.0 telah membawa konektivitas internet ke dalam benda-benda fisik, menciptakan ekosistem *Internet of Things* (IoT). Dalam konteks pendidikan kimia, IoT mentransformasi laboratorium tradisional yang statis menjadi **Laboratorium Cerdas (*Smart Laboratory*)**. Smaldino et al. (2019) menyoroti tren teknologi masa depan yang semakin personal dan terhubung. Bab ini membahas bagaimana guru kimia dapat mengintegrasikan sensor, mikrokontroler, dan analisis data untuk memodernisasi pengalaman praktikum, sejalan dengan kompetensi "Penerapan Teknologi Informasi" dalam RPS.

## 8.1. Konsep Laboratorium Cerdas (*Smart Laboratory*)

*Smart Lab* bukan sekadar lab dengan komputer, tetapi lingkungan di mana alat-alat gelas, bahan kimia, dan instrumen saling "berkomunikasi" melalui jaringan internet untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan.

### 8.1.1. Revolusi Industri 4.0 dan Implikasinya pada Lab Sekolah

- **Transformasi:** Industri kimia modern (Petrokimia, Farmasi) sudah beralih ke otomatisasi penuh. Lab sekolah harus mulai memperkenalkan konsep ini agar siswa tidak *culture shock* saat masuk dunia kerja.
- **Konektivitas:** Konsep intinya adalah menghubungkan alat fisik (misal: termometer) ke *cloud* (internet), sehingga datanya bisa diakses dari mana saja, tidak lagi dicatat manual di buku tulis.

### 8.1.2. Sensor Terkoneksi: Suhu, pH, dan Kelembaban *Real-time*

- **Monitoring:** Menggunakan probe sensor nirkabel (*wireless*) yang dicelupkan ke larutan. Data suhu dan pH langsung muncul di layar HP siswa secara grafik *real-time*.
- **Keunggulan:** Menghilangkan *human error* dalam pembacaan skala analog (meniskus/termometer raksa) dan memungkinkan pemantauan reaksi jangka panjang (misal: fermentasi 24 jam) tanpa harus menunggu di lab.

### 8.1.3. Otomatisasi Pengumpulan Data Eksperimen

- **Efisiensi:** Data dari sensor langsung tersimpan dalam *spreadsheet* (Google Sheets). Siswa tidak perlu lagi menyalin data, sehingga waktu kelas bisa difokuskan pada **analisis data** dan interpretasi grafik, bukan sekadar administrasi pencatatan.

#### 8.1.4. Manajemen Inventaris Bahan Kimia Berbasis RFID/QR Code

- **Inventaris Pintar:** Menempelkan tag RFID atau stiker QR Code pada setiap botol bahan kimia.
- **Sistem:** Saat bahan diambil, sistem otomatis mencatat siapa yang mengambil, kapan, dan berapa sisa stoknya. Jika stok asam klorida menipis, sistem bisa mengirim notifikasi otomatis ke laboran untuk pembelian ulang.

#### 8.1.5. Keamanan Lab Terintegrasi IoT (Deteksi Kebocoran Gas)

- **Safety:** Memasang sensor gas (seperti MQ-2) yang terhubung ke Wi-Fi. Jika terdeteksi kebocoran gas LPG atau uap pelarut organik berbahaya di atas ambang batas, sistem otomatis menyalakan *exhaust fan*, membunyikan alarm, dan mengirim peringatan ke HP guru/kepala sekolah.

### 8.2. Mikrokontroler (Arduino/Raspberry Pi) dalam Pembelajaran

RPS menuntut mahasiswa memiliki kompetensi teknis dalam pengembangan media. Mikrokontroler murah meriah seperti Arduino memungkinkan guru membuat alat ukur digital sendiri (*Do-It-Yourself*).

#### 8.2.1. Pengenalan Elektronika Dasar untuk Guru Kimia

- **STEAM:** Guru kimia perlu belajar sedikit dasar elektronika (resistor, LED, kabel jumper). Ini adalah jembatan menuju integrasi *Science, Technology, Engineering, Art, & Math* (STEAM).
- **Platform:** Arduino Uno adalah otak kecil yang bisa diprogram untuk membaca sensor dan menggerakkan motor.

#### 8.2.2. Merakit Kolorimeter Digital Sederhana Berbasis Arduino

- **Prinsip:** Hukum Beer-Lambert menyatakan absorbansi sebanding dengan konsentrasi.
- **Proyek:** Siswa merakit kolorimeter menggunakan LED RGB (sumber cahaya) dan sensor cahaya LDR (detektor). Alat ini bisa mengukur konsentrasi larutan berwarna (misal: larutan  $\text{Cu}^{2+}$ ) dengan akurasi yang cukup baik dibandingkan spektrofotometer mahal.

#### 8.2.3. Membuat Alat Ukur Konduktivitas Larutan Otomatis

- **Elektrolit:** Membuat alat uji daya hantar listrik menggunakan dua paku (elektroda) dan modul sensor arus. Data konduktivitas ditampilkan di layar LCD. Ini mengubah kualitatif ("lampu nyala terang/redup") menjadi data kuantitatif (angka konduktivitas dalam mS/cm).

#### 8.2.4. *Data Logging*: Merekam Kurva Titrasi secara Digital

- **Titrasi Otomatis:** Menghubungkan sensor pH ke Arduino dan komputer. Saat titrasi berlangsung, komputer menggambar kurva pH vs Volume secara otomatis. Siswa bisa melihat titik ekuivalen dan titik infleksi dengan presisi tinggi.

#### 8.2.5. Proyek STEAM: Integrasi Kimia, Teknik, dan *Coding*

- **Kolaborasi:** Proyek akhir semester di mana siswa kimia bekerja sama dengan siswa TIK/Fisika untuk membuat "Smart Garden" (kebun hidroponik otomatis) yang memantau pH air nutrisi dan menyuntikkan larutan asam/basa secara otomatis untuk menjaga pH ideal.

### 8.3. *Remote Laboratory* (Laboratorium Kendali Jarak Jauh)

Bagaimana jika sekolah tidak punya fasilitas lab canggih? *Remote Lab* adalah solusinya, memungkinkan siswa mengendalikan alat lab fisik yang berada di lokasi lain melalui internet.

#### 8.3.1. Konsep Eksperimen Kimia yang Dikendalikan via Web

- **Definisi:** Berbeda dengan simulasi virtual (kartun), *Remote Lab* adalah alat nyata. Siswa menekan tombol "Start" di web, dan sebuah lengan robot di lab universitas di kota lain akan menuangkan larutan. Siswa melihat prosesnya lewat *webcam* secara *live*.

#### 8.3.2. Arsitektur Jaringan untuk *Remote Lab*

- **Teknis:** Menggunakan *micro-webserver* (seperti Raspberry Pi) yang terhubung ke kamera dan aktuator (motor) pada alat praktikum. Antarmuka web didesain ramah pengguna agar siswa mudah mengontrolnya.

#### 8.3.3. Studi Kasus: Titrasi Robotik yang Diakses dari Rumah

- **Skenario:** Selama pandemi atau PR rumah, siswa mengakses "Web-Lab Titrasi". Mereka mengklik tombol untuk membuka kran buret sedikit demi sedikit. Kamera memperlihatkan tetesan asli dan perubahan warna indikator di gelas Erlenmeyer.

#### 8.3.4. Keuntungan Aksesibilitas bagi Daerah Terpencil

- **Pemerataan:** Sekolah di daerah 3T yang tidak punya lemari asam atau bahan kimia mahal bisa mengakses fasilitas lab canggih milik universitas mitra melalui internet. Ini mendemokratisasi akses pendidikan sains berkualitas.

### 8.3.5. Keterbatasan Umpan Balik Sensorik (Bau/Suara) pada *Remote Lab*

- **Kekurangan:** Siswa tidak bisa mencium bau gas amonia atau merasakan panas tabung reaksi.
- **Solusi:** Lengkapi tampilan layar dengan data sensor suhu dan deskripsi tekstual ("Terdeteksi bau menyengat") untuk mengompensasi hilangnya pengalaman indrawi langsung.

## 8.4. *Big Data* dan Analitik Pembelajaran Kimia

Ketika semua alat dan aktivitas siswa terhubung (*online*), terciptalah data besar (*Big Data*). Analisis data ini memberikan wawasan pedagogis yang berharga.

### 8.4.1. Memanfaatkan Data Perilaku Siswa di Platform Digital

- **Jejak Digital:** Berapa lama siswa menghabiskan waktu di halaman "Ikatan Ion"? Apakah mereka mengulang video "Hibridisasi" sampai 5 kali? Data ini menunjukkan pola belajar dan tingkat kesulitan materi.

### 8.4.2. *Learning Analytics*: Memprediksi Kesulitan Siswa dalam Stoikiometri

- **Prediksi:** Algoritma dapat mendeteksi jika seorang siswa sering salah menjawab soal konversi mol, sistem akan memberi "bendera merah" (*early warning*) kepada guru sebelum siswa tersebut gagal di ujian akhir.

### 8.4.3. Personalisasi Materi Berdasarkan Data Performansi

- **Adaptif:** Jika data menunjukkan siswa lemah di matematika dasar, sistem *e-learning* secara otomatis menyarankan materi remedial matematika sebelum mengizinkan siswa lanjut ke materi Laju Reaksi.

### 8.4.4. Etika Privasi Data Siswa

- **Perlindungan:** Guru dan sekolah wajib menjaga kerahasiaan data siswa. Data nilai dan perilaku belajar tidak boleh dijual atau disalahgunakan. Smaldino et al. menekankan pentingnya kebijakan privasi (*Privacy Policy*) yang ketat.

### 8.4.5. Dasbor Guru: Visualisasi Kemajuan Kelas *Real-time*

- **Monitoring:** Guru memiliki "kokpit" (*dashboard*) di laptopnya yang menampilkan grafik kemajuan seluruh kelas. Guru bisa tahu secara instan siapa yang sudah paham dan siapa yang tertinggal, memungkinkan intervensi yang tepat sasaran.

## 8.5. Integrasi *Wearable Technology*

Teknologi yang bisa dipakai (*wearable*) mulai masuk ke ranah pendidikan, menawarkan interaksi yang lebih mulus.

### 8.5.1. Kacamata Pintar (*Smart Glasses*) untuk Panduan Praktikum

- **Hands-free:** Siswa memakai kacamata pintar (seperti Google Glass Enterprise). Saat melihat buret, kacamata menampilkan *overlay* teks cara membaca meniskus yang benar tanpa siswa harus memegang buku manual (tangan bebas memegang alat).

### 8.5.2. *Smartwatch* untuk Notifikasi Jadwal dan Tugas

- **Pengingat:** Jam tangan pintar bergetar mengingatkan siswa: "Waktu inkubasi bakteri selesai, silakan cek cawan petri sekarang." Ini membantu manajemen waktu dalam eksperimen panjang.

### 8.5.3. Sensor Biometrik: Mengukur Stres Siswa saat Ujian Kimia

- **Biofeedback:** Gelang pintar mendeteksi detak jantung atau konduktansi kulit (*GSR*) siswa. Jika satu kelas terdeteksi stres tinggi saat materi tertentu, guru mendapat umpan balik bahwa metode pengajarannya mungkin terlalu menekan atau materi terlalu sulit.

### 8.5.4. Potensi Masa Depan: Pakaian Pendeteksi Paparan Bahan Kimia

- **Safety Wear:** Jas lab masa depan yang ditunen dengan benang sensor (*smart fabric*) yang berubah warna atau berbunyi jika terkena percikan asam kuat atau uap racun, meningkatkan keselamatan kerja secara drastis.

### 8.5.5. Kesiapan Infrastruktur Sekolah Menuju *Smart Classroom*

- **Roadmap:** Implementasi IoT butuh Wi-Fi stabil dan *bandwidth* besar. Sekolah perlu merencanakan infrastruktur TI secara bertahap, mulai dari satu "Lab Percontohan" sebelum penerapan massal.

## Integrasi Dalil Syar'i: Ilmu Allah yang Meliputi Segala Sesuatu (*Al-Muhith*)

Konsep IoT di mana segala sesuatu terhubung, terpantau, dan datanya terekam di *cloud* memberikan analogi teknologi terhadap sifat Allah **Al-Muhith** (Maha Meliputi) dan **Al-Khabir** (Maha Mengetahui yang Tersembunyi).

Allah SWT berfirman dalam **QS. Fushilat (41): 54**:

أَلَا إِنَّهُ بِكُلِّ شَيْءٍ مُّحِيطٌ

“Ingatlah bahwa sesungguhnya Dia Maha Meliputi segala sesuatu.” (QS. Fushilat: 54)

Dan QS. Al-Mujadilah (58): 6:

أَخْصَاهُ اللَّهُ وَنَسُوهُ وَاللَّهُ عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ شَهِيدٌ

“Allah mengumpulkan (mencatat) amal perbuatan itu, padahal mereka telah melupakannya. Dan Allah Maha Menyaksikan segala sesuatu.” (QS. Al-Mujadilah: 6)

### Tafsir Edukatif:

Dalam sistem *Smart Lab*, setiap tetes titrasi, setiap perubahan suhu, dan setiap akses bahan kimia "dicatat" oleh sensor dan server, tidak ada yang luput. Jika sistem buatan manusia saja mampu mencatat detail sedemikian rupa, maka sistem pencatatan Allah (*Lauhul Mahfuz*) jauh lebih presisi dan meliputi segalanya.

Integrasi IoT dalam pembelajaran bukan hanya soal kecanggihan teknis, tetapi juga sarana menanamkan kesadaran *Muraqabah* (merasa diawasi Allah). Siswa belajar bahwa di alam semesta ini, segala interaksi materi tunduk pada hukum-Nya dan segala perbuatan manusia terpantau dalam "Big Data" Ilahi yang akan dipertanggungjawabkan kelak.

### Referensi Bab 8:

1. Smaldino, S. E., Lowther, D. L., & Mims, C. (2019). *Instructional Technology and Media for Learning* (12th ed.). Pearson.
2. Kasmui, et al. (2024). *Rencana Pembelajaran Semester (RPS): Media Pembelajaran Kimia*. Universitas Negeri Semarang.

# BAB 9: PEMBELAJARAN JARAK JAUH DAN *HYBRID* (BLENDED LEARNING)

Pandemi global telah mempercepat adopsi pembelajaran jarak jauh (PJJ) dari sekadar opsi darurat menjadi "New Normal". Smaldino et al. (2019) mendedikasikan bab khusus untuk "Distance Education", menyoroti fleksibilitas waktu dan tempat sebagai kunci. Dalam **RPS Media Pembelajaran Kimia**, model pertemuan secara eksplisit dinyatakan sebagai "Hybrid, Luring, Daring". Bab ini membahas strategi desain *Blended Learning* yang menggabungkan kekuatan tatap muka (*face-to-face*) dengan keunggulan pembelajaran *online*, memastikan kualitas pendidikan kimia tidak terdegradasi oleh jarak.

## 9.1. Desain *Blended Learning* Kimia

*Blended Learning* (Pembelajaran Bauran) bukanlah sekadar memindahkan ceramah kelas ke Zoom. Ini adalah perancangan ulang instruksional yang strategis.

### 9.1.1. Model Rotasi Stasiun vs *Flipped Classroom*

- **Flipped Classroom:** Siswa mempelajari materi (video/modul) di rumah (*asinkron*), dan waktu kelas (*sinkron*) digunakan untuk diskusi pemecahan masalah atau praktikum. Ini sangat cocok untuk kimia di mana konsep teori (seperti konfigurasi elektron) bisa dipelajari mandiri, tapi aplikasinya butuh bimbingan.
- **Station Rotation:** Di laboratorium, siswa dibagi menjadi pos-pos: Pos 1 melakukan eksperimen basah, Pos 2 simulasi virtual di komputer, Pos 3 diskusi dengan guru.

### 9.1.2. Sinkron vs Asinkron: Menentukan Porsi Materi yang Tepat

- **Sinkron (Live):** Gunakan untuk klarifikasi miskonsepsi yang rumit, debat ilmiah, atau membangun hubungan emosional.
- **Asinkron (Self-paced):** Gunakan untuk penyampaian konten faktual, latihan soal rutin, atau membaca jurnal. Jangan habiskan kuota data siswa untuk ceramah satu arah yang bisa direkam.

### 9.1.3. Mengelola Transisi Antara Tatap Muka dan *Online*

- **Konektivitas:** Materi *online* harus terhubung (*seamless*) dengan aktivitas tatap muka. Contoh: Data hasil simulasi *online* di rumah dibawa ke kelas untuk didiskusikan dan dibandingkan dengan hasil praktikum nyata. Jangan biarkan keduanya berjalan sendiri-sendiri.

#### 9.1.4. LMS (*Learning Management System*): Moodle, Google Classroom, Edmodo

- **Rumah Digital:** LMS berfungsi sebagai "ruang kelas virtual". Guru harus mengorganisir materi dengan struktur yang logis (per topik/minggu), bukan sekadar gudang *file* PDF. Fitur *assignment*, *grading*, dan *feedback* harus dimaksimalkan untuk memantau progres.

#### 9.1.5. Membangun Komunitas Belajar *Online* (*Social Presence*)

- **Humanis:** Tantangan terbesar PJJ adalah rasa terisolasi. Guru harus hadir secara sosial: menyapa siswa di forum, memberikan umpan balik video personal, dan menggunakan nada bahasa yang hangat untuk menjaga motivasi siswa.

### 9.2. Interaktivitas dalam Pembelajaran Daring

PJJ sering gagal karena membosankan. Interaktivitas adalah kunci keterlibatan (*engagement*).

#### 9.2.1. Forum Diskusi: Mendorong Argumentasi Ilmiah Tertulis

- **Deep Thinking:** Berbeda dengan diskusi lisan yang cepat berlalu, forum tulis memungkinkan siswa berpikir lebih lama sebelum memposting ("Think time"). Guru bisa memberikan studi kasus (misal: "Apakah energi nuklir solusi hijau?") dan mewajibkan siswa membalas argumen teman dengan data.

#### 9.2.2. Papan Tulis Kolaboratif (Jamboard/Padlet) untuk *Brainstorming*

- **Visualisasi Bersama:** Saat membahas mekanisme reaksi, gunakan *whiteboard* digital di mana semua siswa bisa menggambar panah elektron secara bersamaan. Padlet bisa digunakan untuk pameran poster virtual hasil proyek siswa.

#### 9.2.3. Kuis Interaktif (Kahoot/Quizizz) sebagai Formatif Cepat

- **Gamifikasi:** Gunakan kuis di awal sesi Zoom untuk cek kehadiran dan pemahaman awal, atau di akhir sesi untuk evaluasi. Suasana kompetitif yang menyenangkan dapat mencairkan kebekuan kelas *online*.

#### 9.2.4. *Breakout Rooms*: Strategi Diskusi Kelompok Kecil Virtual

- **Kolaborasi:** Zoom dengan 40 siswa sering kali pasif. Pecah menjadi ruang-ruang kecil (4-5 siswa) untuk menyelesaikan LKPD stoikiometri. Guru "berpatroli" masuk-keluar ruang untuk memfasilitasi diskusi.

### 9.2.5. Webinar Kimia: Mengundang Pakar Tamu secara Virtual

- **Ekspansi Wawasan:** PJJ menghilangkan batasan geografis. Guru bisa mengundang dosen tamu, alumni yang bekerja di industri kimia, atau peneliti dari luar negeri untuk memberikan webinar, memberikan wawasan karier yang nyata bagi siswa.

## 9.3. Praktikum di Masa Pandemi dan PJJ

Bagaimana mengajarkan keterampilan laboratorium tanpa laboratorium? Ini tantangan terbesar pendidikan kimia era pandemi.

### 9.3.1. *Kitchen Chemistry*: Eksperimen Aman di Dapur Rumah

- **Relevansi:** Gunakan bahan dapur. Indikator asam-basa dari ekstrak kunyit atau kol ungu. Reaksi redoks menggunakan betadine (iodine) dan vitamin C. Pembuatan gas CO<sub>2</sub> dari soda kue dan cuka.
- **Laporan:** Siswa merekam video pelaksanaan eksperimen di dapur mereka sebagai bukti kinerja.

### 9.3.2. Paket Praktikum Rumah (*Home Kits*): Logistik dan Keamanan

- **Distribusi:** Sekolah mengirimkan paket kecil berisi bahan kimia aman (jumlah mikro) dan alat plastik ke rumah siswa. Ini memungkinkan pengalaman *hands-on* yang terstandar meskipun terpisah jarak.

### 9.3.3. Analisis Video Eksperimen sebagai Pengganti *Hands-on*

- **Keterampilan Proses:** Jika alat tidak ada, guru merekam video HD praktikum titrasi. Tugas siswa bukan melakukan titrasi, tapi *mengamati* video tersebut: mencatat volume awal/akhir, mengidentifikasi kesalahan prosedur yang sengaja dilakukan guru dalam video, dan mengolah datanya.

### 9.3.4. Kolaborasi Data: Siswa Berbagi Hasil Eksperimen Rumah

- **Big Data Kelas:** Setiap siswa mengukur pH air tanah di rumah masing-masing. Data seluruh kelas dikumpulkan di *Google Sheets* bersama untuk memetakan kualitas air di satu kota. Ini mengajarkan kekuatan kolaborasi data (*citizen science*).

### 9.3.5. Evaluasi Keterampilan Proses Sains dalam *Setting* PJJ

- **Asesmen:** Penilaian tidak hanya Laporan Akhir. Gunakan penilaian *live* via video call di mana siswa diminta mendemonstrasikan cara melipat kertas saring atau cara membaca meniskus gelas ukur secara langsung.

## 9.4. Web 2.0 dan Media Sosial dalam Pembelajaran

Generasi Z hidup di media sosial. Pendidik cerdas memanfaatkan "habitat" ini untuk pembelajaran.

### 9.4.1. Instagram/TikTok sebagai Media *Micro-blogging* Sains

- **Konten Kreatif:** Tugas siswa membuat video TikTok 60 detik yang menjelaskan "Efek Tyndall" atau "Sifat Koligatif". Ini melatih kemampuan sintesis materi dan komunikasi sains populer. Gunakan *hashtag* kelas untuk mengumpulkan tugas.

### 9.4.2. YouTube Channel sebagai Portofolio Proyek Siswa

- **Publikasi:** Hasil rekaman praktikum atau presentasi proyek diunggah ke saluran YouTube siswa/kelas. Komentar publik melatih siswa menerima umpan balik dan bertanggung jawab atas validitas konten yang mereka buat.

### 9.4.3. Wikipedia: Melatih Keterampilan Menulis dan Verifikasi Fakta

- **Literasi Digital:** Tantang siswa untuk menyunting atau menambahkan referensi pada artikel kimia di Wikipedia Bahasa Indonesia yang masih minim (misal: tentang senyawa bahan alam lokal). Ini melatih penulisan akademik dan sitasi.

### 9.4.4. Grup Jejaring Sosial untuk Diskusi *Peer-to-Peer*

- **Informal Learning:** Grup Telegram/Line kelas untuk diskusi cepat soal-soal sulit. Sering kali siswa lebih nyaman bertanya kepada teman sebaya di media sosial daripada bertanya resmi ke guru.

### 9.4.5. Manajemen Identitas Digital Profesional Guru

- **Teladan:** Guru harus memisahkan akun pribadi dan profesional, serta memberikan contoh etika berinteraksi di media sosial (tidak menyebarkan hoaks, santun berdebat).

## 9.5. Isu Kesenjangan Digital (*Digital Divide*)

Teknologi tidak boleh memperlebar jurang ketidakadilan. Smaldino et al. mengingatkan tentang aksesibilitas.

### 9.5.1. Peta Akses Internet dan Perangkat di Indonesia

- **Realitas:** Lakukan survei awal. Berapa persen siswa punya laptop? Berapa yang hanya punya HP? Berapa yang berbagi perangkat dengan orang tua? Desain pembelajaran harus mengakomodasi kelompok yang paling terbatas aksesnya (*lowest common denominator*).

### 9.5.2. Strategi *Low-Bandwidth* untuk Daerah 3T

- **Hemat Data:** Hindari video streaming HD yang boros kuota. Gunakan kompresi video, modul teks (PDF ringan), atau *podcast* audio yang lebih hemat *bandwidth*. Utamakan komunikasi asinkron (WhatsApp) daripada Zoom harian.

### 9.5.3. Modul Cetak Terintegrasi QR Code sebagai Solusi Hibrida

- **Offline-Online:** Bagi siswa tanpa internet stabil, berikan modul cetak. Sisipkan QR Code pada bagian sulit yang merujuk ke video penjelasan singkat (bisa diunduh saat ada sinyal).

### 9.5.4. Dukungan Psikososial dalam Pembelajaran Jarak Jauh

- **Empati:** PJJ rentan stres (*Zoom fatigue*). Guru perlu memberikan kelonggaran tenggat waktu (*deadline*) dan sesi curhat santai ("Homeroom") untuk menjaga kesehatan mental siswa.

### 9.5.5. Kebijakan Sekolah dalam Pemerataan Akses Teknologi

- **Subsidi:** Sekolah mengalihkan anggaran listrik/air (yang hemat selama pandemi) untuk subsidi kuota internet siswa atau peminjaman tablet inventaris sekolah kepada siswa prasejahtera.

## Integrasi Dalil Syar'i: Kelapangan dalam Majelis Ilmu

Konsep *Blended Learning* yang memperluas ruang belajar (dari kelas fisik ke ruang virtual tak terbatas) selaras dengan anjuran Al-Qur'an untuk memberikan kelapangan dalam majelis.

Allah SWT berfirman dalam QS. Al-Mujadilah (58): 11:

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا إِذَا قِيلَ لَكُمْ تَفَسَّحُوا فِي الْمَجَالِسِ فَافْسَحُوا يَفْسَحِ اللَّهُ لَكُمْ

“Hai orang-orang yang beriman, apabila dikatakan kepadamu: 'Berlapang-lapanglah dalam majlis', maka lapangkanlah niscaya Allah akan memberi kelapangan untukmu...” (QS. Al-Mujadilah: 11)

### Tafsir Edukatif:

Ayat ini secara harfiah memerintahkan memberikan ruang fisik bagi orang lain dalam majelis ilmu. Dalam konteks teknologi modern, *Blended Learning* dan PJJ adalah tafsir kontemporer dari "melapangkan majelis". Ruang kelas fisik (*offline*) terbatas tembok dan kursi, namun ruang kelas virtual (*online*) memiliki kapasitas tak terbatas (*unlimited seats*). Siapa pun, dari lokasi mana pun, bisa bergabung mencari ilmu.

Implementasi PJJ yang inklusif—yang memperhatikan siswa terkendala sinyal dan perangkat—adalah bentuk amal saleh "melapangkan jalan" bagi saudara kita untuk menuntut ilmu, yang balasannya adalah Allah akan melapangkan urusan kita.

### Referensi Bab 9:

1. Smaldino, S. E., Lowther, D. L., & Mims, C. (2019). *Instructional Technology and Media for Learning* (12th ed.). Pearson.
2. Kasmui, et al. (2024). *Rencana Pembelajaran Semester (RPS): Media Pembelajaran Kimia*. Universitas Negeri Semarang.

# BAB 10: PENILAIAN DAN EVALUASI MEDIA PEMBELAJARAN

Pengembangan media pembelajaran tidak berakhir saat tombol "Render" ditekan atau aplikasi selesai di-*compile*. Tahap krusial berikutnya adalah evaluasi. Smaldino et al. (2019) menempatkan "Evaluate and Revise" sebagai langkah pamungkas dalam model ASSURE. Dalam konteks akademik dan **RPS Media Pembelajaran Kimia**, mahasiswa (calon guru) dituntut tidak hanya mampu membuat, tetapi juga memvalidasi, menguji coba, dan mengukur efektivitas media yang mereka kembangkan sebelum digunakan secara luas. Bab ini membahas metodologi evaluasi standar riset pendidikan kimia (*Chemistry Education Research*).

## 10.1. Validasi Kelayakan Media

Sebelum media menyentuh tangan siswa, ia harus melewati "gerbang tol" validasi ahli. Media yang cacat konsep lebih berbahaya daripada tidak menggunakan media sama sekali.

### 10.1.1. Aspek Validitas Isi: Kebenaran Konsep Kimia

- **Ahli Materi (*Subject Matter Expert*):** Validasi ini dilakukan oleh dosen kimia atau guru senior. Fokus utamanya adalah akurasi ilmiah.
  - *Checklist:* Apakah struktur Lewis yang digambarkan sudah benar? Apakah persamaan reaksinya setara? Apakah analogi yang digunakan tidak memicu miskonsepsi baru? (Misal: menganalogikan atom seperti bola pejal tanpa menjelaskan nuansa awan elektron).
- **Rujukan Standar:** Semua konten harus merujuk pada literatur standar (IUPAC Gold Book) untuk definisi dan tata nama.

### 10.1.2. Aspek Validitas Konstruksi: Kesesuaian Pedagogis

- **Ahli Pedagogi:** Menilai apakah desain media sesuai dengan tujuan pembelajaran dan karakteristik siswa.
  - *Pertanyaan Kunci:* Apakah media ini benar-benar memfasilitasi *Inquiry*? Apakah tingkat kesulitannya pas untuk siswa SMA kelas X? Apakah urutan materinya logis (dari makroskopik ke submikroskopik)?

### 10.1.3. Aspek Validitas Teknis: Kualitas Audio-Visual dan *Usability*

- **Ahli Media:** Menilai kualitas teknis.
  - *Kriteria:* Keterbacaan teks (kontras warna), kualitas audio (bebas *noise*), kemudahan navigasi (tombol berfungsi baik), dan kompatibilitas (*bug-free*) di berbagai perangkat.

#### 10.1.4. Instrumen Validasi Ahli Materi dan Ahli Media

- **Skala Likert:** Gunakan lembar validasi standar dengan skala 1-4 atau 1-5.
- **Komentar Kualitatif:** Bagian terpenting adalah kolom "Saran Perbaikan". Kritik spesifik seperti "Warna atom Nitrogen seharusnya biru, bukan hijau" sangat berharga untuk revisi.

#### 10.1.5. Menghitung Reliabilitas Instrumen Penilaian (*Inter-rater*)

- **Konsistensi:** Jika ada dua validator, hitung kesepakatan mereka menggunakan koefisien *Cohen's Kappa* atau *Percentage of Agreement*. Validasi yang andal berarti para ahli sepakat bahwa media ini layak.

### 10.2. Uji Coba Lapangan dan Kepraktisan

Setelah dinyatakan valid secara teoritis, media harus diuji di "medan tempur" (kelas nyata).

#### 10.2.1. Uji Coba Perorangan (*One-to-One*)

- **Sampel:** 1-3 siswa dengan kemampuan berbeda (tinggi, sedang, rendah).
- **Metode:** Guru duduk di samping siswa saat mereka menggunakan media, mengamati perilaku mereka. "Di mana mereka ragu mengklik?", "Apakah mereka mengerutkan dahi saat membaca instruksi?". Ini mendeteksi kesalahan fatal dalam antarmuka (*interface*).

#### 10.2.2. Uji Coba Kelompok Kecil (*Small Group*)

- **Sampel:** 6-10 siswa.
- **Fokus:** Menilai durasi waktu penggunaan dan keterbacaan materi dalam setting yang lebih santai. Apakah media tersebut membosankan setelah 10 menit?

#### 10.2.3. Uji Coba Lapangan Luas (*Field Test*)

- **Sampel:** Satu kelas utuh (30-40 siswa).
- **Realitas:** Uji coba ini mensimulasikan kondisi nyata dengan segala gangguannya (suara berisik, sinyal Wi-Fi lambat). Hasil dari tahap ini menentukan "Kepraktisan" media.

#### 10.2.4. Mengukur Efisiensi Waktu dan Biaya

- **Analisis:** Apakah penggunaan media simulasi titrasi benar-benar menghemat waktu dibandingkan praktikum basah? Jika *setup* medianya memakan waktu 30 menit (karena *install plugin* dll), maka media tersebut tidak praktis.

#### 10.2.5. Analisis Respon Pengguna (*User Experience/UX Research*)

- **Angket Respon:** Sebarkan kuesioner kepuasan siswa.

- *Aspek:* Ketertarikan (*Attractiveness*), Kemudahan (*Ease of Use*), dan Kebaruan (*Novelty*). Komentar jujur siswa ("Pak, aplikasinya berat di HP saya") adalah bahan revisi vital.

### 10.3. Mengukur Efektivitas Media terhadap Hasil Belajar

Pertanyaan akhir dari setiap inovasi pendidikan adalah: "Apakah media ini membuat siswa lebih pintar?"

#### 10.3.1. Desain Eksperimen: *Pre-test* dan *Post-test Control Group*

- **Metode Riset:** Bandingkan dua kelas. Kelas Kontrol (tanpa media baru) vs Kelas Eksperimen (dengan media baru). Berikan tes yang sama.
- **Syarat:** Soal tes harus valid dan reliabel.

#### 10.3.2. Menghitung *N-Gain* untuk Peningkatan Pemahaman Konsep

- **Rumus Hake:** Gunakan *Normalized Gain* (*g*) untuk mengukur peningkatan.

##### Analisis Efektivitas Pembelajaran (*Normalized Gain*)

Untuk mengukur besarnya peningkatan pemahaman konsep atau hasil belajar peserta didik sebelum dan sesudah penggunaan media, digunakan rumus *Normalized Gain* (*g*) yang diadaptasi dari Hake. Perhitungan nilai *g* dirumuskan sebagai berikut:

$$g = (\text{Skor Post} - \text{Skor Pre}) / (\text{Skor Maks} - \text{Skor Pre})$$

##### Keterangan:

- **Skor Post:** Nilai tes akhir peserta didik.
- **Skor Pre:** Nilai tes awal peserta didik.
- **Skor Maks:** Nilai maksimum ideal yang mungkin dicapai.

Selanjutnya, hasil perhitungan diklasifikasikan berdasarkan kriteria interpretasi indeks gain sebagai berikut:

1. **Kategori Tinggi:** Jika nilai  $g \geq 0,7$
2. **Kategori Sedang:** Jika nilai  $0,3 \leq g < 0,7$
3. **Kategori Rendah:** Jika nilai  $g < 0,3$

Berdasarkan kriteria tersebut, media pembelajaran dinyatakan **efektif** apabila perolehan skor *N-gain* peserta didik minimal mencapai kategori **Sedang** ( $g \geq 0,3$ ).

### 10.3.3. Asesmen Diagnostik Miskonsepsi (*Three-tier Test*) Berbasis Komputer

- **Deteksi Mendalam:** Jangan hanya soal pilihan ganda biasa. Gunakan tes tiga tingkat: (1) Jawaban, (2) Alasan, (3) Keyakinan.
- **Analisis:** Media visual yang baik harus mampu menurunkan persentase miskonsepsi secara signifikan (misal: siswa tidak lagi menganggap ikatan ion sebagai garis fisik yang menghubungkan atom).

### 10.3.4. Penilaian Proyek dan Portofolio Digital (*e-Portfolio*)

- **Bukti Kinerja:** Untuk CPL Keterampilan (RPS), efektivitas diukur dari kualitas produk yang dihasilkan siswa. Jika setelah menonton video tutorial, siswa mampu merangkai alat destilasi dengan benar, maka video tersebut efektif secara psikomotorik.

### 10.3.5. Korelasi Antara Interaktivitas Media dan Retensi Memori

- **Long-term:** Lakukan tes tunda (*delayed test*) 2 minggu setelah pembelajaran. Media yang interaktif biasanya menghasilkan retensi memori yang lebih lama dibandingkan hafalan teks.

## 10.4. Publikasi dan Diseminasi Karya Media

RPS menargetkan hasil akhir berupa "Produk Media". Produk ini tidak boleh hanya disimpan di laci.

### 10.4.1. Menulis Artikel Jurnal Pengembangan (R&D)

- **Akademik:** Ubah laporan pengembangan media menjadi manuskrip artikel. Ikuti alur model pengembangan (misal: 4D atau ADDIE) dan kirimkan ke jurnal pendidikan kimia (seperti Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia UNNES atau *Chemistry Education Research and Practice*).

### 10.4.2. Hak Kekayaan Intelektual (HAKI) untuk Produk Media Ajar

- **Legalitas:** Daftarkan Hak Cipta (Surat Pencatatan Ciptaan) untuk video, modul, atau *software* buatan sendiri ke DJKI. Ini melindungi karya guru dari plagiasi dan memberikan poin kredit profesional.

### 10.4.3. Mengikuti Lomba Inovasi Pembelajaran Guru

- **Kompetisi:** Ikuti ajang seperti INOBEL (Inovasi Pembelajaran) untuk mendapatkan pengakuan eksternal dan umpan balik dari juri nasional.

#### 10.4.4. Berbagi di Platform *Open Educational Resources* (OER)

- **Sedekah Ilmu:** Unggah media ke *repository* berbagi seperti OER Commons, YouTube, atau Scribd agar bisa dimanfaatkan guru kimia lain di seluruh Indonesia.

#### 10.4.5. Komersialisasi Produk: Peluang *EdTechpreneurship*

- **Bisnis:** Jika media sangat bagus (misal: *kit* praktikum inovatif atau aplikasi berbayar), guru bisa mengembangkannya menjadi produk komersial (*start-up* pendidikan), mengajarkan jiwa kewirausahaan.

### 10.5. Refleksi dan Keberlanjutan

Evaluasi bukan titik akhir, tapi awal siklus baru.

#### 10.5.1. Siklus Hidup Media Pembelajaran (*Product Lifecycle*)

- **Obsolescence:** Sadari bahwa teknologi cepat usang. Media berbasis Flash (*SWF*) yang populer tahun 2010 kini sudah mati.
- **Antisipasi:** Bangun media menggunakan standar terbuka (*HTML5*) agar umur pakainya panjang.

#### 10.5.2. Pemutakhiran Konten Mengikuti Perkembangan Ilmu Kimia Terbaru

- **Update:** Ilmu kimia berkembang (penambahan unsur baru di tabel periodik: Nihonium, Moscovium, dll). Media harus rutin diperbarui (*maintenance*) agar tidak mengajarkan fakta kedaluwarsa.

#### 10.5.3. Pemeliharaan Aset Digital (*Link Rot, Obsolescence*)

- **Broken Links:** Cek secara berkala tautan QR Code di buku ajar. Jika tautan YouTube mati, segera ganti. "Link rot" adalah musuh utama media digital.

#### 10.5.4. Membangun Komunitas Praktisi Pengembang Media

- **MGMP:** Bentuk tim pengembang media di MGMP (Musyawarah Guru Mata Pelajaran) Kimia. Kolaborasi membuat beban produksi lebih ringan dan ide lebih segar.

#### 10.5.5. Peta Jalan Riset Media Pembelajaran Masa Depan

- **Visi:** Guru profesional harus memikirkan: "Apa selanjutnya setelah AR?" Mungkin integrasi AI untuk tutor personal? Evaluasi hari ini adalah landasan inovasi esok hari.

## Integrasi Dalil Syar'i: Mencari Kesempurnaan (*Itqan*) melalui Evaluasi

Proses validasi, uji coba, dan revisi terus-menerus adalah cerminan dari semangat **Itqan** (profesionalisme/ketuntasan) dan upaya mencari ketidaksempurnaan untuk diperbaiki, sebagaimana Allah menantang manusia untuk mencari cacat pada ciptaan-Nya.

Allah SWT berfirman dalam QS. Al-Mulk (67): 3-4:

الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ طِبَاقًا ۗ مَا تَرَىٰ فِي خَلْقِ الرَّحْمَنِ مِن تَفَوتٍ ۗ فَارْجِعِ الْبَصَرَ هَلْ تَرَىٰ مِن فُطُورٍ ﴿٣﴾ ثُمَّ ارْجِعِ الْبَصَرَ كَرَّتَيْنِ يَنقَلِبْ إِلَيْكَ الْبَصَرُ خَاسِئًا وَهُوَ حَسِيرٌ ﴿٤﴾

*“Yang telah menciptakan tujuh langit berlapis-lapis. Kamu sekali-kali tidak melihat pada ciptaan Tuhan Yang Maha Pemurah sesuatu yang tidak seimbang. Maka lihatlah berulang-ulang, adakah kamu lihat sesuatu yang tidak seimbang? Kemudian pandanglah sekali lagi niscaya penglihatanmu akan kembali kepadamu dengan tidak menemukan sesuatu cacat dan penglihatanmu itupun dalam keadaan payah.”* (QS. Al-Mulk: 3-4)

### Tafsir Edukatif:

Ayat ini mengajarkan standar kualitas tertinggi (*zero defect*). Allah SWT menantang kita untuk melakukan "validasi" (*farji'il bashara*) berulang kali terhadap ciptaan-Nya, dan hasilnya pasti sempurna tanpa cacat (*futhur*).

Sebagai pendidik, kita meneladani sifat ini dengan melakukan evaluasi berulang kali terhadap media pembelajaran yang kita buat. Kita mencari celah kekurangan—bukan untuk menjatuhkan, tapi untuk menyempurnakan. Evaluasi dan revisi adalah ibadah profesional untuk memastikan ilmu yang sampai ke siswa adalah ilmu yang "selamat" dari cacat konsep maupun teknis.

# PENUTUP BUKU

Alhamdulillah, puji syukur ke hadirat Allah SWT. Buku referensi "**Rekayasa & Desain Media Pembelajaran Kimia Kontemporer**" ini telah paripurna disusun dalam 10 Bab yang komprehensif. Dimulai dari landasan filosofis, berlanjut ke strategi desain sistematis (ASSURE), eksplorasi berbagai format media (Visual, 3D, Video, Komputasi, Immersif, IoT, Hybrid), dan diakhiri dengan evaluasi ketat.

Buku ini disusun dengan harapan menjadi *guidance* (pedoman) otoritatif bagi mahasiswa calon guru, guru kimia profesional, dan pengembang teknologi pendidikan. Kami menekankan bahwa teknologi hanyalah alat; "ruh" pembelajaran tetap ada pada pedagogi guru yang menyentuh hati dan akal siswa.

Semoga karya ini menjadi amal jariyah yang mengalirkan pahala, mencerdaskan kehidupan bangsa, dan melahirkan generasi kimiawan muslim yang ulul albab.

*Wallahu a'lam bish-shawab.*

# DAFTAR PUSTAKA

## Sumber Utama & Buku Teks:

- Smaldino, S. E., Lowther, D. L., & Mims, C. (2019). *Instructional Technology and Media for Learning* (12th ed.). Pearson.
- Kasmui, et al. (2024). *Rencana Pembelajaran Semester (RPS): Media Pembelajaran Kimia*. Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Semarang.
- Mayer, R. E. (Ed.). (2014). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.

## Jurnal & Artikel Ilmiah:

- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75-83.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- Sweller, J. (2011). Cognitive Load Theory. In *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 55, pp. 37-76). Academic Press.
- Talanquer, V. (2011). Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry triplet. *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195.

## Standar & Referensi Kimia:

- IUPAC. (2019). *Compendium of Chemical Terminology* (The "Gold Book"). International Union of Pure and Applied Chemistry.
- Corey, R. B., & Pauling, L. (1953). Molecular Models of Amino Acids, Peptides, and Proteins. *Review of Scientific Instruments*, 24(8), 621-627. (Referensi CPK Coloring).

## Kitab Suci & Tafsir:

- *Al-Qur'anul Karim*.
- Kementerian Agama RI. (2019). *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an.
- Katsir, I. (2000). *Tafsir Al-Qur'an Al-Azhim*. (Terj.). Jakarta: Pustaka Imam Asy-Syafi'i.

# GLOSARIUM

## A

- **Augmented Reality (AR):** Teknologi yang menggabungkan benda maya dua dimensi dan ataupun tiga dimensi ke dalam sebuah lingkungan nyata tiga dimensi lalu memproyeksikan benda-benda maya tersebut dalam waktu nyata.
- **Asinkron:** Pembelajaran yang tidak terjadi pada waktu yang bersamaan; contohnya menonton video rekaman atau membaca forum diskusi.

## B

- **Blended Learning:** Model pembelajaran yang menggabungkan pembelajaran tatap muka (*face-to-face*) dengan pembelajaran berbasis komputer (*online*).

## C

- **Cheminformatics:** Bidang studi yang menggunakan teknik komputer dan informatika untuk menyelesaikan masalah di bidang kimia, seperti penyimpanan data struktur molekul.
- **Cognitive Load Theory (CLT):** Teori instruksional yang menyatakan bahwa memori kerja manusia memiliki kapasitas terbatas, sehingga materi ajar harus didesain agar tidak membebani kapasitas tersebut secara berlebihan.
- **CPK Coloring:** Standar pewarnaan model molekul kimia (Corey-Pauling-Koltun); Hitam (Karbon), Putih (Hidrogen), Merah (Oksigen), Biru (Nitrogen).

## D

- **Dual Coding Theory:** Teori kognitif yang menyatakan bahwa manusia memproses informasi melalui dua saluran terpisah: verbal (teks/suara) dan visual (gambar).

## F

- **Flipped Classroom:** Model pembelajaran di mana siswa mempelajari materi di rumah (biasanya lewat video) dan mengerjakan tugas/diskusi di dalam kelas.

## I

- **Internet of Things (IoT):** Jaringan perangkat fisik yang tertanam dengan sensor, perangkat lunak, dan konektivitas lain untuk bertukar data melalui internet.
- **Immersive Technology:** Teknologi yang mengaburkan batasan antara dunia fisik dan dunia digital/simulasi (mencakup AR, VR, MR).

**L**

- **Learning Management System (LMS):** Aplikasi perangkat lunak untuk administrasi, dokumentasi, pelacakan, pelaporan, dan penyampaian kursus pendidikan atau program pelatihan.

**M**

- **Makroskopik:** Level representasi kimia yang berkaitan dengan fenomena yang dapat dilihat, diraba, dan dicium secara langsung (nyata).
- **Microscale Chemistry:** Metode praktikum kimia menggunakan jumlah bahan kimia yang sangat sedikit untuk mengurangi biaya, risiko, dan limbah.
- **Miskonsepsi:** Pemahaman atau gagasan siswa yang tidak sesuai dengan pengertian ilmiah yang diterima para ahli.

**R**

- **Realia:** Benda nyata yang digunakan sebagai bahan bantu belajar.
- **Remote Laboratory:** Laboratorium fisik yang dapat dikendalikan dari jarak jauh melalui antarmuka web/komputer.

**S**

- **Scaffolding:** Dukungan instruksional yang diberikan guru kepada siswa secara bertahap, yang kemudian dikurangi seiring dengan meningkatnya kompetensi siswa.
- **Split-Attention Effect:** Fenomena beban kognitif yang terjadi ketika siswa harus membagi perhatian antara dua sumber informasi yang terpisah (misal: gambar di halaman kiri, teks di halaman kanan).
- **Submikroskopik:** Level representasi kimia yang berkaitan dengan partikel materi (atom, molekul, ion) yang tidak terlihat mata telanjang.
- **Simbolik:** Level representasi kimia menggunakan simbol, rumus, persamaan reaksi, dan grafik.

**T**

- **TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge):** Kerangka kerja yang menggambarkan interaksi antara pengetahuan teknologi, pedagogi, dan konten materi yang dibutuhkan guru untuk mengajar efektif.

**V**

- **Virtual Reality (VR):** Teknologi yang membuat pengguna dapat berinteraksi dengan lingkungan yang disimulasikan oleh komputer (dunia maya sepenuhnya).

## PENULIS



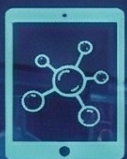
## KASMUI

- Dosen Kimia, Komputasi, IT, dan AI UNNES, serta Praktisi Ilmu Falak;
- Anggota Majelis Tabligh PDM Kota Semarang dan PWM Jawa Tengah;
- Anggota Tim Pengembang Software KHGT MTT PP Muhammadiyah;
- Website pribadi: <https://hisabmu.com/>, <https://kasmui.cloud/>;
- Minat & Hobi: Computer programming.

# MEDIA PEMBELAJARAN KIMIA

## Rekayasa & Desain Kontemporer

Perspektif Pedagogi, Teknologi, dan Representasi Multipel



### Sinopsis:

Buku ini menghadirkan panduan komprehensif dalam merancang media pembelajaran kimia yang inovatif di era digital. Mengintegrasikan kerangka kerja TPACK, teori beban kognitif, dan representasi multipel, pembaca diajak mengeksplorasi teknologi mutakhir mulai dari visualisasi molekuler, augmented reality (AR), virtual reality (VR), hingga Internet of Things (IoT) dalam konteks laboratorium cerdas. Dilengkapi dengan strategi desain instruksional sistematis dan panduan evaluasi, buku ini menjadi referensi esensial bagi pendidik dan pengembang media untuk menciptakan pengalaman belajar kimia yang mendalam dan relevan.

**PENULIS: KASMUI**