

Editor: Dr. David JM Sembiring, M. Kom.

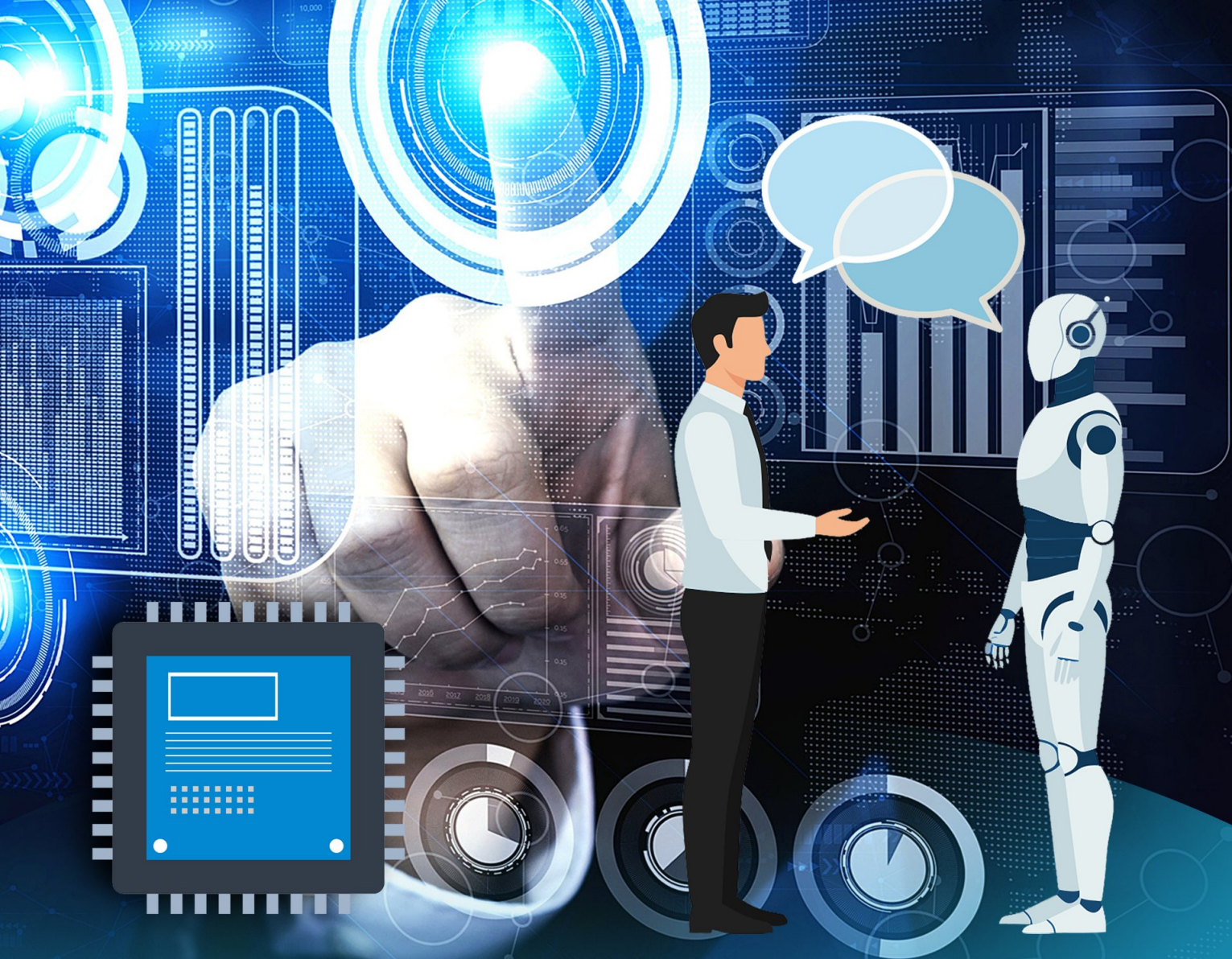


Teknologi Komputasi

dan

Kecerdasan Buatan dalam Pendidikan

Roberto Kaban, Nirsal, Sri Ayu Ashari, Romulo P. Aritonang
Alex Sandria Jaya Wardhana, Yusron Abda'u Ansya, Sumarlin
Susmanto, Asprina Br Surbakti, Muhammad Abdillah Rahmat
Septiana Dewi Andriana, Enni Juliani, Safwan Kasma, Hani Subakti



Teknologi Komputasi

dan

Kecerdasan Buatan dalam Pendidikan

UU 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Perlindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- a. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- b. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- c. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- d. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).

Teknologi Komputasi dan Kecerdasan Buatan dalam Pendidikan

Roberto Kaban, Nirsal, Sri Ayu Ashari, Romulo P. Aritonang
Alex Sandria Jaya Wardhana, Yusron Abda'u Ansya, Sumarlin
Susmanto, Asprina Br Surbakti, Muhammad Abdillah Rahmat
Septiana Dewi Andriana, Enni Juliani, Safwan Kasma, Hani Subakti



Penerbit Yayasan Kita Menulis

Teknologi Komputasi dan Kecerdasan Buatan dalam Pendidikan

Copyright © Yayasan Kita Menulis, 2026

Penulis:

Roberto Kaban, Nirsal, Sri Ayu Ashari, Romulo P. Aritonang
Alex Sandria Jaya Wardhana, Yusron Abda'u Ansyah, Sumarlin
Susmanto, Asprina Br Surbakti, Muhammad Abdillah Rahmat
Septiana Dewi Andriana, Enni Juliani, Safwan Kasma, Hani Subakti

Editor: Dr. David JM Sembiring, M. Kom.

Desain Sampul: Devy Dian Pratama, S.Kom.

Penerbit

Yayasan Kita Menulis

Web: kitamenulis.id

e-mail: press@kitamenulis.id

WA: 0813-9680-7167

IKAPI: 044/SUT/2021

Roberto Kaban., dkk.

Teknologi Komputasi dan Kecerdasan Buatan dalam Pendidikan

Yayasan Kita Menulis, 2026

xvi; 290 hlm; 16 x 23 cm

ISBN: 978-634-260-256-0

Cetakan 1, Mei 2026

- I. Teknologi Komputasi dan Kecerdasan Buatan dalam Pendidikan
- II. Yayasan Kita Menulis

Katalog Dalam Terbitan

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak maupun mengedarkan buku tanpa
izin tertulis dari penerbit maupun penulis

Kata Pengantar

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, serta penyertaan-Nya, sehingga buku yang berjudul “Teknologi Komputasi dan Kecerdasan Buatan dalam Pendidikan” ini dapat disusun dan diselesaikan dengan baik.

Perkembangan teknologi digital yang berlangsung sangat cepat telah membawa perubahan besar dalam berbagai sektor kehidupan, termasuk dunia pendidikan. Transformasi ini menuntut hadirnya sistem pembelajaran yang lebih adaptif, inovatif, dan berbasis teknologi. Teknologi komputasi, komputasi awan, Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (Artificial Intelligence), hingga teknologi imersif seperti Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR), kini menjadi bagian penting dalam membangun ekosistem pendidikan modern.

Buku ini disusun sebagai bahan ajar, referensi akademik, serta sumber wawasan bagi mahasiswa, dosen, peneliti, praktisi pendidikan, dan masyarakat umum yang ingin memahami hubungan antara teknologi komputasi dan kecerdasan buatan dalam pengembangan sistem pendidikan masa depan. Materi yang dibahas dalam buku ini disusun secara sistematis, mencakup konsep dasar sistem komputasi, perkembangan AI dalam pendidikan, transformasi pendidikan digital, literasi digital dan literasi AI, infrastruktur komputasi awan, platform pembelajaran digital, Internet of Things, Generative AI dalam pengembangan materi ajar, pembelajaran imersif, etika AI dalam pendidikan, transformasi peran pendidik, hingga pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas.

Penyusunan buku ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang komprehensif, baik secara teoritis maupun aplikatif, mengenai pemanfaatan teknologi dalam meningkatkan kualitas pembelajaran,

efektivitas pengajaran, serta pengembangan kompetensi sumber daya manusia di era digital.

Akhir kata, semoga buku ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, memperluas wawasan akademik, serta menjadi kontribusi nyata dalam mendorong transformasi pendidikan Indonesia menuju ekosistem pembelajaran yang cerdas, inklusif, dan berkelanjutan.

April 2026
Penulis

Daftar Isi

Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel	xv

Bab 1 Pendahuluan Teknologi Komputasi dalam Pendidikan

1.1 Perkembangan Teknologi Komputasi dalam Pendidikan	1
1.2 Peran dan Fungsi Teknologi Komputasi dalam Sistem Pendidikan.....	5
1.3 Strategi Pengembangan Pendidikan Berbasis Teknologi Komputasi	9
1.4 Model Transformasi Pendidikan Menuju Ekosistem Digital.....	13

Bab 2 Konsep Dasar Sistem Komputasi

2.1 Pengertian Sistem Komputasi.....	19
2.2 Komponen Utama Sistem Komputasi	21
2.2.1 Perangkat Keras (Hardware).....	21
2.2.2 Perangkat Lunak (Software).....	24
2.2.3 Brainware (Pengguna).....	26
2.3 Proses Komputasi (Input–Process–Output).....	28
2.4 Peran Sistem Komputasi dalam AI Pendidikan	30
2.5 Integrasi Sistem Komputasi dengan Kecerdasan Buatan	33

Bab 3 Dasar Kecerdasan Buatan dalam Pendidikan

3.1 Pengantar dan Definisi Kecerdasan Buatan (AI)	37
3.2 Sejarah dan Perkembangan AI dalam Dunia Pendidikan.....	40
3.3 Komponen dan Teknologi Utama AI dalam Pendidikan.....	42
3.4 Paradigma dan Peran AI dalam Ekosistem Pembelajaran	45
3.5 Manfaat dan Nilai Tambah AI bagi Pendidik dan Peserta Didik	47
3.6 Etika, Privasi, dan Tantangan Dasar	49

Bab 4 Transformasi Pendidikan Digital

4.1 Pengertian Transformasi Pendidikan Digital.....	53
4.2 Latar Belakang Transformasi Pendidikan Digital.....	54
4.3 Faktor Pendorong Transformasi Pendidikan Digital	56
4.4 Karakteristik Transformasi Pendidikan Digital.....	58

4.5 Peran Teknologi dalam Transformasi Pendidikan	60
4.6 Model Transformasi Pendidikan Digital	62
4.7 Dampak Transformasi Pendidikan Digital	64
4.8 Kesiapan Sumber Daya Manusia	66
4.9 Tantangan Transformasi Pendidikan Digital.....	67
4.10 Peran Pendidik dalam Transformasi Digital.....	69
4.11 Peran Peserta Didik	70
4.12 Masa Depan Transformasi Pendidikan Digital	72

Bab 5 Literasi Digital dan Literasi AI

5.1 Literasi Digital	75
5.2 Literasi AI (Kecerdasan Buatan).....	78
5.3 Strategi Pengembangan Literasi Digital dan Literasi AI	80
5.3.1 Integrasi dalam Kurikulum melalui Pendekatan Interdisipliner dan Berjenjang	80
5.3.2 Pendekatan Berbasis Kompetensi dalam Literasi	81
5.3.3 Pengembangan Kompetensi Guru.....	82
5.3.4 Pembelajaran Berbasis Kearifan Lokal.....	83
5.4 Peran Peserta Didik dalam Ekosistem Digital dan AI	84
5.4.1 Transformasi Peserta Didik menjadi Kreator Teknologi (From Consumer to Creator).....	84
5.4.2 Critical Thinking dan Computational Thinking	85
5.4.3 Etika Penggunaan Teknologi dan Tanggung Jawab Sosial.....	87
5.4.4 Adaptasi Peran dalam Kepemimpinan Digital	88

Bab 6 Infrastruktur Komputasi Awan untuk Pendidikan

6.1 Evolusi dan Dasar Infrastruktur Awan	89
6.1.1 Konsep Dasar Komputasi Awan	89
6.1.2 Perbandingan Infrastruktur Fisik vs Infrastruktur Awan	91
6.1.3 Komponen Utama Ekosistem Digital Pendidikan	92
6.1.4 Peran Strategis Awan dalam Pedagogi Modern.....	93
6.2 Model Layanan dan Deployment Awan.....	94
6.2.1 Penerapan SaaS, PaaS, dan IaaS di Sekolah.....	94
6.2.2 Public Cloud untuk Skalabilitas Institusi	96
6.2.3 Private Cloud untuk Keamanan Data Sensitif.....	97
6.2.4 Strategi Hybrid Cloud dan Multi-Cloud	99
6.3 Teknologi Virtualisasi dan Pusat Data.....	100
6.3.1 Peran Virtualisasi Server dalam Efisiensi Sumber Daya.....	100
6.3.2 Pengelolaan Penyimpanan Data (Storage) Terpusat.....	101

6.3.3 Skalabilitas dan Ketersediaan Layanan Tinggi (HA)	102
6.3.4 Infrastruktur Jaringan dan Konektivitas Pita Lebar	103
6.4 Keamanan, Privasi, dan Tata Kelola	104
6.4.1 Protokol Perlindungan Data Pribadi Siswa dan Pengajar	104
6.4.2 Manajemen Identitas dan Kontrol Akses (IAM)	105
6.4.3 Kepatuhan Terhadap Standar Keamanan Siber Internasional	106

Bab 7 Jaringan dan Platform Pembelajaran Digital

7.1 Arsitektur Jaringan untuk Sistem Pembelajaran Digital	109
7.2 Protokol dan Infrastruktur Komunikasi dalam E-Learning	113
7.3 Platform Pembelajaran Digital dan Integrasi Layanan Berbasis Cloud ..	117
7.4 Keamanan, Aksesibilitas, dan Keandalan Jaringan Pendidikan	120

Bab 8 Sistem Manajemen Pembelajaran Digital

8.1 Pendahuluan	125
8.2 Pengertian Sistem Manajemen Pembelajaran Digital	126
8.3 Fungsi dan Tujuan LMS	130
8.4 Komponen Utama LMS	133
8.5 Jenis-Jenis LMS	135
8.6 Fitur-Fitur Utama LMS	138
8.7 Keunggulan LMS dalam Pembelajaran	140
8.8 Tantangan dalam Implementasi LMS	143

Bab 9 Internet of Things dalam Lingkungan Pendidikan

9.1 Konsep Dasar Internet of Things dalam Pendidikan	145
9.2 Arsitektur dan Komponen IoT untuk Lingkungan Pembelajaran	148
9.3 Implementasi IoT dalam Kelas Cerdas (Smart Classroom)	152
9.4 Analisis Data IoT untuk Peningkatan Kualitas Pembelajaran	155

Bab 10 Generative AI dalam Pengembangan Materi Ajar

10.1 Konsep Generative AI dalam Pendidikan	161
10.2 Peran Generative AI dalam Pengembangan Materi Ajar	162
10.3 Proses Pengembangan Materi Ajar Berbantuan Generative AI	165
10.4 Teknik Prompting untuk Materi Ajar	167
10.5 Personalisasi dan Diferensiasi Materi Ajar	169
10.6 Kualitas, Validasi, dan Batasan Materi Ajar Berbasis Generative AI ...	170

Bab 11 Pembelajaran Imersif dengan Virtual Reality dan Augmented Reality

11.1 Pendahuluan.....	173
11.2 Peran VR dan AR dalam Transformasi Pembelajaran	175
11.3 Sejarah dan Perkembangan Teknologi VR dan AR dalam Pendidikan ...	177
11.4 Dasar Teknologi Virtual Reality dan Augmented Reality	179
11.4.1 Komponen Utama dan Arsitektur Teknologi VR dan AR.....	179
11.4.2 Perangkat Keras dan Perangkat Lunak yang Dibutuhkan.....	180
11.4.3 Perbedaan Teknologi VR dan AR dalam Konteks Pembelajaran	183

Bab 12 Etika Kecerdasan Buatan dalam Pendidikan

12.1 Pendahuluan.....	187
12.2 Konsep Dasar Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence) secara Akademik	188
12.3 Perkembangan AI dalam Pendidikan	189
12.4 Penerapan AI Dalam Dunia Pendidikan.....	190
12.5 Etika Penggunaan AI di Institusi Pendidikan.....	191
12.5.1 Prinsip Etika Dalam Implementasi AI	191
12.5.2 Risiko Etika dalam Implementasi AI	193
12.5.3 Peran Pendidik dan Institusi Dalam Pengawasan Etika	195
12.6 Regulasi dan Kerangka Kebijakan Etika AI dalam Pendidikan	196
12.6.1 Kerangka Regulasi Global	196
12.6.2 Regulasi Nasional di Berbagai Negara	198
12.6.3 Kebijakan Nasional Indonesia	200
12.6.4 Implikasi Kebijakan untuk Institusi Pendidikan.....	201

Bab 13 Transformasi Peran Pendidik di Era AI

13.1 Konsep Transformasi Peran Pendidik	203
13.1.1 Definisi Transformasi Peran Pendidik	204
13.1.2 Perubahan Paradigma Pendidikan: Teacher-Centered ke Student-Centered	205
13.1.3 Faktor Pendorong Transformasi Peran Pendidik	205
13.2 Peran Tradisional vs Peran Pendidik di Era AI.....	207
13.2.1 Peran Pendidik sebagai Sumber Pengetahuan di Era Tradisional... ..	207
13.2.2 Pergeseran Menjadi Fasilitator, Mentor, dan Coach di Era AI ..	208
13.2.3 Perbandingan Karakteristik Peran Lama dan Baru	209
13.3 Kompetensi Pendidik di Era Kecerdasan Buatan	211
13.4 Peran Pendidik sebagai Fasilitator Pembelajaran Digital	213
13.5 Integrasi AI dalam Praktik Pengajaran	215

13.6 Tantangan Transformasi Peran Pendidik.....	218
13.7 Strategi Adaptasi Pendidik di Era AI.....	220
 Bab 14 Pendidikan Inklusif Berbasis Teknologi Cerdas	
14.1 Hakikat Pendidikan Inklusif Berbasis Teknologi Cerdas.....	223
14.2 Landasan Teoretis dalam Pendidikan Inklusif Berbasis Teknologi Cerdas .	226
14.3 Tujuan dan Manfaat dalam Pendidikan Inklusif Berbasis Teknologi Cerdas	229
14.4 Jenis-Jenis Pendekatan dalam Pendidikan Inklusif Berbasis Teknologi Cerdas	231
14.5 Proses Pembentukan Karakteristik Peserta Didik dalam Pendidikan Inklusif Berbasis Teknologi Cerdas.....	234
14.6 Tantangan dalam Aksesibilitas Pendidikan Inklusif Berbasis Teknologi Cerdas	237
 Daftar Pustaka	 241
Biodata Penulis	281

Daftar Gambar

Gambar 1.1: Evolusi Teknologi Komputasi dalam Pendidikan.....	2
Gambar 1.2: Peran dan Fungsi Teknologi Komputasi dalam Sistem Pendidikan.....	8
Gambar 1.3: Strategi Pengembangan Pendidikan Berbasis Teknologi Komputasi	10
Gambar 1.4: Model Transformasi Pendidikan Menuju Ekosistem Digital..	14
Gambar 2.1: Hubungan Antara Komponen Hardware.....	24
Gambar 2.2: Sistem Kerja Perangkat Lunak	27
Gambar 3.1: Paradigma dan Peran AI dalam Ekosistem Pembelajaran.....	45
Gambar 5.1: Empat Pilar Literasi Digital	77
Gambar 5.2: HOTS Domain berdasarkan Taksonomi Bloom.....	81
Gambar 5.3: Empat Tahapan Computational Thinking.....	86
Gambar 7.1: Arsitektur Jaringan untuk Sistem Pembelajaran Digital.....	110
Gambar 7.2: Protokol dan Infrastruktur Komunikasi dalam E-Learning.....	114
Gambar 7.3: Platform Pembelajaran Digital dan Integrasi Layanan Berbasis Cloud	118
Gambar 7.4: Keamanan, Aksesibilitas, dan Keandalan Jaringan Pendidikan.....	121
Gambar 8.1: Learning Manajemen sistem pembelajaran	129
Gambar 9.1: Konsep Dasar Internet of Things dalam Pendidikan	146
Gambar 9.2: Arsitektur dan Komponen IoT untuk Lingkungan Pembelajaran..	149
Gambar 9.3: Implementasi IoT dalam Kelas Cerdas (Smart Classroom)....	153
Gambar 9.4: Analisis Data IoT untuk Peningkatan Kualitas Pembelajaran	157
Gambar 10.1: Alur Pengembangan Materi Ajar Menggunakan Generative AI.	167

Daftar Tabel

Tabel 10.1: Peran Generative AI dalam Pengembangan Materi Ajar	164
--	-----

Bab 1

Pendahuluan Teknologi Komputasi dalam Pendidikan

1.1 Perkembangan Teknologi Komputasi dalam Pendidikan

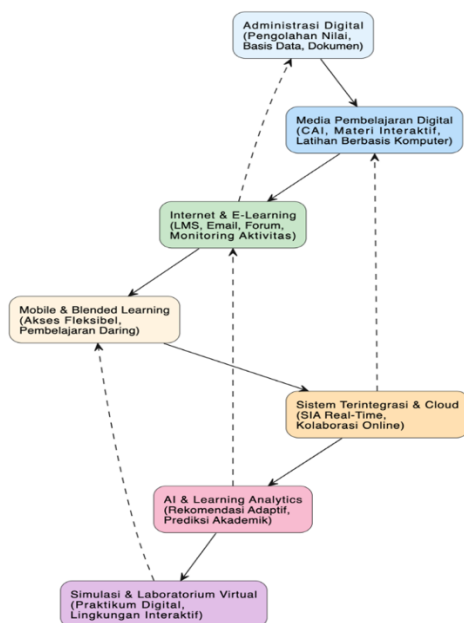
Perkembangan teknologi komputasi dalam pendidikan berlangsung melalui rangkaian tahapan yang saling terhubung dan menunjukkan perubahan fungsi yang semakin luas dari waktu ke waktu. Pada tahap awal, komputer ditempatkan sebagai alat bantu administratif yang berperan dalam mengelola berbagai kebutuhan operasional lembaga pendidikan.

Data siswa, nilai akademik, jadwal pelajaran, serta dokumen penting lainnya disimpan dan diproses menggunakan sistem berbasis komputer sehingga tingkat kesalahan pencatatan dapat ditekan dan proses kerja menjadi lebih cepat. Penggunaan perangkat lunak seperti pengolah kata, lembar kerja, serta sistem basis data menjadi landasan awal yang

memperkenalkan teknologi komputasi ke dalam lingkungan sekolah dan perguruan tinggi secara terstruktur (Flury & Geiss, 2023).

Perjalanan berikutnya menunjukkan perubahan fungsi komputer yang tidak lagi terbatas pada pengelolaan administrasi. Komputer mulai dimanfaatkan sebagai media yang mendukung proses pembelajaran secara langsung di ruang kelas maupun di laboratorium. Program Computer Assisted Instruction berkembang sebagai sarana penyampaian materi dalam bentuk digital yang menggabungkan teks, gambar, serta animasi sederhana (Beynon & Mackay, 2025).

Guru dapat menyajikan materi dengan cara yang lebih variatif sehingga suasana belajar menjadi lebih menarik dibandingkan metode konvensional. Siswa juga memperoleh kesempatan untuk berinteraksi dengan materi melalui latihan soal berbasis komputer serta simulasi sederhana yang membantu pemahaman terhadap topik yang dipelajari. Berikut ini adalah Evolusi Teknologi Komputasi dalam Pendidikan:



Gambar 1.1: Evolusi Teknologi Komputasi dalam Pendidikan

Perkembangan jaringan komputer membawa perubahan yang semakin luas karena membuka akses terhadap sumber belajar yang tidak lagi terbatas pada ruang fisik sekolah. Internet menjadi media utama yang menghubungkan peserta didik dengan berbagai sumber informasi seperti jurnal ilmiah, buku elektronik, serta perpustakaan digital yang tersedia secara daring (McBrayer et al., 2023). Komunikasi antara pendidik dan peserta didik mengalami perubahan karena tidak lagi bergantung pada pertemuan tatap muka. Interaksi akademik dapat berlangsung melalui surat elektronik, forum diskusi, serta berbagai platform pembelajaran yang mendukung pertukaran informasi secara cepat dan fleksibel.

Kemajuan infrastruktur jaringan kemudian mendorong lahirnya sistem pembelajaran elektronik yang terorganisasi dalam bentuk Learning Management System (Sohaib et al., 2025). Platform ini digunakan untuk mengelola materi pembelajaran, tugas, kuis, serta aktivitas diskusi dalam satu sistem yang terintegrasi. Distribusi materi menjadi lebih rapi karena seluruh konten tersimpan dalam satu lingkungan digital yang mudah diakses oleh pengguna. Aktivitas pembelajaran dapat direkam secara sistematis sehingga data seperti kehadiran, waktu akses, serta hasil evaluasi dapat dianalisis untuk melihat perkembangan belajar peserta didik secara lebih terukur.

Penggunaan perangkat bergerak seperti laptop, tablet, dan telepon pintar memperluas jangkauan teknologi komputasi dalam pendidikan karena proses belajar tidak lagi terikat pada lokasi tertentu (Kumar et al., 2024). Peserta didik dapat mengakses materi dari berbagai tempat selama tersedia koneksi internet yang memadai. Model pembelajaran daring serta pembelajaran campuran berkembang dengan pesat karena memberikan keleluasaan dalam pengaturan waktu dan tempat belajar. Fleksibilitas ini menjadi salah satu ciri utama perubahan yang terjadi pada sistem pendidikan yang memanfaatkan teknologi komputasi.

Kemampuan penyimpanan dan pengolahan data juga mengalami peningkatan yang sangat pesat sehingga institusi pendidikan mampu mengelola data dalam jumlah besar secara efisien. Data akademik seperti

riwayat nilai, aktivitas pembelajaran, serta portofolio digital dapat disimpan dalam sistem yang terintegrasi (Lavhe, 2025; Y. Yang, 2024). Sistem informasi akademik memungkinkan pengelolaan data secara waktu nyata sehingga pihak manajemen dapat memantau kondisi institusi melalui laporan yang dihasilkan secara otomatis. Informasi yang tersedia menjadi lebih akurat dan dapat digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan.

Perkembangan komputasi awan (Cloud Computing) memberikan kemudahan dalam pengelolaan infrastruktur teknologi karena institusi tidak perlu membangun pusat data sendiri untuk menyimpan dan memproses informasi. Layanan berbasis awan memungkinkan penggunaan perangkat lunak melalui jaringan internet dengan biaya yang lebih efisien (Abdullahi et al., 2023; Karraz, 2023). Kapasitas sistem dapat disesuaikan dengan kebutuhan sehingga penggunaan sumber daya menjadi lebih fleksibel. Kolaborasi antara pengguna juga menjadi lebih mudah karena dokumen dapat diakses dan diedit secara bersama dalam waktu yang bersamaan tanpa batasan lokasi.

Integrasi kecerdasan buatan memperluas kemampuan sistem komputasi dalam mendukung proses pembelajaran yang lebih adaptif. Sistem cerdas mampu menganalisis pola belajar siswa berdasarkan data aktivitas yang tersimpan dalam platform pembelajaran (Rao et al., 2025). Rekomendasi materi dapat diberikan sesuai dengan tingkat kemampuan masing-masing peserta didik sehingga proses belajar menjadi lebih terarah. Analitik pembelajaran membantu dalam mengidentifikasi kesulitan yang dialami siswa pada tahap awal sehingga pendidik dapat mengambil langkah yang tepat untuk meningkatkan hasil belajar.

Perkembangan teknologi komputasi juga menghadirkan simulasi digital dan laboratorium virtual yang memberikan pengalaman praktikum tanpa harus selalu bergantung pada fasilitas fisik. Bidang sains dan teknik memanfaatkan perangkat lunak simulasi untuk merepresentasikan kondisi nyata dalam bentuk digital sehingga mahasiswa dapat melakukan eksperimen dengan lebih aman dan efisien (Mulenga & Shilongo, 2024).

Lingkungan virtual yang dirancang menyerupai kondisi sebenarnya memungkinkan peserta didik memahami proses eksperimen secara mendalam meskipun tidak berada di laboratorium fisik.

Perubahan yang terjadi juga memengaruhi peran pendidik dalam proses pembelajaran. Guru tidak hanya berperan sebagai penyampai materi, tetapi juga sebagai fasilitator yang mengarahkan penggunaan teknologi agar sesuai dengan tujuan pembelajaran. Kemampuan literasi digital menjadi kebutuhan penting yang harus dimiliki oleh pendidik dan peserta didik agar pemanfaatan teknologi dapat berjalan secara optimal. Institusi pendidikan perlu menyediakan pelatihan yang berkelanjutan agar setiap pihak mampu beradaptasi dengan perkembangan teknologi yang terus berlangsung (Rodafinos et al., 2024).

Perkembangan teknologi komputasi dalam pendidikan terus bergerak mengikuti kemajuan perangkat keras, perangkat lunak, serta jaringan komunikasi yang semakin canggih. Integrasi berbagai sistem seperti platform pembelajaran digital, komputasi awan, serta kecerdasan buatan menunjukkan bahwa teknologi komputasi telah menjadi bagian penting dalam penyelenggaraan pendidikan. Perubahan yang terjadi tidak hanya meningkatkan mutu dalam pengelolaan administrasi, tetapi juga membawa dampak besar terhadap cara berinteraksi, strategi pembelajaran, serta pengelolaan lembaga pendidikan secara menyeluruh.

1.2 Peran dan Fungsi Teknologi Komputasi dalam Sistem Pendidikan

Teknologi komputasi menempati posisi sebagai fondasi utama dalam arsitektur sistem pendidikan digital yang terstruktur dan terintegrasi. Perannya menjangkau seluruh alur kerja institusi, mulai dari pengelolaan data hingga penyediaan layanan akademik yang digunakan oleh berbagai pihak. Struktur sistem pendidikan berbasis komputasi dapat dipahami melalui tiga lapisan utama yang saling berhubungan, yaitu lapisan

penyimpanan data, lapisan pemrosesan, dan lapisan layanan pengguna. Ketiga lapisan ini bekerja secara terpadu sehingga membentuk ekosistem yang mampu mendukung kegiatan pendidikan secara menyeluruh dan berkesinambungan (Anbarasan et al., 2025).

Pada lapisan penyimpanan data, teknologi komputasi menyediakan mekanisme untuk mengelola data akademik dalam jumlah besar dengan tingkat keteraturan yang tinggi (Xu, 2024). Data yang tersimpan tidak hanya mencakup identitas dasar seperti nama dan nomor induk, tetapi juga meliputi riwayat aktivitas belajar yang terekam secara rinci dari waktu ke waktu. Informasi mengenai interaksi dalam kelas digital, durasi akses terhadap materi pembelajaran, pola pengerjaan tugas, serta hasil evaluasi menjadi bagian dari basis data yang terintegrasi. Struktur penyimpanan yang dirancang dengan baik memungkinkan keterhubungan antara berbagai unit seperti akademik, keuangan, perpustakaan, dan kepegawaian sehingga aliran informasi dapat berjalan tanpa hambatan dan tanpa pengulangan pencatatan yang tidak diperlukan.

Lapisan pemrosesan berfungsi mengubah data mentah yang tersimpan menjadi informasi yang memiliki nilai guna bagi berbagai kepentingan akademik. Sistem komputasi menjalankan proses pengolahan melalui algoritma yang mampu mengidentifikasi pola dan menghasilkan indikator yang relevan (Sajja et al., 2025). Perhitungan indeks prestasi dapat dilakukan secara otomatis dengan mempertimbangkan berbagai komponen penilaian yang telah ditetapkan. Aktivitas pembelajaran seperti kehadiran dan partisipasi dapat dianalisis untuk menghasilkan gambaran tingkat keterlibatan peserta didik. Proses pengolahan ini berjalan secara sistematis dengan dukungan kemampuan komputasi yang mampu menangani data dalam volume besar tanpa mengorbankan ketepatan hasil yang diperoleh.

Pada lapisan layanan pengguna, teknologi komputasi menghadirkan antarmuka yang memungkinkan interaksi antara sistem dan pengguna berlangsung secara efektif. Platform pembelajaran tidak hanya menjadi tempat penyimpanan materi, tetapi juga berfungsi sebagai lingkungan yang merekam setiap aktivitas yang dilakukan oleh pengguna (Mo & Mo, 2024).

Setiap interaksi yang terjadi, termasuk frekuensi akses materi dan keterlibatan dalam diskusi, tercatat sebagai data yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan evaluasi. Guru dapat memperoleh gambaran yang lebih jelas mengenai respons siswa terhadap materi yang disampaikan, sehingga perbaikan strategi pengajaran dapat dilakukan berdasarkan data yang tersedia.

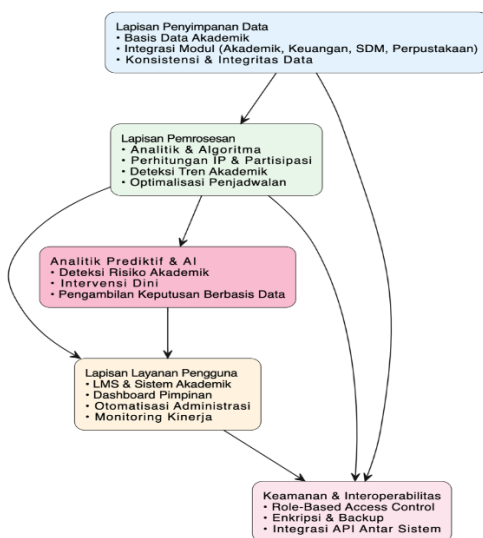
Peran teknologi komputasi juga terlihat dalam otomatisasi berbagai proses akademik yang sebelumnya dilakukan secara manual. Penjadwalan perkuliahan dapat disusun dengan mempertimbangkan berbagai variabel seperti ketersediaan ruang, waktu, serta jumlah peserta (Joy et al., 2023). Sistem mampu menghasilkan jadwal yang lebih teratur dan meminimalkan terjadinya benturan penggunaan fasilitas. Pengaturan beban mengajar dosen juga dapat dilakukan secara lebih terstruktur sehingga distribusi tugas menjadi lebih seimbang dan sesuai dengan kapasitas masing-masing pengajar.

Dalam pengelolaan institusi, teknologi komputasi menyediakan sarana untuk menyajikan data dalam bentuk visual yang mudah dipahami melalui dashboard berbasis sistem. Informasi seperti tingkat kelulusan, distribusi nilai, serta tingkat kehadiran dapat ditampilkan secara waktu nyata sehingga pimpinan memiliki akses terhadap kondisi institusi secara menyeluruh (Gaftandzhieva et al., 2023; Kean et al., 2024). Ketersediaan data yang tersaji secara sistematis membantu proses evaluasi program studi dan penyusunan rencana pengembangan yang lebih terarah dan berbasis pada kondisi aktual yang terjadi di lapangan.

Keterhubungan antar sistem juga menjadi salah satu fungsi penting yang didukung oleh teknologi komputasi. Integrasi antara sistem akademik, keuangan, dan sumber daya manusia memungkinkan pertukaran data berlangsung secara otomatis melalui mekanisme yang telah dirancang sebelumnya (Shah et al., 2024). Proses ini mengurangi pekerjaan administratif yang berulang dan memastikan bahwa setiap unit dalam institusi menggunakan data yang sama secara konsisten. Keselarasan

informasi antar sistem memperkuat efisiensi operasional serta meningkatkan keandalan layanan yang diberikan kepada pengguna.

Aspek keamanan menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari implementasi teknologi komputasi dalam pendidikan. Sistem dirancang dengan mekanisme kontrol akses yang membatasi penggunaan data sesuai dengan peran masing-masing pengguna (Ponde, 2024; Tripathi, 2024). Proses autentikasi dilakukan untuk memastikan bahwa hanya pihak yang berwenang yang dapat mengakses informasi tertentu. Penggunaan teknik enkripsi membantu menjaga kerahasiaan data, sementara proses pencadangan secara berkala memastikan bahwa data tetap tersedia apabila terjadi gangguan pada sistem utama.



Gambar 1.2: Peran dan Fungsi Teknologi Komputasi dalam Sistem Pendidikan

Kemampuan analitik yang lebih lanjut memungkinkan sistem komputasi untuk mendukung pendekatan berbasis prediksi dalam pengelolaan pendidikan. Data historis yang tersimpan dapat dianalisis untuk mengidentifikasi kecenderungan tertentu yang berkaitan dengan performa akademik peserta didik (Bai, 2024). Sistem dapat memberikan peringatan

awal apabila terdapat indikasi penurunan capaian belajar sehingga langkah pendampingan dapat segera dilakukan. Pendekatan ini memberikan peluang bagi institusi untuk meningkatkan kualitas layanan melalui tindakan yang bersifat antisipatif.

Melalui berbagai fungsi tersebut, teknologi komputasi membentuk kerangka kerja yang mampu mendukung pengelolaan pendidikan secara terstruktur, terukur, dan responsif terhadap kebutuhan pengguna. Perannya melampaui fungsi administratif dan berkembang menjadi penggerak utama dalam integrasi data, pengolahan informasi, serta penyediaan layanan akademik yang berkualitas. Keberhasilan implementasi sistem komputasi sangat bergantung pada perancangan arsitektur yang tepat sehingga setiap komponen dapat bekerja secara harmonis dalam mendukung tujuan pendidikan yang ingin dicapai.

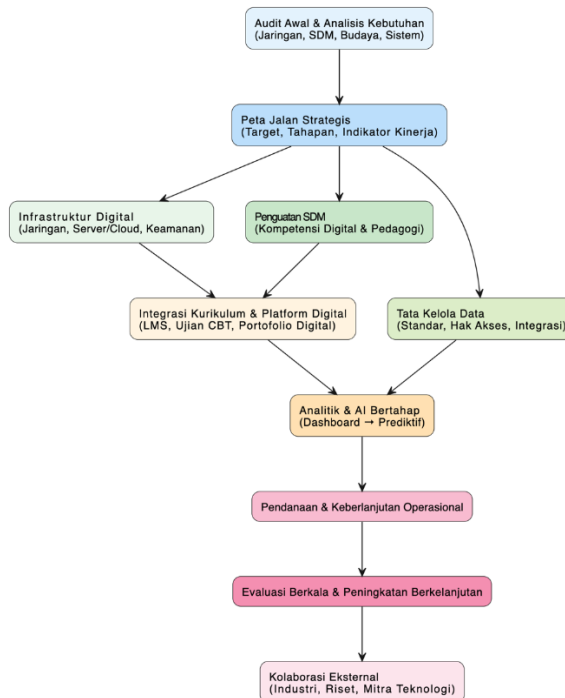
1.3 Strategi Pengembangan Pendidikan Berbasis Teknologi Komputasi

Strategi pengembangan pendidikan berbasis teknologi komputasi memerlukan pendekatan yang dirancang secara matang sejak tahap perencanaan hingga implementasi dan evaluasi. Integrasi teknologi tidak cukup dipahami sebagai penyediaan perangkat keras atau jaringan internet semata, karena keberhasilan transformasi sangat bergantung pada keselarasan antara infrastruktur, sumber daya manusia, tata kelola, serta desain pembelajaran yang diterapkan. Perencanaan yang tidak terarah berisiko menghasilkan sistem yang tidak dimanfaatkan secara optimal sehingga tujuan peningkatan mutu pendidikan tidak tercapai.

Langkah awal yang perlu dilakukan adalah penyusunan peta jalan institusi yang menggambarkan arah pengembangan dalam jangka pendek, menengah, dan panjang. Peta jalan ini memuat tahapan implementasi yang jelas, indikator capaian yang terukur, serta kebutuhan sumber daya yang harus dipenuhi pada setiap tahap (Ma, 2025). Proses penyusunannya

diawali dengan audit kondisi awal yang mencakup aspek teknis dan nonteknis, seperti kapasitas jaringan, ketersediaan perangkat, tingkat literasi digital tenaga pendidik, serta kesiapan budaya organisasi dalam menerima perubahan. Hasil audit memberikan gambaran nyata mengenai posisi awal institusi sehingga strategi yang disusun lebih relevan dan tidak bersifat asumsi.

Penguatan infrastruktur digital menjadi fondasi utama dalam mendukung keberhasilan implementasi. Infrastruktur yang memadai mencakup jaringan internet yang stabil dan memiliki kapasitas yang cukup untuk melayani banyak pengguna secara bersamaan. Selain itu, diperlukan sistem server atau layanan komputasi awan yang mampu menangani penyimpanan dan pemrosesan data secara efisien (Shwedeh et al., 2023).



Gambar 1.3: Strategi Pengembangan Pendidikan Berbasis Teknologi Komputasi

Desain arsitektur sistem perlu memperhatikan aspek skalabilitas agar mampu menyesuaikan diri dengan peningkatan jumlah pengguna serta pertumbuhan data dari waktu ke waktu. Ketahanan sistem juga harus dirancang melalui mekanisme pencadangan dan pemulihan data sehingga layanan tetap dapat berjalan ketika terjadi gangguan teknis.

Pengembangan kapasitas sumber daya manusia menjadi elemen penting yang menentukan tingkat keberhasilan pemanfaatan teknologi. Pendidik dan tenaga kependidikan perlu dibekali kemampuan yang tidak hanya berfokus pada penggunaan perangkat, tetapi juga pada pemanfaatan teknologi dalam proses pembelajaran (Hsieh, 2023; Kizil et al., 2025). Pelatihan yang diberikan perlu mencakup perancangan aktivitas belajar berbasis digital, pemanfaatan platform pembelajaran secara efektif, serta kemampuan membaca dan memanfaatkan data hasil belajar. Dengan kompetensi yang memadai, pendidik dapat mengembangkan strategi pengajaran yang lebih responsif terhadap kebutuhan peserta didik.

Integrasi kurikulum dengan teknologi komputasi harus dirancang agar penggunaan teknologi menjadi bagian yang menyatu dengan aktivitas belajar. Kegiatan pembelajaran dapat dikembangkan melalui tugas berbasis proyek yang memanfaatkan kolaborasi daring, penggunaan sistem evaluasi berbasis komputer, serta penyusunan portofolio digital yang mencerminkan perkembangan kemampuan siswa (Balla & Kiri, 2024). Pendekatan ini memastikan bahwa teknologi tidak hanya menjadi pelengkap, tetapi berfungsi sebagai sarana yang mendukung pencapaian tujuan pembelajaran secara lebih efektif.

Pengelolaan data pendidikan memerlukan tata kelola yang terstruktur agar informasi yang dihasilkan dapat digunakan secara optimal. Setiap jenis data perlu diklasifikasikan dengan jelas, mulai dari data akademik hingga data administratif. Penetapan hak akses menjadi bagian penting untuk memastikan bahwa data hanya digunakan oleh pihak yang berwenang sesuai dengan tanggung jawabnya (C. Yang et al., 2025). Penggunaan format data yang seragam antarunit kerja membantu proses integrasi sistem dan mengurangi potensi kesalahan dalam pengolahan informasi. Tata kelola

yang baik juga mendukung transparansi serta akuntabilitas dalam pengelolaan institusi pendidikan.

Pengembangan sistem dapat diperkuat melalui pemanfaatan analitik dan kecerdasan buatan secara bertahap. Tahap awal dapat dimulai dengan penyajian data dalam bentuk dashboard yang menampilkan informasi dasar seperti tingkat partisipasi dan capaian belajar (Demartini et al., 2024; Sajja et al., 2025). Tahap selanjutnya dapat diarahkan pada pengembangan analitik yang mampu memberikan prediksi terkait performa akademik peserta didik. Pendekatan bertahap ini memberikan ruang bagi institusi untuk menyesuaikan diri terhadap perubahan sekaligus mengevaluasi efektivitas sistem yang telah diterapkan.

Perencanaan pendanaan menjadi faktor penting yang tidak dapat diabaikan dalam pengembangan teknologi pendidikan. Institusi perlu menyusun anggaran yang mencakup seluruh kebutuhan, mulai dari pengadaan infrastruktur hingga biaya operasional seperti pemeliharaan sistem dan lisensi perangkat lunak (Jiang, 2023). Model pembiayaan dapat disesuaikan dengan kondisi institusi, termasuk pemanfaatan layanan berbasis langganan yang dapat mengurangi kebutuhan investasi awal. Perencanaan yang matang membantu menjaga keberlangsungan sistem dalam jangka panjang sehingga tidak berhenti pada tahap implementasi awal saja.

Evaluasi berkala perlu dilakukan untuk memastikan bahwa setiap tahapan pengembangan berjalan sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan. Indikator kinerja yang jelas menjadi alat ukur untuk menilai tingkat keberhasilan implementasi, baik dari sisi penggunaan sistem maupun dampaknya terhadap hasil belajar (Elugbaju et al., 2024). Data yang diperoleh dari proses evaluasi dapat digunakan sebagai dasar untuk melakukan perbaikan dan penyesuaian strategi. Siklus evaluasi yang berlangsung secara terus-menerus membantu menjaga kesesuaian antara teknologi yang digunakan dan kebutuhan pendidikan yang terus berkembang.

Kolaborasi dengan pihak eksternal dapat memberikan nilai tambah dalam proses pengembangan sistem pendidikan berbasis teknologi komputasi.

Kerja sama dengan penyedia layanan teknologi, lembaga penelitian, maupun institusi pendidikan lain membuka peluang untuk berbagi pengalaman dan praktik terbaik. Interaksi ini dapat mempercepat proses adopsi inovasi serta memperluas wawasan dalam merancang sistem yang lebih efektif dan efisien (Abubakar et al., 2024).

Strategi pengembangan yang dirancang secara terintegrasi akan menghasilkan sistem pendidikan yang mampu beradaptasi dengan perubahan kebutuhan. Infrastruktur yang kuat, sumber daya manusia yang kompeten, serta tata kelola yang terarah menjadi pilar utama dalam mendukung keberhasilan implementasi. Pendekatan yang berkelanjutan memastikan bahwa teknologi benar-benar memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan kualitas layanan pendidikan serta hasil belajar peserta didik.

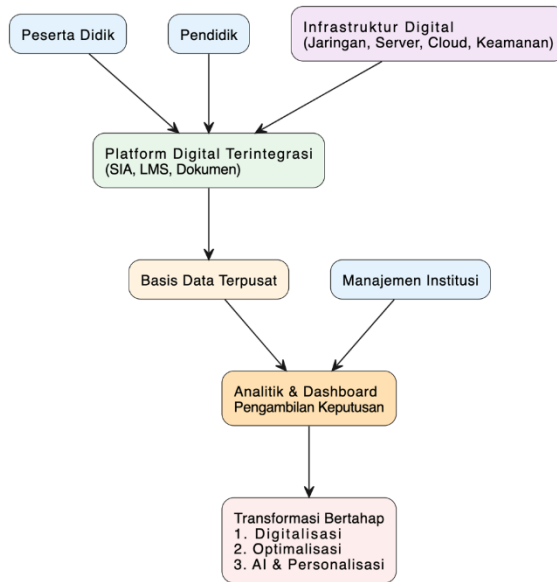
1.4 Model Transformasi Pendidikan Menuju Ekosistem Digital

Model transformasi pendidikan menuju ekosistem digital menggambarkan perubahan yang berlangsung secara menyeluruh pada struktur organisasi, proses akademik, serta budaya kerja dalam institusi pendidikan (Picauly, 2024). Perubahan ini tidak berhenti pada digitalisasi dokumen atau pemindahan materi pembelajaran ke media daring, tetapi mencakup penataan ulang alur kerja, integrasi sistem informasi, serta pemanfaatan data sebagai dasar dalam pengambilan keputusan (Purwani et al., 2024). Teknologi komputasi berfungsi sebagai penggerak utama yang menghubungkan seluruh komponen sehingga terbentuk sistem yang terkoordinasi dan saling mendukung (Kaban *et al.*, 2026).

Ekosistem digital dalam pendidikan dapat dipahami sebagai lingkungan terpadu yang menghubungkan berbagai elemen penting seperti peserta didik, pendidik, pengelola institusi, infrastruktur teknologi, serta sumber belajar dalam bentuk digital (Rojas & Chiappe, 2024; Trung et al., 2025).

Setiap elemen tidak berdiri sendiri, melainkan berinteraksi melalui sistem yang terintegrasi sehingga menghasilkan aliran data yang terus berkembang. Data tersebut menjadi penghubung utama antar komponen karena seluruh aktivitas akademik, mulai dari proses pembelajaran hingga evaluasi, terekam dan dapat dianalisis untuk meningkatkan kualitas layanan pendidikan secara berkelanjutan.

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan dalam membangun transformasi ini adalah arsitektur berlapis yang memberikan kerangka kerja yang jelas dan terstruktur. Lapisan pertama mencakup infrastruktur digital yang terdiri atas jaringan, server, layanan komputasi awan, serta sistem keamanan yang menjaga kestabilan dan keandalan sistem (Judijanto et al., 2023). Lapisan kedua berisi aplikasi dan layanan yang digunakan secara langsung oleh pengguna, seperti sistem informasi akademik, platform pembelajaran daring, serta sistem manajemen dokumen.



Gambar 1.4: Model Transformasi Pendidikan Menuju Ekosistem Digital

Lapisan ketiga berfokus pada analitik dan pengambilan keputusan yang memanfaatkan data dari lapisan sebelumnya untuk menghasilkan informasi

yang dapat digunakan dalam perencanaan dan evaluasi. Pendekatan berlapis ini memungkinkan pengembangan sistem dilakukan secara bertahap tanpa mengganggu operasional yang sudah berjalan.

Model transformasi juga menekankan pentingnya integrasi yang berlangsung secara horizontal dan vertikal. Integrasi horizontal menghubungkan berbagai unit kerja dalam institusi sehingga pertukaran data dapat terjadi tanpa hambatan antarbagian (Zebua et al., 2026). Integrasi vertikal memastikan bahwa data yang dihasilkan pada tingkat operasional dapat dimanfaatkan hingga ke tingkat manajerial. Informasi yang berasal dari aktivitas di kelas dapat diolah menjadi laporan yang digunakan oleh pimpinan untuk menentukan arah kebijakan. Keterhubungan ini menciptakan aliran informasi yang konsisten dan memperkuat koordinasi antarunit dalam institusi pendidikan.

Pada sisi pembelajaran, transformasi menuju ekosistem digital menempatkan platform pembelajaran sebagai pusat aktivitas akademik. Setiap interaksi yang dilakukan oleh peserta didik, mulai dari mengakses materi hingga berpartisipasi dalam diskusi, tercatat sebagai bagian dari rekam jejak digital (Wulandari et al., 2025). Data ini tidak hanya berfungsi sebagai dokumentasi, tetapi juga sebagai sumber informasi yang dapat dianalisis untuk memahami pola belajar. Pendidik dapat menggunakan data tersebut untuk menyesuaikan strategi pengajaran sehingga lebih sesuai dengan kebutuhan peserta didik dan kondisi pembelajaran yang berlangsung.

Perubahan budaya organisasi menjadi bagian penting yang mendukung keberhasilan transformasi ini. Institusi perlu mengembangkan kebiasaan kerja yang memanfaatkan data sebagai dasar dalam setiap pengambilan keputusan (Wejang et al., 2025). Proses komunikasi internal juga beralih ke platform digital yang memungkinkan koordinasi dilakukan secara lebih cepat dan efisien. Lingkungan kerja yang terbiasa dengan penggunaan teknologi akan lebih mudah beradaptasi terhadap perubahan serta mampu merespons kebutuhan pendidikan yang terus berkembang.

Keamanan dan perlindungan data menjadi elemen yang harus diperhatikan sejak tahap perancangan sistem. Ekosistem digital menyimpan berbagai jenis informasi yang memiliki tingkat kerahasiaan tinggi sehingga diperlukan mekanisme pengamanan yang ketat (N. Xu & Zhou, 2025). Sistem perlu dilengkapi dengan pengaturan hak akses berdasarkan peran pengguna, penggunaan enkripsi untuk melindungi data, serta proses pencadangan yang dilakukan secara berkala. Upaya ini bertujuan untuk menjaga keandalan sistem serta memastikan bahwa data tetap aman dalam berbagai kondisi.

Proses implementasi transformasi dapat dilakukan melalui beberapa tahap yang disusun secara sistematis. Tahap awal berfokus pada digitalisasi administrasi serta integrasi sistem informasi yang menjadi dasar operasional (Wilonotomo et al., 2025). Tahap berikutnya diarahkan pada penguatan pembelajaran digital serta pemanfaatan data untuk analisis performa. Tahap lanjutan melibatkan penggunaan teknologi yang lebih canggih untuk mendukung personalisasi pembelajaran dan pengambilan keputusan yang lebih akurat. Pendekatan bertahap membantu institusi dalam mengelola perubahan secara terencana sehingga proses adaptasi dapat berlangsung dengan lebih baik.

Evaluasi yang dilakukan secara berkelanjutan menjadi bagian penting dalam memastikan keberhasilan transformasi. Setiap tahap implementasi perlu diukur melalui indikator yang jelas sehingga kemajuan yang dicapai dapat dipantau secara objektif. Hasil evaluasi digunakan untuk memperbaiki sistem serta menyesuaikan strategi agar tetap sesuai dengan kebutuhan yang berkembang. Proses ini menciptakan siklus peningkatan yang menjaga kualitas sistem pendidikan tetap berada pada jalur yang diharapkan.

Ekosistem digital yang berkembang dengan baik akan ditandai oleh keterhubungan antar sistem, pemanfaatan data secara aktif dalam berbagai proses, serta integrasi teknologi dalam seluruh kegiatan akademik dan administratif. Transformasi ini menghasilkan lingkungan pendidikan yang lebih fleksibel, terukur, dan mampu menyesuaikan diri terhadap perubahan

yang terjadi. Perancangan model yang sistematis memberikan arah yang jelas bagi institusi dalam membangun sistem pendidikan yang berbasis teknologi komputasi secara menyeluruh.

Bab 2

Konsep Dasar Sistem Komputasi

2.1 Pengertian Sistem Komputasi

Perkembangan teknologi digital dan kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) telah membawa perubahan besar dalam berbagai bidang, termasuk pendidikan. Salah satu fondasi utama dari perkembangan teknologi tersebut adalah sistem komputasi. Sistem komputasi menjadi dasar dalam pengolahan data, pengembangan aplikasi pendidikan, analisis pembelajaran, hingga implementasi sistem cerdas berbasis AI. Sistem komputasi adalah suatu sistem yang terdiri dari berbagai komponen yang saling terintegrasi untuk melakukan proses pengolahan data menjadi informasi yang berguna melalui mekanisme komputasi.

Sistem ini mencakup perangkat keras (hardware), perangkat lunak (software), data, dan pengguna (brainware) yang bekerja bersama untuk menjalankan berbagai proses pengolahan informasi. Menurut Peter Norton (2006), sistem komputer merupakan kumpulan perangkat elektronik yang bekerja bersama untuk menerima input, memproses data, menyimpan data, dan menghasilkan output berupa informasi. Definisi ini menunjukkan

bahwa sistem komputasi bekerja berdasarkan siklus dasar Input–Process–Output (IPO).

Menurut Andrew S. Tanenbaum dan Herbert Bos (2015), sistem komputasi merupakan kombinasi antara perangkat keras dan perangkat lunak yang bekerja secara terkoordinasi untuk menjalankan instruksi dan mengelola sumber daya komputer. Definisi ini menekankan bahwa sistem komputasi tidak hanya berfokus pada perangkat fisik komputer, tetapi juga mencakup pengelolaan proses dan interaksi antar komponen sistem. Sementara itu, David Patterson dan John L. Hennessy (2017) menjelaskan bahwa sistem komputasi adalah integrasi antara arsitektur komputer dan organisasi sistem yang memungkinkan eksekusi program secara efisien.

Dalam pandangan ini, sistem komputasi dipahami sebagai mekanisme yang memungkinkan perangkat komputer menjalankan instruksi melalui proses pemrosesan data secara sistematis. Selanjutnya Sistem komputasi dalam pendidikan merupakan penerapan teknologi komputasi untuk mendukung proses pembelajaran, pengelolaan pendidikan, analisis data akademik, dan pengembangan sistem pembelajaran berbasis teknologi digital. Sistem ini mengintegrasikan perangkat keras (hardware), perangkat lunak (software), data, jaringan komputer, dan pengguna untuk menciptakan lingkungan pembelajaran yang efektif, interaktif, dan berbasis teknologi.

Menurut George Siemens (2013) menjelaskan bahwa sistem komputasi dalam pendidikan berperan penting dalam learning analytics, yaitu proses pengumpulan, analisis, dan interpretasi data pembelajaran untuk meningkatkan kualitas pendidikan. Melalui sistem komputasi, data aktivitas belajar siswa dapat dianalisis untuk memahami pola belajar dan meningkatkan efektivitas pembelajaran. Menurut Rose Luckin dkk. (2016), perkembangan kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) telah memperluas fungsi sistem komputasi dalam pendidikan menjadi sistem pembelajaran yang adaptif dan personal. Sistem tersebut mampu menyesuaikan materi pembelajaran berdasarkan kemampuan dan kebutuhan masing-masing siswa.

Dalam konteks pendidikan modern, sistem komputasi digunakan untuk mendukung pembelajaran digital, *Learning Management System* (LMS), pembelajaran adaptif, hingga analitik pembelajaran berbasis kecerdasan buatan. Sistem komputasi adalah suatu sistem yang terdiri dari sekumpulan komponen yang saling berinteraksi untuk menerima data, memproses data, menyimpan data, dan menghasilkan informasi yang berguna melalui proses komputasi.

Menurut Andrew S. Tanenbaum (2015), sistem komputasi merupakan kombinasi perangkat keras dan perangkat lunak yang bekerja bersama untuk menjalankan instruksi dan mengelola proses pengolahan data. Sementara itu, David Patterson (2017) menjelaskan bahwa sistem komputasi adalah integrasi antara arsitektur komputer dan organisasi sistem yang memungkinkan eksekusi program secara efisien. Dalam perkembangan modern, sistem komputasi tidak hanya mencakup komputer pribadi, tetapi juga cloud computing, distributed systems, *Internet of Things* (IoT), dan sistem berbasis kecerdasan buatan.

2.2 Komponen Utama Sistem Komputasi

2.2.1 Perangkat Keras (Hardware)

Hardware merupakan komponen fisik dalam sistem komputasi yang dapat dilihat dan disentuh secara langsung. Hardware berfungsi untuk menjalankan proses komputasi, mulai dari menerima data, mengolah data, hingga menghasilkan output informasi. Menurut David Patterson (2017), perangkat keras merupakan bagian utama dari sistem komputer yang bertugas mengeksekusi instruksi dan mendukung proses pengolahan data secara efisien. Perangkat keras bekerja bersama perangkat lunak (software) untuk menjalankan berbagai fungsi komputasi dalam sistem digital modern.

Komponen utama hardware diantaranya:

1. Central Processing Unit (CPU)

CPU merupakan pusat pengendali dan pemrosesan utama dalam komputer. CPU sering disebut sebagai “otak komputer” karena bertugas menjalankan instruksi dan melakukan perhitungan logika maupun aritmatika. Fungsi CPU memproses data, menjalankan instruksi program, mengontrol kerja komponen lain. Dalam pendidikan, CPU berperan penting dalam menjalankan aplikasi pembelajaran digital, simulasi pendidikan, sistem berbasis AI pendidikan.

2. Memori

Memori atau RAM (Random Access Memory) digunakan untuk menyimpan data sementara saat komputer menjalankan program. Fungsi memori mempercepat akses data, menyimpan proses yang sedang berjalan, dan mendukung multitasking aplikasi. Semakin besar kapasitas RAM, semakin baik kemampuan komputer dalam menjalankan aplikasi pembelajaran modern dan sistem AI. Menurut Andrew S. Tanenbaum (2015), memori memiliki peran penting dalam efisiensi proses komputasi karena menjadi media penyimpanan sementara selama instruksi diproses. Dalam pendidikan, RAM mendukung penggunaan LMS, aplikasi video conference, simulasi pembelajaran, aplikasi AI pendidikan.

3. Storage (Penyimpanan Data)

Storage adalah media penyimpanan data yang digunakan untuk menyimpan sistem operasi, aplikasi, dan data pengguna secara permanen. Jenis storage: *Hard Disk Drive* (HDD), *Solid State Drive* (SSD), dan cloud storage. Fungsi storage menyimpan data, menyimpan sistem operasi, menyimpan aplikasi, menyimpan database pendidikan. Dalam pendidikan, storage digunakan untuk

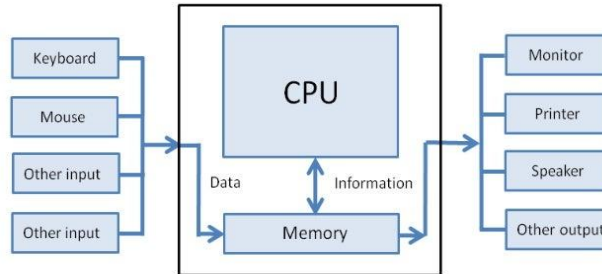
penyimpanan materi pembelajaran database siswa, arsip nilai, dan penyimpanan data learning analytics.

4. Input Device (Perangkat Masukan)

Perangkat masukan digunakan untuk memasukkan data ke dalam sistem komputer, Contoh input device keyboard, mouse, scanner, kamera, mikrofon. Fungsi input device memasukkan data, memberikan instruksi, mendukung interaksi pengguna dengan sistem komputer. Dalam pendidikan, input device digunakan untuk mengerjakan tugas digital, mengikuti ujian online, interaksi pembelajaran digital.

5. Output Device (Perangkat Keluaran)

Output device adalah perangkat keras yang digunakan untuk menampilkan hasil pengolahan data dari komputer kepada pengguna. Contoh output device monitor, printer, speaker, proyektor. Fungsi output device menampilkan informasi, menyajikan hasil pemrosesan data, mendukung visualisasi pembelajaran. Dalam pendidikan, output device digunakan untuk menampilkan materi pembelajaran, visualisasi data pendidikan, presentasi pembelajaran digital. Hubungan antar komponen input device: memasukkan data, CPU: memproses data, RAM: menyimpan data sementara, storage menyimpan data permanen, output device menampilkan hasil. Proses ini membentuk siklus komputasi dalam sistem komputer.



Gambar 2.1: Hubungan Antara Komponen Hardware

Peran hardware dalam pendidikan, memiliki peran penting dalam mendukung transformasi pendidikan digital diantaranya komputer/laptop Siswa, digunakan siswa untuk mengikuti pembelajaran daring, mengakses *Learning Management System* (LMS), mengerjakan tugas digital, menjalankan aplikasi edukasi. Perangkat ini menjadi sarana utama dalam pembelajaran berbasis teknologi. Selanjutnya Server pembelajaran, berfungsi menyimpan dan mengelola data pendidikan.

Fungsi server menyimpan data siswa, menjalankan LMS, menyediakan akses pembelajaran online, mendukung analitik pembelajaran, server menjadi pusat pengelolaan sistem pendidikan digital modern. Selanjutnya perangkat IoT pendidikan menghubungkan perangkat melalui internet untuk meningkatkan efisiensi pembelajaran. Contoh IoT pendidikan absensi otomatis berbasis sensor, smart classroom, papan tulis digital interaktif, sensor lingkungan kelas, menurut Kevin Ashton (2009), konsep IoT memungkinkan perangkat saling terhubung dan bertukar data secara otomatis.

2.2.2 Perangkat Lunak (Software)

Software adalah sekumpulan instruksi, program, dan prosedur yang digunakan untuk mengontrol perangkat keras (hardware) serta menjalankan berbagai fungsi dalam sistem komputasi. Software memungkinkan pengguna berinteraksi dengan komputer dan menjalankan berbagai aplikasi sesuai kebutuhan. Menurut Andrew S. Tanenbaum

(2015), perangkat lunak merupakan elemen penting yang menghubungkan pengguna dengan perangkat keras melalui instruksi yang terstruktur dan terorganisasi. Tanpa software, perangkat keras tidak dapat menjalankan fungsi komputasi secara optimal.

1. Sistem Operasi

Sistem operasi (Operating System/OS) adalah perangkat lunak sistem yang berfungsi sebagai penghubung antara pengguna dengan perangkat keras komputer serta mengelola seluruh sumber daya komputer agar dapat digunakan secara efisien. Sistem operasi menjadi komponen utama dalam sistem komputasi karena tanpa sistem operasi, perangkat keras komputer tidak dapat menjalankan aplikasi maupun instruksi pengguna secara optimal. Menurut Andrew S. Tanenbaum dan Herbert Bos (2015), sistem operasi adalah perangkat lunak yang bertindak sebagai perantara antara pengguna dan perangkat keras komputer, sekaligus mengelola sumber daya sistem seperti prosesor, memori, perangkat input/output, dan file. Sementara itu, William Stallings (2018) menjelaskan bahwa sistem operasi merupakan program yang mengontrol eksekusi aplikasi dan bertindak sebagai antarmuka antara pengguna komputer dengan perangkat keras. Dengan demikian, sistem operasi memiliki peran penting dalam memastikan seluruh komponen komputer dapat bekerja secara terkoordinasi dan efisien.

2. Software Aplikasi

Software aplikasi adalah perangkat lunak yang dirancang untuk membantu pengguna menyelesaikan tugas tertentu. Menurut Roger S. Pressman (2014), software aplikasi dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan spesifik pengguna dalam berbagai bidang pekerjaan. Contoh: Microsoft Word, Microsoft Excel, browser

internet, aplikasi desain grafis, aplikasi pendidikan. Dalam pendidikan diantaranya Moodle, Google Classroom.

3. Software Pemrograman

Software pemrograman adalah perangkat lunak yang digunakan untuk membuat, mengembangkan, dan menguji program komputer. Contoh Visual Studio Code, PyCharm, Eclipse, compiler dan interpreter.

4. Software Utilitas

Software utilitas adalah perangkat lunak yang dirancang untuk membantu pemeliharaan dan pengelolaan sistem komputer. Menurut William Stallings (2018), utility software digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan sistem komputer. Contoh antivirus, backup software, disk cleaner, file compression tools.

5. Software Kecerdasan Buatan

AI software adalah perangkat lunak yang menggunakan algoritma kecerdasan buatan untuk melakukan analisis data, pembelajaran mesin, dan pengambilan keputusan otomatis. Menurut Stuart Russell dan Peter Norvig (2021), AI software dirancang untuk memungkinkan komputer melakukan tugas yang biasanya membutuhkan kecerdasan manusia. Contoh chatbot AI, software machine learning, sistem rekomendasi pembelajaran, ITS.

2.2.3 Brainware (Pengguna)

Brainware adalah manusia yang menggunakan, mengelola, dan mengembangkan sistem komputasi. Brainware meliputi: pengguna akhir, programmer, administrator sistem, pengelola data. Menurut Peter Norton (2006), brainware merupakan komponen penting karena sistem komputer tidak dapat berfungsi optimal tanpa keterlibatan manusia.



Gambar 2.2: Sistem Kerja Perangkat Lunak

Software memiliki beberapa fungsi utama, yaitu mengontrol kerja perangkat keras, menjalankan aplikasi komputer, mengelola sumber daya sistem, memproses data dan informasi, menyediakan antarmuka bagi pengguna. Dalam sistem pendidikan digital, software menjadi inti dari pelaksanaan pembelajaran berbasis teknologi dan kecerdasan buatan. Jenis-jenis software dalam pendidikan diantaranya LMS adalah perangkat lunak yang digunakan untuk mengelola proses pembelajaran secara digital. Contoh LMS yaitu Moodle, Google Classroom. Fungsi LMS adalah mengelola materi pembelajaran, mengatur tugas dan ujian online, memantau aktivitas belajar siswa, menyediakan komunikasi antara guru dan siswa.

Dalam pendidikan modern, LMS mendukung pembelajaran daring (e-learning) dan pembelajaran campuran (blended learning). Menurut Martin Dougiamas (2003), LMS dirancang untuk menciptakan lingkungan pembelajaran yang kolaboratif dan fleksibel. Selanjutnya aplikasi AI pembelajaran adaptif merupakan software berbasis kecerdasan buatan yang mampu menyesuaikan materi dan metode pembelajaran berdasarkan kemampuan serta kebutuhan siswa. Fitur utamanya personalisasi pembelajaran, analisis performa siswa, rekomendasi materi otomatis, dan

evaluasi berbasis data. Contoh implementasinya ITS, Chatbot pendidikan, sistem rekomendasi pembelajaran.

Menurut Stuart Russell (2021), sistem AI mampu belajar dari data dan meningkatkan kualitas keputusan secara otomatis. Software memiliki peran penting dalam transformasi pendidikan, antara lain pertama mendukung pembelajaran daring, software memungkinkan pembelajaran dilakukan tanpa batas ruang dan waktu. Kedua meningkatkan interaksi pembelajaran, aplikasi pendidikan menyediakan komunikasi interaktif antara guru dan siswa. Ketiga, mendukung analitik pembelajaran, software mampu menganalisis data aktivitas siswa untuk meningkatkan kualitas pembelajaran.

Keempat, personalisasi pembelajaran, dengan AI, software dapat menyesuaikan materi berdasarkan kemampuan individu siswa. Kelima integrasi software dengan kecerdasan buatan, integrasi software dengan AI menghasilkan sistem pendidikan cerdas yang mampu diantaranya memberikan rekomendasi belajar, memprediksi kesulitan siswa, melakukan evaluasi otomatis, meningkatkan efektivitas pembelajaran. Contohnya sistem deteksi plagiarisme otomatis, chatbot pembelajaran, analisis sentimen siswa.

2.3 Proses Komputasi (Input–Process–Output)

Proses komputasi adalah mekanisme kerja sistem komputer dalam mengolah data menjadi informasi yang berguna melalui tahapan tertentu. Model dasar yang digunakan dalam sistem komputasi dikenal sebagai *Input–Process–Output* (IPO). Model IPO menjelaskan bagaimana data diterima oleh sistem, diproses menggunakan instruksi tertentu, kemudian menghasilkan keluaran berupa informasi yang dapat digunakan oleh pengguna.

Menurut David Patterson (2017), sistem komputasi bekerja melalui alur pemrosesan data yang terstruktur sehingga komputer mampu menjalankan instruksi secara efisien dan sistematis. Dalam konteks Teknologi Komputasi dan Kecerdasan Buatan dalam Pendidikan, model IPO menjadi dasar dalam pengembangan sistem pembelajaran digital, LMS, analitik pembelajaran (learning analytics), dan sistem kecerdasan buatan pendidikan.

Model IPO diantaranya pertama input, tahap input merupakan proses memasukkan data atau instruksi ke dalam sistem komputer untuk diproses lebih lanjut. Perangkat input meliputi: keyboard, mouse, scanner, kamera, sensor digital. Dalam dunia pendidikan, input dapat berupa data siswa, jawaban ujian online, aktivitas pembelajaran siswa, rekaman video pembelajaran, atau data interaksi siswa pada LMS. Pada sistem berbasis AI, input juga dapat berupa citra wajah siswa, suara, teks, maupun data perilaku belajar.

Menurut Peter Norton (2006), kualitas input sangat menentukan kualitas output yang dihasilkan sistem komputer. Kedua process (pemrosesan), tahap process adalah inti dari proses komputasi, yaitu proses pengolahan data menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak. Pada tahap ini CPU menjalankan instruksi, software memproses data, algoritma AI melakukan analisis data. Dalam pendidikan berbasis AI, proses komputasi dapat digunakan untuk menganalisis performa siswa, memprediksi kesulitan belajar, memberikan rekomendasi materi pembelajaran, melakukan evaluasi otomatis.

Contoh Sistem AI menganalisis nilai siswa untuk menentukan tingkat pemahaman, Learning analytics memproses aktivitas belajar siswa pada LMS. Menurut Stuart Russell (2021), sistem kecerdasan buatan bekerja dengan memproses data secara terus-menerus untuk menghasilkan keputusan yang lebih akurat. Ketiga output, tahap output adalah hasil dari proses pengolahan data yang disajikan kepada pengguna dalam bentuk informasi. Output dapat berupa teks, grafik, suara, laporan analitik, maupun rekomendasi otomatis. Dalam pendidikan, output dapat berupa nilai siswa, laporan perkembangan belajar, rekomendasi materi pembelajaran,

visualisasi learning analytics. Pada sistem AI pendidikan, output dapat berupa prediksi risiko siswa, personalisasi pembelajaran, feedback otomatis.

Storage dalam proses komputasi, selain model IPO, sistem modern juga melibatkan storage (penyimpanan). Storage berfungsi untuk menyimpan data input, menyimpan hasil pemrosesan, menyediakan data historis untuk analisis AI. Dalam pendidikan digital, storage digunakan untuk database siswa, penyimpanan materi pembelajaran, penyimpanan dataset pembelajaran mesin. IPO dalam kecerdasan buatan pendidikan, dalam sistem AI pendidikan, model IPO berkembang menjadi sistem yang lebih kompleks input: data aktivitas belajar siswa, process: analisis machine learning, output: rekomendasi pembelajaran personal, storage: database pembelajaran siswa.

Contoh implementasi diantaranya intelligent tutoring system, adaptive learning system, learning analytics dashboard. Jadi dapat disimpulkan bahwa IPO merupakan dasar utama dalam sistem komputasi. Dalam konteks teknologi komputasi dan kecerdasan buatan dalam pendidikan, model ini digunakan untuk mengelola data pembelajaran, menganalisis perilaku belajar siswa, dan menghasilkan rekomendasi pembelajaran yang adaptif dan personal. Dengan dukungan AI, proses komputasi tidak hanya menghasilkan output informasi, tetapi juga mampu melakukan prediksi dan pengambilan keputusan secara otomatis untuk meningkatkan kualitas pendidikan.

2.4 Peran Sistem Komputasi dalam AI Pendidikan

Sistem komputasi merupakan fondasi utama dalam pengembangan kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) di bidang pendidikan. Sistem ini bertugas mengelola proses input data, pemrosesan informasi, penyimpanan data, hingga menghasilkan keputusan atau rekomendasi berbasis data. Dalam konteks pendidikan, sistem komputasi

memungkinkan integrasi teknologi digital dengan algoritma AI untuk menciptakan pembelajaran yang lebih adaptif, personal, dan efisien. Menurut Stuart Russell, kecerdasan buatan bekerja melalui proses komputasi yang memungkinkan sistem belajar dari data dan menghasilkan keputusan secara otomatis (Noor *et al.*, 2025; Muttaqin *et al.*, 2026).

Peran sistem komputasi dalam AI pendidikan diantaranya pertama pengolahan data pembelajaran, sistem komputasi berfungsi mengolah data pembelajaran yang berasal dari berbagai sumber, seperti aktivitas siswa pada LMS, nilai ujian, kehadiran, interaksi belajar digital. Data tersebut diproses menggunakan algoritma AI untuk menghasilkan informasi yang berguna bagi guru dan siswa. Contoh analisis performa belajar siswa, identifikasi siswa berisiko, prediksi hasil belajar.

Menurut George Siemens, analitik pembelajaran memungkinkan institusi pendidikan memahami pola belajar siswa melalui pemrosesan data secara komputasional. Kedua mendukung pembelajaran adaptif (*adaptive learning*), sistem komputasi mendukung pembelajaran adaptif, yaitu sistem pembelajaran yang mampu menyesuaikan materi berdasarkan kemampuan dan kebutuhan siswa. AI memanfaatkan data siswa untuk menentukan tingkat kesulitan materi, memberikan rekomendasi pembelajaran, menyesuaikan metode evaluasi. Contoh rekomendasi materi otomatis, kuis adaptif, tutor virtual berbasis AI.

Menurut Rose Luckin, AI dapat membantu menciptakan pengalaman belajar yang lebih personal dan efektif. Ketiga ITS, merupakan sistem pembelajaran berbasis AI yang mampu bertindak seperti tutor manusia. Fungsi ITS diantaranya memberikan bimbingan otomatis, menjawab pertanyaan siswa, mengevaluasi jawaban, memberikan feedback secara real-time. Sistem komputasi memungkinkan ITS bekerja dengan memproses data interaksi siswa, menganalisis kesalahan, menyesuaikan strategi pembelajaran. Keempat Otomatisasi evaluasi pembelajaran, AI memungkinkan otomatisasi dalam proses evaluasi pembelajaran.

Sistem komputasi dapat digunakan untuk penilaian otomatis, deteksi plagiarisme, analisis jawaban siswa, pemberian feedback instan. Manfaatnya

mempercepat proses evaluasi, meningkatkan efisiensi guru, mengurangi kesalahan penilaian manual. Kelima Learning Analytics dan prediksi pendidikan, sistem komputasi dalam AI pendidikan juga digunakan untuk learning analytics. Learning analytics bertujuan memahami perilaku belajar siswa, memprediksi keberhasilan akademik, mendeteksi potensi putus sekolah, meningkatkan kualitas pembelajaran. Teknologi AI mampu menemukan pola tersembunyi dalam data pendidikan menggunakan machine learning, data mining, predictive analytics.

Integrasi sistem komputasi dan AI menghasilkan ekosistem pendidikan digital yang cerdas. Komponen utama hardware, software, database, algoritma AI, jaringan internet. Integrasi ini mendukung smart classroom, pembelajaran berbasis data, pendidikan personalisasi, otomatisasi administrasi pendidikan. Walaupun memiliki banyak manfaat, penerapan AI pendidikan menghadapi beberapa tantangan yakni privasi data siswa, keamanan sistem, bias algoritma, keterbatasan infrastruktur teknologi, kesiapan tenaga pendidik.

Menurut UNESCO (2021), implementasi AI dalam pendidikan harus memperhatikan aspek etika, keamanan data, dan kesetaraan akses teknologi. Jadi disimpulkan Sistem komputasi memiliki peran penting dalam pengembangan AI pendidikan. Melalui pengolahan data, pembelajaran adaptif, sistem tutor cerdas, otomatisasi evaluasi, dan learning analytics, sistem komputasi membantu menciptakan pembelajaran yang lebih efektif, personal, dan berbasis data. Integrasi teknologi komputasi dan kecerdasan buatan membuka peluang besar dalam transformasi pendidikan digital di masa depan.

2.5 Integrasi Sistem Komputasi dengan Kecerdasan Buatan

Integrasi sistem komputasi dengan kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) merupakan proses penggabungan teknologi komputasi dengan algoritma cerdas untuk menciptakan sistem yang mampu melakukan analisis data, pembelajaran otomatis, pengambilan keputusan, dan adaptasi terhadap kebutuhan pengguna. Sistem komputasi menyediakan infrastruktur utama berupa: perangkat keras (hardware), perangkat lunak (software), basis data (database), dan jaringan komunikasi (Sekti *et al.*, 2025).

Sementara itu, AI menyediakan kemampuan pembelajaran mesin (machine learning), pengenalan pola (pattern recognition), pengambilan keputusan otomatis, dan prediksi berbasis data. Menurut Stuart Russell, kecerdasan buatan memungkinkan sistem komputer meniru kemampuan berpikir manusia melalui proses pembelajaran dan analisis data. Dalam bidang pendidikan, integrasi ini menghasilkan sistem pembelajaran yang lebih adaptif, interaktif, dan personal.

Arsitektur integrasi sistem komputasi dan AI, integrasi sistem komputasi dan AI umumnya terdiri dari beberapa lapisan utama yaitu hardware: menjalankan proses komputasi, software: mengelola sistem dan aplikasi, database: menyimpan data pendidikan, AI engine: melakukan analisis dan prediksi, user interface: interaksi pengguna dengan sistem. Pada pendidikan digital, arsitektur ini digunakan dalam: LMS, ITS, learning analytics, dan sistem rekomendasi pembelajaran.

Peran integrasi sistem komputasi dan AI dalam pendidikan yakni personalisasi pembelajaran, integrasi AI memungkinkan sistem pembelajaran menyesuaikan materi sesuai kemampuan siswa. Sistem dapat menganalisis performa siswa, menyesuaikan tingkat kesulitan materi, memberikan rekomendasi belajar otomatis. Hal ini menciptakan pembelajaran yang lebih efektif dan sesuai kebutuhan individu siswa.

Menurut Rose Luckin (2016), AI dapat meningkatkan kualitas pembelajaran personal melalui analisis data perilaku belajar siswa. Kedua learning analytics, memanfaatkan sistem komputasi dan AI untuk menganalisis data pendidikan. Fungsi utama memantau perkembangan siswa, memprediksi hasil belajar, mendeteksi risiko akademik, meningkatkan strategi pembelajaran.

Teknik yang digunakan machine learning, data mining, predictive analytics. Ketiga ITS merupakan sistem tutor cerdas yang mampu memberikan pembelajaran otomatis seperti guru virtual. Kemampuan ITS menjawab pertanyaan siswa, memberikan latihan adaptif, mengevaluasi jawaban, memberikan umpan balik secara real-time. Integrasi AI memungkinkan sistem memahami kebutuhan belajar siswa secara individual. Keempat otomatisasi administrasi pendidikan, sistem komputasi berbasis AI dapat digunakan untuk pengelolaan data siswa, absensi otomatis, penjadwalan pembelajaran, evaluasi otomatis, deteksi plagiarisme. Hal ini meningkatkan efisiensi administrasi pendidikan.

Teknologi pendukung integrasi AI dan sistem komputasi, beberapa teknologi pendukung integrasi AI dan sistem komputasi dalam pendidikan meliputi: cloud computing, menyediakan penyimpanan dan pemrosesan data skala besar. Big data, mengelola data pendidikan dalam jumlah besar. Internet of Things (IoT), menghubungkan perangkat pendidikan secara real-time. Edge Computing, memungkinkan pemrosesan data lebih cepat di dekat sumber data. Walaupun memiliki banyak manfaat, integrasi AI dalam pendidikan menghadapi berbagai tantangan keamanan dan privasi data siswa, bias algoritma AI, keterbatasan infrastruktur teknologi, kesenjangan akses digital, kesiapan tenaga pendidik.

Menurut UNESCO (2021), implementasi AI dalam pendidikan harus memperhatikan aspek etika, transparansi, dan perlindungan data pengguna. Di masa depan, integrasi sistem komputasi dan AI diprediksi akan berkembang menuju pembelajaran hiper-personalisasi, smart classroom, virtual teacher, digital twin pendidikan, dan evaluasi otomatis berbasis AI multimodal. Teknologi ini diharapkan mampu meningkatkan kualitas

pendidikan secara global. Jadi disimpulkan integrasi sistem komputasi dengan kecerdasan buatan memberikan transformasi besar dalam dunia pendidikan.

Dengan dukungan AI, sistem pendidikan mampu melakukan analisis data secara cerdas, personalisasi pembelajaran, otomatisasi evaluasi, dan pengambilan keputusan berbasis data. Integrasi ini menjadi fondasi penting dalam pengembangan pendidikan digital modern yang adaptif, efisien, dan berorientasi pada kebutuhan peserta didik.

Bab 3

Dasar Kecerdasan Buatan dalam Pendidikan

3.1 Pengantar dan Definisi Kecerdasan Buatan (AI)

Pendidikan di era digital telah mengalami transformasi yang mendasar, bergeser dari metode instruksional konvensional menuju ekosistem pembelajaran yang digerakkan oleh komputasi cerdas. Dalam beberapa tahun terakhir, Kecerdasan Buatan (AI) telah mengambil peran krusial sebagai katalisator dalam revolusi ini, yang tidak sekadar berfungsi sebagai alat bantu digital pasif, tetapi sebagai sistem analitis yang proaktif.

Implementasi AI dalam kurikulum terbukti mampu mempercepat evaluasi kognitif, menstimulasi kemampuan nalar kritis, serta meningkatkan efisiensi pemecahan masalah bagi siswa. Dinamika teknologi yang terus berkembang ini menuntut institusi pendidikan untuk memahami dan mengadopsi AI agar peserta didik dapat mencapai potensi maksimalnya

secara akademis serta siap menghadapi kompleksitas keterampilan di abad ke-21 (Susanto et al., 2023).

Lebih jauh, penerapan kecerdasan buatan membawa dampak perombakan yang positif bagi para guru dan ekosistem sekolah, khususnya melalui pendekatan personalisasi pendidikan (*personalized learning*). Berbagai platform adaptif dan sistem tutor cerdas kini memiliki presisi untuk mendeteksi gaya belajar individu secara seketika (*real-time*), sehingga dapat menyelaraskan modul pembelajaran dengan tingkat kemampuan dan kecepatan masing-masing siswa (Brown & Davis, 2024).

Selain memperkaya pengalaman belajar secara mandiri, algoritma AI juga secara signifikan mengotomatisasi beban tugas administratif, yang secara strategis memberikan ruang lebih luas bagi pendidik untuk berfokus pada inovasi pedagogis dan interaksi emosional di kelas (Adams & Zhang, 2024).

Kecerdasan Buatan atau *Artificial Intelligence* (AI) merupakan cabang ilmu komputasi yang bertujuan untuk menciptakan sistem atau mesin yang mampu melakukan tugas-tugas yang biasanya memerlukan kecerdasan manusia. Secara fundamental, AI bekerja dengan cara mensimulasikan proses intelektual manusia, termasuk pembelajaran (*learning*), penalaran (*reasoning*), dan koreksi diri (*self-correction*). Berbeda dengan sistem komputasi konvensional yang beroperasi berdasarkan instruksi algoritma kaku dan linier (*if-then*), AI memiliki kemampuan adaptif untuk mengenali pola dalam data besar dan mengambil keputusan secara mandiri tanpa harus diprogram secara eksplisit untuk setiap skenario (Russell & Norvig, 2020).

Perbedaan mendasar antara komputasi konvensional dan AI terletak pada fleksibilitas penanganan masalah. Komputasi konvensional sangat efektif untuk tugas-tugas yang memerlukan presisi matematis dan pengulangan yang dapat diprediksi, namun ia gagal ketika dihadapkan pada data yang tidak terstruktur atau ambigu. Sebaliknya, AI memanfaatkan teknik seperti *machine learning* untuk memahami konteks dan belajar dari pengalaman masa lalu. Hal ini memungkinkan AI untuk menangani ketidakpastian dan

memberikan solusi yang lebih dinamis, mirip dengan cara otak manusia memproses informasi yang kompleks dan tidak lengkap (Luckin, 2020).

Dalam konteks kecerdasan, penting untuk membedakan antara kecerdasan rasional yang dimiliki oleh mesin dan kecerdasan kognitif alami manusia. Kecerdasan rasional AI berfokus pada optimasi tugas, efisiensi logis, dan pemrosesan data dalam skala masif melampaui kapasitas biologis. Namun, AI saat ini masih bersifat "sempit" (Narrow AI), di mana ia hanya unggul pada domain spesifik.

Manusia, di sisi lain, memiliki kecerdasan kognitif yang mencakup kesadaran diri, intuisi, empati, dan pemahaman emosional yang mendalam. Meskipun AI dapat meniru pola kognitif manusia dalam memecahkan masalah, mesin tetap tidak memiliki kesadaran eksistensial dan pemahaman konteks sosial-budaya yang inheren pada manusia (Chassignol et al., 2024).

Relevansi AI dalam dunia pendidikan, atau yang lebih spesifik dikenal sebagai *Artificial Intelligence in Education* (AIED), bukan lagi sekadar tren teknologi, melainkan kebutuhan mendesak untuk memodernisasi cara belajar-mengajar. AIED didefinisikan sebagai penggunaan teknologi kecerdasan buatan untuk menciptakan lingkungan belajar yang lebih adaptif, personal, dan inklusif. Melalui AIED, sistem dapat memberikan umpan balik instan yang disesuaikan dengan kebutuhan unik setiap siswa, yang secara historis sulit dicapai dalam model pendidikan klasikal di mana satu guru harus menangani puluhan siswa dengan kecepatan belajar yang berbeda-beda (Hwang et al., 2020).

Definisi spesifik AIED juga mencakup integrasi antara ilmu kognitif, pendidikan, dan ilmu komputer untuk mengembangkan alat yang mampu mendukung proses pembelajaran baik secara mandiri maupun kolaboratif. Hal ini melibatkan penggunaan *Intelligent Tutoring Systems* (ITS) yang berperan sebagai mentor digital, serta analitik pembelajaran yang mampu memprediksi hambatan akademik siswa sebelum masalah tersebut menjadi kritis. Dengan demikian, AIED tidak bertujuan untuk menggantikan peran pendidik, melainkan memperkuat kapasitas mereka melalui otomatisasi

tugas-tugas rutin dan penyediaan data yang komprehensif mengenai perkembangan siswa (Ouyang & Jiao, 2021).

Pemahaman mengenai dasar AI dan perannya dalam pendidikan menjadi fondasi utama dalam mengintegrasikan teknologi ini secara etis dan efektif. AIED menawarkan paradigma baru di mana teknologi bertindak sebagai mitra cerdas yang membantu memperluas akses pendidikan dan meningkatkan kualitas hasil belajar. Melalui sinergi antara kecerdasan rasional mesin dan bimbingan pedagogis dari guru, pendidikan dapat bertransformasi menjadi sistem yang lebih responsif terhadap tantangan zaman digital, sekaligus tetap mempertahankan nilai-nilai humanis dalam proses transfer ilmu pengetahuan.

3.2 Sejarah dan Perkembangan AI dalam Dunia Pendidikan

Sejarah awal integrasi kecerdasan buatan dalam pendidikan dimulai dengan pengembangan *Intelligent Tutoring Systems* (ITS) pada dekade 1970-an dan 1980-an. Pada era ini, fokus utama para peneliti adalah menciptakan sistem komputer yang mampu meniru perilaku instruksional seorang guru privat. ITS awal dirancang untuk memberikan instruksi langsung kepada siswa melalui antarmuka komputer dengan menyediakan materi dan latihan yang terstruktur. Meskipun masih memiliki keterbatasan dalam hal fleksibilitas komunikasi, sistem ini meletakkan fondasi penting mengenai bagaimana teknologi dapat memberikan bimbingan yang dipersonalisasi berdasarkan respon pengguna secara individual (Luckin, 2020).

Transisi signifikan terjadi ketika paradigma teknologi bergeser dari sistem berbasis aturan (rule-based) menuju sistem berbasis data (data-driven). Pada sistem berbasis aturan, logika pendidikan ditanamkan secara manual oleh pengembang melalui serangkaian instruksi "jika-maka" yang kaku, yang sering kali gagal menangani keunikan cara berpikir siswa yang beragam. Seiring dengan meningkatnya volume data digital dalam proses

pembelajaran, para peneliti mulai memanfaatkan *Educational Data Mining* (EDM). Pendekatan berbasis data ini memungkinkan sistem untuk melakukan analisis prediktif terhadap perilaku belajar siswa tanpa harus bergantung sepenuhnya pada aturan yang diprogram sebelumnya (Popenici & Kerr, 2017).

Di Indonesia, perkembangan ini tercermin dalam adopsi teknologi pembelajaran yang semakin canggih untuk memitigasi kesenjangan kualitas pendidikan. Penelitian menunjukkan bahwa transisi menuju sistem yang lebih cerdas di lembaga pendidikan lokal telah membantu guru dalam memetakan kemampuan siswa secara lebih akurat. Penggunaan algoritma berbasis data memungkinkan identifikasi dini terhadap siswa yang berisiko mengalami penurunan prestasi, sehingga intervensi dapat dilakukan lebih cepat dibandingkan dengan metode evaluasi konvensional. Transformasi ini menandai berakhirnya era teknologi pendidikan pasif dan dimulainya era sistem pembelajaran yang adaptif (Sari & Dwiyanto, 2023).

Memasuki era mutakhir, penerapan *Machine Learning* (ML) dan *Deep Learning* (DL) telah membawa AI pada level yang jauh lebih kompleks. ML memungkinkan platform pendidikan untuk secara otomatis mengenali preferensi belajar siswa dan menyesuaikan tingkat kesulitan materi secara dinamis. Sementara itu, Deep Learning yang menggunakan jaringan saraf tiruan berlapis telah memungkinkan pengembangan teknologi pengenalan suara dan gambar yang sangat akurat di dalam kelas. Hal ini memfasilitasi lingkungan belajar yang lebih inklusif, di mana teknologi dapat menerjemahkan bahasa secara langsung atau membantu siswa berkebutuhan khusus melalui pemrosesan data sensorik yang canggih (Russell & Norvig, 2020).

Fenomena terbaru yang mengguncang lanskap pendidikan global dan nasional adalah munculnya AI Generatif, seperti model bahasa besar (Large Language Models). Teknologi ini tidak hanya menganalisis data yang sudah ada, tetapi mampu menghasilkan konten baru, mulai dari rangkuman materi, soal latihan, hingga draf esai akademik. Di Indonesia, integrasi AI Generatif dalam pembelajaran mulai dieksplorasi sebagai alat bantu untuk

merancang modul ajar yang kreatif dan interaktif. Namun, kehadiran AI Generatif juga menuntut penyesuaian kurikulum agar fokus pendidikan bergeser dari sekadar penguasaan informasi menuju pengembangan kemampuan berpikir kritis dan penggunaan teknologi secara etis (Wihidayat & Santosa, 2024).

Perjalanan sejarah AI dalam pendidikan menunjukkan evolusi dari alat yang instruksional menjadi mitra kolaboratif yang generatif. Dari sistem tutor sederhana hingga AI yang mampu berdialog secara natural, perkembangan ini terus mengarah pada penciptaan ekosistem pendidikan yang semakin personal dan cerdas. Tantangan utama di masa depan bagi pendidik di Indonesia adalah menyelaraskan kemajuan teknologi yang sangat cepat ini dengan nilai-nilai pedagogis inti, memastikan bahwa kecanggihan algoritma tetap berfungsi untuk memperkuat, bukan menggantikan, peran humanis dari seorang guru (Anshari et al., 2023).

3.3 Komponen dan Teknologi Utama AI dalam Pendidikan

Integrasi kecerdasan buatan dalam ranah pendidikan tidak hanya bersandar pada satu teknologi tunggal, melainkan merupakan sinergi kompleks dari berbagai komponen komputasi yang bekerja secara simultan untuk mendukung ekosistem pembelajaran. Memahami instrumen teknologi yang mendasari kecerdasan buatan menjadi sangat krusial agar pendidik dan pengembang kebijakan dapat mengoptimalkan pemanfaatan data digital secara bertanggung jawab.

Secara garis besar, terdapat tiga pilar teknologi utama yang menjadi mesin penggerak dalam transformasi pendidikan cerdas saat ini, yakni:

1. Machine Learning (Pembelajaran Mesin)

Machine Learning (ML) merupakan pilar utama AI yang memungkinkan sistem pendidikan menjadi adaptif dengan cara mempelajari pola dari data perilaku siswa. Algoritma ML bekerja dengan memproses input berupa durasi waktu belajar, frekuensi akses materi, hingga skor ujian untuk memetakan profil kognitif masing-masing individu. Proses pembelajaran mesin ini tidak memerlukan instruksi statis, melainkan berkembang secara mandiri (self-improving) seiring bertambahnya volume data yang masuk. Hal ini memungkinkan platform pembelajaran untuk memberikan rekomendasi materi yang sangat personal, di mana tingkat kesulitan soal akan secara otomatis menyesuaikan dengan kemampuan terkini siswa (Russell & Norvig, 2020).

Dalam praktiknya, algoritma seperti Decision Trees atau Neural Networks digunakan untuk mengklasifikasikan siswa ke dalam kelompok-kelompok tertentu berdasarkan gaya belajarnya. Misalnya, jika seorang siswa menunjukkan performa lebih baik pada konten visual dibandingkan teks, ML akan memprioritaskan penyajian video atau infografis dalam modul pembelajaran selanjutnya. Di Indonesia, pemanfaatan ML mulai banyak diimplementasikan pada aplikasi bimbingan belajar daring untuk mengoptimalkan rute belajar siswa agar lebih efisien dan terukur (Pratiwi & Santosa, 2023).

2. Natural Language Processing (NLP)

Natural Language Processing (NLP) menjadi jembatan komunikasi antara manusia dan mesin melalui bahasa alami. Dalam dunia pendidikan, teknologi NLP memiliki peran krusial dalam otomatisasi penilaian esai (Automated Essay Scoring). Berbeda dengan penilaian pilihan ganda yang bersifat biner, NLP mampu menganalisis struktur kalimat, koherensi argumen, hingga kekayaan kosakata dalam sebuah tulisan. Hal ini sangat

membantu pendidik dalam memberikan umpan balik yang cepat dan konsisten kepada siswa, sekaligus mengurangi beban administratif koreksi manual yang memakan waktu (Luckin, 2020).

Selain penilaian otomatis, NLP adalah otak di balik chatbot pendidikan yang berfungsi sebagai asisten virtual 24 jam. Chatbot ini dapat menjawab pertanyaan rutin siswa terkait administrasi maupun substansi materi pelajaran, sehingga menciptakan lingkungan belajar yang responsif. Lebih jauh, kemampuan penerjemahan mesin berbasis NLP memungkinkan akses terhadap literatur global tanpa kendala bahasa, yang sangat relevan bagi pengembangan riset di perguruan tinggi Indonesia dalam upaya internasionalisasi pendidikan (Haleem et al., 2022).

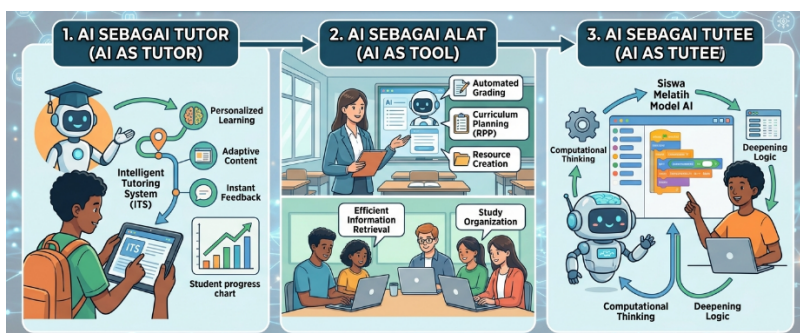
3. Educational Data Mining (EDM) & Learning Analytics

Educational Data Mining (EDM) dan Learning Analytics berfokus pada pengumpulan serta analisis jejak digital yang ditinggalkan siswa selama berinteraksi dengan sistem manajemen pembelajaran (LMS). Jejak digital ini mencakup data kapan siswa masuk ke sistem, berapa lama mereka membaca dokumen, hingga interaksi mereka di forum diskusi. EDM mengekstraksi informasi tersembunyi dari data besar tersebut untuk menemukan pola perilaku yang tidak kasat mata, sementara Learning Analytics menggunakan temuan tersebut untuk memberikan visualisasi perkembangan belajar bagi guru dan siswa (Ouyang & Jiao, 2021).

Salah satu aplikasi paling strategis dari teknologi ini adalah pengembangan sistem peringatan dini (Early Warning System) untuk memprediksi potensi kegagalan akademik. Dengan menganalisis penurunan tren keterlibatan siswa, algoritma dapat mendeteksi risiko dropout atau kegagalan sebelum hal tersebut benar-benar terjadi. Di lingkungan pendidikan Indonesia, riset mengenai Learning Analytics semakin intensif dilakukan untuk membantu institusi melakukan intervensi pedagogis yang tepat sasaran, sehingga angka kelulusan dapat ditingkatkan melalui kebijakan yang berbasis data autentik (Rizki et al., 2024).

3.4 Paradigma dan Peran AI dalam Ekosistem Pembelajaran

Dalam ekosistem pendidikan modern, peran kecerdasan buatan dapat diklasifikasikan ke dalam tiga paradigma utama yang mendefinisikan interaksi antara teknologi, guru, dan siswa.



Gambar 3.1: Paradigma dan Peran AI dalam Ekosistem Pembelajaran

Paradigma pertama adalah AI sebagai Tutor, di mana sistem mengambil peran instruksional untuk mengajar siswa secara langsung. Melalui sistem pembelajaran adaptif, AI mampu mempersonalisasi materi berdasarkan kecepatan dan gaya belajar unik setiap individu. Teknologi ini berperan sebagai pendamping belajar mandiri yang memberikan umpan balik seketika, memungkinkan siswa untuk memperbaiki kesalahan secara mandiri tanpa harus menunggu kehadiran fisik seorang guru. Pendekatan ini sangat efektif dalam mengatasi ketidakteraturan pemahaman konsep dasar sebelum siswa melangkah ke materi yang lebih kompleks (Luckin, 2020).

Paradigma kedua memosisikan AI sebagai Alat (Tool) yang berfungsi meningkatkan efisiensi kerja baik bagi pendidik maupun peserta didik. Bagi guru, AI bertindak sebagai asisten administratif yang mampu mengotomatisasi penyusunan rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP), pembuatan butir soal, hingga pengolahan nilai. Di sisi siswa, AI sebagai alat

bantu berperan dalam mempercepat pencarian informasi yang akurat dan membantu pengorganisasian tugas-tugas akademik. Pemanfaatan AI dalam kategori ini bertujuan untuk mereduksi beban kognitif pada tugas-tugas rutin, sehingga guru dapat mengalokasikan lebih banyak waktu untuk interaksi emosional dan bimbingan moral di kelas (Hwang et al., 2020).

Paradigma ketiga yang sering kali terlupakan namun sangat krusial dalam pengembangan nalar adalah AI sebagai Tutee (Yang Diajar). Dalam kerangka kerja ini, posisi dibalik: siswa berperan sebagai pengajar atau pelatih bagi model AI. Melalui kegiatan pemrograman sederhana atau pelabelan data untuk melatih algoritma, siswa secara tidak langsung dipaksa untuk memahami logika berpikir komputasi dan struktur masalah secara mendalam. Proses "mengajar mesin" ini menuntut siswa untuk berpikir secara sistematis dan kritis, karena mereka harus mampu menjelaskan aturan dan parameter kepada sistem agar berfungsi dengan benar. Di Indonesia, paradigma ini mulai diperkenalkan melalui kurikulum yang menekankan pada pengenalan coding dan logika AI sejak dini (Suryadi et al., 2023).

Implementasi ketiga paradigma ini di Indonesia diharapkan dapat menciptakan sinergi yang harmonis untuk meningkatkan kualitas pendidikan nasional. Pemanfaatan AI bukan dimaksudkan untuk menggantikan peran guru, melainkan sebagai augmentasi kemampuan manusia dalam mengelola keberagaman kebutuhan belajar. Riset menunjukkan bahwa penggunaan AI sebagai alat dan tutor secara bersamaan mampu meningkatkan keterlibatan siswa secara signifikan dan membantu institusi dalam melakukan manajemen sumber daya secara lebih cerdas (Pratama & Nugroho, 2024). Dengan memahami peran-peran ini, para pemangku kepentingan dapat merancang strategi integrasi teknologi yang lebih tepat sasaran dan berkelanjutan (Fauzi et al., 2023).

3.5 Manfaat dan Nilai Tambah AI bagi Pendidik dan Peserta Didik

Penerapan kecerdasan buatan dalam dunia pendidikan bukan sekadar upaya digitalisasi materi, melainkan sebuah lompatan strategis untuk menciptakan ekosistem pembelajaran yang lebih manusiawi dan efisien. Dengan memanfaatkan kemampuan pemrosesan data yang cepat dan akurat, AI mampu mengisi celah-celah yang selama ini sulit dijangkau oleh metode instruksional konvensional, baik dari sisi beban kerja pendidik maupun kebutuhan personal setiap peserta didik. \

Berikut adalah manfaat utama dan nilai tambah yang ditawarkan oleh integrasi AI dalam menunjang kualitas serta aksesibilitas pendidikan masa kini:

1. Personalisasi Rute dan Kecepatan Belajar (Personalized Learning)

Salah satu manfaat paling transformatif dari AI adalah kemampuannya untuk menyediakan personalisasi pembelajaran dalam skala massal. Dalam model kelas konvensional, guru seringkali kesulitan menyesuaikan materi untuk setiap individu, namun AI mampu menciptakan rute belajar yang unik bagi setiap siswa. Algoritma adaptif menganalisis kekuatan dan kelemahan siswa secara real-time, kemudian menyesuaikan tingkat kesulitan konten serta kecepatan penyampaian materi. Hal ini memastikan bahwa siswa yang belajar lebih cepat tidak merasa bosan, sementara siswa yang membutuhkan waktu lebih lama tidak merasa tertinggal (Luckin, 2020). Di Indonesia, penerapan personalisasi ini terbukti meningkatkan motivasi belajar siswa karena mereka merasa didukung sesuai dengan kapasitas kognitif masing-masing (Putra & Handayani, 2023).

2. Umpan Balik Instan dan Penilaian Otomatis

AI memberikan nilai tambah yang signifikan melalui penyediaan umpan balik instan (instant feedback). Dalam proses belajar tradisional, siswa seringkali harus menunggu hari atau minggu untuk mengetahui hasil evaluasi mereka, yang dapat menghambat proses perbaikan pemahaman. Dengan sistem penilaian otomatis berbasis AI, siswa mendapatkan koreksi langsung saat mereka melakukan kesalahan, lengkap dengan penjelasan logis di balik koreksi tersebut. Bagi pendidik, teknologi penilaian otomatis pada esai maupun tugas kompleks lainnya membantu menjaga konsistensi standar nilai serta mengurangi subjektivitas manusia dalam evaluasi akademik (Hwang et al., 2020).

3. Otomatisasi Tugas Administratif

Beban administratif yang berat seringkali menjadi kendala bagi guru untuk berfokus pada kualitas pengajaran dan interaksi emosional dengan siswa. AI hadir untuk mengambil alih tugas-tugas rutin seperti absensi otomatis, penjadwalan, hingga pengorganisasian dokumen kurikulum. Dengan otomatisasi ini, guru memiliki ruang lebih luas untuk menjalankan fungsi pedagogisnya sebagai fasilitator, inspirator, dan mentor bagi siswa. Riset menunjukkan bahwa efisiensi waktu yang didapat dari penggunaan AI memungkinkan guru untuk merancang inovasi metode pembelajaran yang lebih interaktif di dalam kelas (Ramadani et al., 2024).

4. Peningkatan Aksesibilitas bagi Siswa Berkebutuhan Khusus

AI memainkan peran krusial dalam mewujudkan pendidikan inklusif melalui teknologi aksesibilitas tingkat lanjut. Fitur seperti speech-to-text membantu siswa dengan gangguan motorik atau pendengaran untuk berpartisipasi dalam diskusi, sementara screen

readers cerdas yang dilengkapi dengan pengenalan gambar membantu siswa tunanetra memahami konten visual. Di Indonesia, pengembangan alat bantu berbasis AI ini menjadi solusi strategis untuk mempersempit kesenjangan akses pendidikan bagi anak berkebutuhan khusus, memastikan bahwa keterbatasan fisik tidak lagi menjadi penghalang dalam meraih ilmu pengetahuan (Fahrudin & Santoso, 2023)..

3.6 Etika, Privasi, dan Tantangan Dasar

Meskipun kecerdasan buatan menawarkan berbagai kemudahan, integrasinya dalam pendidikan membawa konsekuensi etis dan tantangan serius yang harus diantisipasi secara saksama.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan seperti dibawah berikut:

1. Bias dalam Algoritma dan Dampaknya pada Keadilan Pendidikan

Bias algoritma merupakan salah satu tantangan etis paling krusial karena AI belajar dari data historis yang mungkin sudah mengandung prasangka manusia. Jika data yang digunakan untuk melatih sistem AI tidak representatif atau mengandung bias terhadap kelompok tertentu, maka rekomendasi atau penilaian yang dihasilkan oleh AI dapat memperkuat ketidakadilan. Dalam konteks pendidikan, hal ini dapat berakibat pada diskriminasi otomatis dalam penerimaan siswa baru atau penilaian prestasi yang tidak adil bagi kelompok minoritas, yang pada akhirnya justru mencederai prinsip kesetaraan peluang belajar (Russell & Norvig, 2020).

Keadilan pendidikan terancam ketika algoritma menjadi "kotak hitam" yang sulit dipahami proses pengambilan keputusannya. Di Indonesia, kesadaran akan pentingnya audit terhadap algoritma pendidikan mulai meningkat guna memastikan bahwa sistem pendukung keputusan tidak meminggirkan siswa berdasarkan latar belakang sosial-ekonomi atau

geografis. Tanpa adanya transparansi algoritma, dikhawatirkan personalisasi pembelajaran justru akan menciptakan pengelompokan yang membatasi potensi siswa (Zubaidi et al., 2023).

2. Privasi dan Keamanan Data Siswa

Penggunaan AI yang efektif bergantung pada pengumpulan data pribadi siswa dalam jumlah besar, mulai dari identitas hingga pola perilaku belajar yang mendalam. Hal ini menimbulkan risiko serius terkait privasi dan keamanan data; di mana kebocoran informasi sensitif dapat berdampak jangka panjang pada masa depan siswa. Perlindungan terhadap profil digital siswa harus menjadi prioritas utama bagi institusi pendidikan, mengingat data tersebut rentan disalahgunakan untuk kepentingan komersial oleh pihak ketiga tanpa persetujuan yang jelas (Popenici & Kerr, 2017).

Di Indonesia, tantangan ini semakin mendesak seiring dengan implementasi Undang-Undang Pelindungan Data Pribadi (UU PDP). Institusi pendidikan wajib memastikan bahwa penyedia platform AI memiliki protokol keamanan tingkat tinggi dan kebijakan enkripsi yang kuat. Selain aspek teknis, edukasi mengenai literasi data bagi guru dan siswa juga sangat penting agar mereka memahami hak-hak privasi mereka dalam ekosistem digital yang semakin transparan (Pratama & Nugroho, 2024).

3. Ketergantungan Teknologi dan Hilangnya Esensi Interaksi Manusia

Integrasi AI yang berlebihan dikhawatirkan dapat menciptakan ketergantungan teknologi yang mengikis kemampuan berpikir mandiri dan kreativitas siswa. Jika siswa terlalu mengandalkan bantuan AI untuk setiap tugas akademik, dikhawatirkan kemampuan pemecahan masalah secara autentik akan menurun. Selain itu, ada risiko besar akan hilangnya esensi interaksi manusia antara guru dan siswa. Pendidikan bukan sekadar transfer informasi, melainkan proses pembentukan karakter, empati, dan nilai moral yang hanya dapat terjadi melalui hubungan interpersonal yang mendalam (Luckin, 2020).

Guru memiliki peran sebagai mentor emosional yang tidak dapat digantikan oleh algoritma manapun. Di lingkungan pendidikan Indonesia yang menjunjung tinggi nilai-nilai humanis, dominasi teknologi tanpa bimbingan manusia berisiko menyebabkan alienasi sosial di kalangan siswa. Oleh karena itu, AI harus diposisikan sebagai pendukung, bukan pengganti, guna menjaga agar sentuhan manusiawi tetap menjadi inti dari proses pedagogis (Kusumawati & Setiawan, 2023).

4. Kesenjangan Digital (Digital Divide) dalam Akses Teknologi AI

Implementasi AI yang tidak merata berpotensi memperlebar jurang kesenjangan digital antara sekolah yang memiliki sumber daya memadai dengan sekolah di daerah terpencil. Teknologi AI memerlukan infrastruktur internet yang stabil dan perangkat keras yang mumpuni, yang saat ini masih menjadi tantangan besar di banyak wilayah Indonesia. Jika akses terhadap AI hanya terbatas pada kelompok elit, maka keunggulan kompetitif yang ditawarkan teknologi ini justru akan memperburuk ketimpangan sosial (Sari & Dwiyanto, 2023).

Kesenjangan digital tidak hanya terbatas pada ketersediaan perangkat, tetapi juga pada "kesenjangan literasi" antara mereka yang tahu cara menggunakan AI secara efektif dan mereka yang tidak. Pemerintah dan pemangku kebijakan perlu memastikan bahwa distribusi teknologi cerdas ini diikuti dengan peningkatan infrastruktur merata dan pelatihan intensif bagi pendidik di seluruh penjuru negeri. Tanpa upaya pemerataan, AI hanya akan menjadi instrumen baru yang mempertegas garis kemiskinan dan keterbatasan akses pendidikan (Zubaidi et al., 2023).

Bab 4

Transformasi Pendidikan Digital

4.1 Pengertian Transformasi Pendidikan Digital

Transformasi pendidikan digital adalah proses perubahan menyeluruh dalam sistem pendidikan yang memanfaatkan teknologi digital untuk meningkatkan kualitas pembelajaran, efisiensi pengelolaan pendidikan, serta memperluas akses terhadap pendidikan. Transformasi ini tidak hanya berkaitan dengan penggunaan perangkat teknologi, tetapi juga mencakup perubahan dalam metode pembelajaran, peran pendidik dan peserta didik, serta budaya belajar secara keseluruhan.

Secara lebih mendalam, transformasi pendidikan digital merupakan integrasi teknologi informasi dan komunikasi ke dalam seluruh aspek pendidikan, mulai dari perencanaan kurikulum, proses pembelajaran, hingga evaluasi hasil belajar. Tujuannya adalah menciptakan sistem pendidikan yang lebih fleksibel, interaktif, dan berpusat pada peserta didik.

Dalam konteks ini, pembelajaran tidak lagi terbatas pada ruang kelas fisik, melainkan dapat berlangsung secara daring (online), luring (offline digital), maupun kombinasi keduanya (blended learning). Peserta didik memiliki kesempatan untuk belajar secara mandiri dengan memanfaatkan berbagai sumber belajar digital, seperti video pembelajaran, e-book, dan platform pembelajaran daring.

Selain itu, transformasi pendidikan digital juga mendorong perubahan peran guru dari sekadar penyampai materi menjadi fasilitator, pembimbing, dan inovator dalam proses pembelajaran. Guru dituntut untuk mampu mengintegrasikan teknologi secara efektif agar pembelajaran menjadi lebih menarik dan relevan dengan kebutuhan zaman (Jamaludin *et al.*, 2022; Syam *et al.*, 2024).

Dengan demikian, transformasi pendidikan digital dapat dipahami sebagai upaya strategis untuk menyesuaikan sistem pendidikan dengan perkembangan teknologi dan tuntutan global, sehingga mampu menghasilkan sumber daya manusia yang kompeten, adaptif, dan siap menghadapi tantangan masa depan.

4.2 Latar Belakang Transformasi Pendidikan Digital

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang sangat pesat dalam beberapa dekade terakhir telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk bidang pendidikan. Digitalisasi tidak hanya memengaruhi cara manusia berkomunikasi, tetapi juga mengubah cara memperoleh, mengelola, dan menyebarkan pengetahuan. Dalam konteks ini, pendidikan dituntut untuk beradaptasi agar tetap relevan dengan kebutuhan zaman.

Transformasi pendidikan digital muncul sebagai respons terhadap perubahan tersebut. Sistem pendidikan konvensional yang selama ini

mengandalkan metode tatap muka mulai mengalami keterbatasan, terutama dalam hal aksesibilitas, fleksibilitas, dan efektivitas. Dengan adanya teknologi digital, proses pembelajaran dapat dilakukan secara lebih terbuka tanpa batasan ruang dan waktu, sehingga memungkinkan peserta didik dari berbagai latar belakang untuk memperoleh pendidikan yang lebih merata (Sari, Purba dan Hasibuan, 2019; Kaban *et al.*, 2026).

Selain itu, tuntutan kompetensi abad ke-21 menjadi faktor penting yang melatarbelakangi transformasi ini. Dunia kerja saat ini membutuhkan individu yang tidak hanya memiliki pengetahuan akademik, tetapi juga keterampilan seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan literasi digital. Oleh karena itu, sistem pendidikan harus mampu mengintegrasikan teknologi untuk mendukung pengembangan kompetensi tersebut.

Peristiwa global seperti pandemi COVID-19 juga menjadi katalis utama percepatan transformasi pendidikan digital. Ketika aktivitas pembelajaran tatap muka dibatasi, institusi pendidikan di seluruh dunia dipaksa untuk mengadopsi pembelajaran daring dalam waktu singkat. Kondisi ini menunjukkan bahwa kesiapan terhadap teknologi digital bukan lagi pilihan, melainkan kebutuhan mendesak bagi keberlangsungan pendidikan.

Di sisi lain, perkembangan teknologi seperti kecerdasan buatan, komputasi awan, dan analisis data besar turut membuka peluang baru dalam dunia pendidikan. Teknologi-teknologi ini memungkinkan pembelajaran yang lebih personal, adaptif, dan berbasis data, sehingga mampu meningkatkan kualitas hasil belajar peserta didik.

Namun demikian, transformasi pendidikan digital juga menghadapi berbagai tantangan, seperti kesenjangan akses teknologi, rendahnya literasi digital, serta keterbatasan infrastruktur di beberapa wilayah. Oleh karena itu, diperlukan upaya kolaboratif antara pemerintah, institusi pendidikan, dan masyarakat untuk memastikan bahwa transformasi ini dapat berjalan secara efektif dan inklusif.

Dengan demikian, transformasi pendidikan digital merupakan langkah strategis yang tidak dapat dihindari dalam menghadapi dinamika global.

Perubahan ini bukan hanya tentang penggunaan teknologi, tetapi juga tentang membangun sistem pendidikan yang lebih adaptif, inovatif, dan mampu menjawab kebutuhan masa depan.

4.3 Faktor Pendorong Transformasi Pendidikan Digital

Transformasi pendidikan digital tidak terjadi secara tiba-tiba, melainkan merupakan hasil dari berbagai faktor yang saling berinteraksi dan mendorong perubahan dalam sistem pendidikan. Perkembangan teknologi menjadi faktor utama yang tidak dapat diabaikan. Kemajuan pesat dalam teknologi informasi dan komunikasi, seperti internet, perangkat mobile, serta aplikasi digital, telah mengubah cara manusia mengakses dan memanfaatkan informasi. Dunia pendidikan pun dituntut untuk beradaptasi agar tidak tertinggal dari perkembangan tersebut.

Selain faktor teknologi, tuntutan kompetensi abad ke-21 juga menjadi pendorong penting. Dunia kerja modern tidak lagi hanya menuntut penguasaan pengetahuan, tetapi juga keterampilan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan literasi digital. Oleh karena itu, sistem pendidikan harus bertransformasi untuk mampu menghasilkan lulusan yang siap menghadapi tantangan global. Transformasi digital menjadi sarana untuk mengintegrasikan keterampilan tersebut ke dalam proses pembelajaran.

Perubahan karakteristik peserta didik juga turut mendorong transformasi ini. Generasi saat ini tumbuh dalam lingkungan yang sarat dengan teknologi, sehingga memiliki gaya belajar yang berbeda dibandingkan generasi sebelumnya. Mereka lebih menyukai pembelajaran yang interaktif, visual, dan berbasis teknologi. Hal ini menuntut pendidik dan institusi pendidikan untuk menyesuaikan metode pembelajaran agar lebih relevan dan menarik.

Di sisi lain, globalisasi pendidikan membuka peluang sekaligus tantangan baru. Akses terhadap sumber belajar internasional menjadi semakin mudah, sehingga persaingan dalam dunia pendidikan semakin ketat. Institusi pendidikan dituntut untuk meningkatkan kualitas dan daya saing melalui pemanfaatan teknologi digital agar mampu bersaing di tingkat global.

Peristiwa global seperti pandemi COVID-19 juga menjadi katalis yang mempercepat transformasi pendidikan digital. Ketika pembelajaran tatap muka tidak memungkinkan, teknologi menjadi solusi utama untuk memastikan proses pendidikan tetap berjalan. Kondisi ini menunjukkan bahwa kesiapan terhadap teknologi digital merupakan kebutuhan yang mendesak, bukan lagi sekadar pilihan.

Selain itu, kebutuhan akan pemerataan akses pendidikan menjadi faktor pendorong lainnya. Teknologi digital memungkinkan pendidikan menjangkau daerah-daerah yang sebelumnya sulit diakses, sehingga membuka peluang bagi lebih banyak individu untuk memperoleh pendidikan yang layak.

Namun, di balik berbagai faktor pendorong tersebut, terdapat pula kesadaran akan pentingnya efisiensi dan efektivitas dalam sistem pendidikan. Digitalisasi memungkinkan proses pembelajaran menjadi lebih hemat waktu, biaya, dan tenaga, sekaligus meningkatkan kualitas hasil belajar melalui penggunaan data dan teknologi analitik.

Dengan demikian, transformasi pendidikan digital didorong oleh kombinasi antara perkembangan teknologi, tuntutan global, perubahan karakteristik peserta didik, serta kebutuhan akan sistem pendidikan yang lebih inklusif dan efisien. Semua faktor ini

4.4 Karakteristik Transformasi Pendidikan Digital

Transformasi pendidikan digital memiliki sejumlah karakteristik yang membedakannya dari sistem pendidikan konvensional. Karakteristik ini mencerminkan bagaimana teknologi tidak hanya digunakan sebagai alat bantu, tetapi menjadi bagian integral dalam keseluruhan proses pendidikan.

1. Berbasis Teknologi Digital

Transformasi pendidikan digital ditandai dengan penggunaan teknologi sebagai fondasi utama dalam proses pembelajaran. Perangkat seperti komputer, smartphone, internet, serta aplikasi pembelajaran menjadi sarana utama dalam penyampaian materi, interaksi, dan evaluasi.

2. Fleksibilitas Waktu dan Tempat

Pembelajaran tidak lagi terbatas pada ruang kelas fisik. Peserta didik dapat belajar kapan saja dan di mana saja sesuai dengan kebutuhan dan kondisi masing-masing. Hal ini memberikan kemudahan akses terutama bagi mereka yang memiliki keterbatasan geografis atau waktu.

3. Berpusat pada Peserta Didik (Student-Centered Learning)

Transformasi digital mendorong perubahan paradigma dari teacher-centered menjadi student-centered. Peserta didik menjadi lebih aktif dalam mencari, mengolah, dan memahami informasi, sementara guru berperan sebagai fasilitator.

4. Interaktif dan Kolaboratif

Teknologi memungkinkan adanya interaksi yang lebih dinamis antara guru dan siswa, maupun antar siswa. Diskusi dapat dilakukan secara real-time melalui berbagai platform, sehingga meningkatkan keterlibatan dalam proses belajar.

5. Personalisasi Pembelajaran

Setiap peserta didik memiliki gaya dan kecepatan belajar yang berbeda. Melalui teknologi digital, pembelajaran dapat disesuaikan dengan kebutuhan individu, sehingga lebih efektif dalam mencapai tujuan belajar.

6. Berbasis Data (Data-Driven Learning)

Transformasi pendidikan digital memanfaatkan data untuk memantau dan mengevaluasi proses belajar.

7. Integrasi Multimedia

Materi pembelajaran disajikan dalam berbagai format seperti teks, video, audio, animasi, dan simulasi. Hal ini membuat pembelajaran lebih menarik dan membantu pemahaman konsep yang kompleks.

8. Akses Sumber Belajar yang Luas

Peserta didik dapat mengakses berbagai sumber belajar dari seluruh dunia melalui internet. Hal ini memperkaya wawasan dan memungkinkan pembelajaran yang lebih mendalam.

9. Otomatisasi dan Efisiensi Sistem

Berbagai proses dalam pendidikan seperti penilaian, administrasi, dan manajemen kelas dapat dilakukan secara otomatis menggunakan sistem digital, sehingga meningkatkan efisiensi.

10. Adaptif terhadap Perubahan

Transformasi pendidikan digital bersifat dinamis dan mampu menyesuaikan diri dengan perkembangan teknologi serta kebutuhan masyarakat. Sistem ini terus berkembang mengikuti inovasi terbaru.

4.5 Peran Teknologi dalam Transformasi Pendidikan

Teknologi memiliki peran yang sangat strategis dalam mendorong transformasi pendidikan menuju sistem yang lebih modern, fleksibel, dan efektif. Kehadiran teknologi tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu, tetapi juga sebagai penggerak utama perubahan dalam cara belajar, mengajar, dan mengelola pendidikan.

1. Memperluas Akses Pendidikan

Salah satu peran utama teknologi adalah membuka akses pendidikan yang lebih luas. Dengan adanya internet dan platform pembelajaran daring, peserta didik dapat mengakses materi dari mana saja tanpa terikat oleh lokasi geografis. Hal ini sangat membantu dalam menjangkau daerah terpencil serta kelompok masyarakat yang sebelumnya sulit memperoleh pendidikan.

2. Meningkatkan Fleksibilitas Pembelajaran

Teknologi memungkinkan pembelajaran dilakukan kapan saja dan di mana saja. Peserta didik dapat menyesuaikan waktu belajar sesuai dengan kebutuhan dan ritme masing-masing. Model pembelajaran seperti e-learning dan blended learning menjadi contoh nyata fleksibilitas ini.

3. Mendorong Pembelajaran Interaktif

Dengan dukungan multimedia seperti video, animasi, dan simulasi, pembelajaran menjadi lebih menarik dan interaktif. Teknologi membantu menjelaskan konsep yang sulit menjadi lebih mudah dipahami, sehingga meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam proses belajar.

4. Mendukung Personalisasi Pembelajaran

Teknologi memungkinkan pembelajaran disesuaikan dengan kemampuan dan kebutuhan individu. Sistem pembelajaran adaptif dapat memberikan materi yang berbeda kepada setiap siswa berdasarkan tingkat pemahaman mereka, sehingga proses belajar menjadi lebih efektif.

5. Mempermudah Akses Sumber Belajar

Peserta didik tidak lagi bergantung pada satu sumber buku. Melalui teknologi, mereka dapat mengakses berbagai sumber belajar seperti e-book, jurnal online, video edukasi, dan kursus digital dari berbagai belahan dunia.

6. Meningkatkan Efisiensi Pengelolaan Pendidikan

Teknologi juga berperan dalam manajemen pendidikan, seperti pengelolaan data siswa, penilaian otomatis, administrasi akademik, monitoring perkembangan belajar.

Hal ini membantu mengurangi beban administratif guru dan meningkatkan efisiensi sistem pendidikan.

7. Memfasilitasi Kolaborasi

Platform digital memungkinkan kolaborasi antara siswa, guru, bahkan antar institusi pendidikan. Diskusi kelompok, proyek bersama, dan pertukaran ide dapat dilakukan secara daring tanpa batasan ruang.

8. Mendukung Evaluasi dan Analisis Data

Teknologi memungkinkan evaluasi dilakukan secara cepat dan akurat.

9. Mendorong Inovasi Metode Pembelajaran

Teknologi membuka peluang untuk berbagai inovasi.

10. Mempersiapkan Sumber Daya Manusia Masa Depan

Dengan integrasi teknologi dalam pendidikan, peserta didik akan terbiasa menggunakan teknologi secara produktif. Hal ini penting untuk mempersiapkan mereka menghadapi dunia kerja yang semakin digital dan kompetitif.

Teknologi memiliki peran sentral dalam transformasi pendidikan, mulai dari memperluas akses hingga meningkatkan kualitas pembelajaran. Dengan pemanfaatan yang tepat, teknologi dapat menciptakan sistem pendidikan yang lebih inklusif, efisien, dan relevan dengan tuntutan zaman. Namun, keberhasilan transformasi ini tetap memerlukan dukungan dari berbagai pihak, termasuk kesiapan sumber daya manusia dan infrastruktur yang memadai.

4.6 Model Transformasi Pendidikan Digital

Model transformasi pendidikan digital merupakan kerangka atau pendekatan yang digunakan untuk mengintegrasikan teknologi ke dalam sistem pendidikan secara sistematis. Model ini membantu institusi pendidikan dalam merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi proses digitalisasi pembelajaran agar berjalan efektif dan berkelanjutan.

1. Model Blended Learning

Blended learning adalah model yang menggabungkan pembelajaran tatap muka dengan pembelajaran daring. Dalam model ini, sebagian kegiatan dilakukan di kelas, sementara sebagian lainnya dilakukan melalui platform digital.

Model ini banyak digunakan karena mampu mengoptimalkan kelebihan kedua metode pembelajaran.

2. Model Fully Online Learning

Model ini merupakan pembelajaran yang sepenuhnya dilakukan secara daring tanpa pertemuan tatap muka. Model ini sangat efektif untuk pendidikan jarak jauh dan pembelajaran fleksibel.

3. Model Flipped Classroom

Flipped classroom membalik metode pembelajaran tradisional. Siswa mempelajari materi terlebih dahulu di rumah melalui media digital, sedangkan waktu di kelas digunakan untuk diskusi dan praktik.

4. Model Hybrid Learning

Hybrid learning mirip dengan blended learning, namun lebih fleksibel karena memungkinkan sebagian siswa belajar secara tatap muka dan sebagian lainnya secara daring dalam waktu yang sama.

5. Model Adaptive Learning

Model ini menggunakan teknologi untuk menyesuaikan materi pembelajaran dengan kemampuan dan kebutuhan masing-masing siswa.

Model ini meningkatkan efektivitas pembelajaran karena setiap siswa mendapatkan pengalaman belajar yang sesuai.

6. Model Project-Based Digital Learning

Model ini mengintegrasikan teknologi dalam pembelajaran berbasis proyek. Siswa mengerjakan proyek dengan memanfaatkan berbagai tools digital.

Model transformasi pendidikan digital sangat beragam dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan serta kondisi institusi pendidikan. Setiap model memiliki keunggulan dan tantangan masing-masing. Oleh karena itu, pemilihan model harus mempertimbangkan faktor seperti tujuan pembelajaran, kesiapan teknologi, serta karakteristik peserta didik.

Dengan penerapan model yang tepat, transformasi pendidikan digital dapat berjalan secara optimal dan memberikan dampak positif bagi kualitas pendidikan.

4.7 Dampak Transformasi Pendidikan Digital

Transformasi pendidikan digital membawa perubahan besar dalam sistem pendidikan, baik dari segi proses pembelajaran, peran pelaku pendidikan, maupun hasil yang dicapai. Dampak ini dapat bersifat positif maupun negatif, tergantung pada bagaimana teknologi diimplementasikan dan dimanfaatkan.

Dampak Positif Transformasi Pendidikan Digital:

1. Meningkatkan Akses Pendidikan

Teknologi digital memungkinkan peserta didik mengakses materi pembelajaran dari mana saja dan kapan saja. Hal ini membuka peluang pendidikan yang lebih luas, terutama bagi masyarakat di daerah terpencil atau yang memiliki keterbatasan akses terhadap pendidikan formal.

2. Fleksibilitas dalam Proses Pembelajaran

Pembelajaran tidak lagi terbatas pada waktu dan tempat tertentu. Siswa dapat belajar sesuai dengan ritme dan kebutuhan masing-masing, sehingga meningkatkan kenyamanan dan efektivitas belajar.

3. Mendorong Inovasi Pembelajaran

Transformasi digital menghadirkan berbagai metode baru seperti e-learning, blended learning, dan gamifikasi. Inovasi ini membuat pembelajaran lebih menarik, interaktif, dan tidak monoton.

4. Personalisasi Pembelajaran

Teknologi memungkinkan penyesuaian materi pembelajaran berdasarkan kemampuan dan kebutuhan individu siswa. Hal ini membantu meningkatkan pemahaman dan hasil belajar.

5. Efisiensi dan Produktivitas

Penggunaan teknologi dapat menghemat waktu dan biaya dalam proses pembelajaran, seperti pengurangan penggunaan kertas, otomatisasi penilaian, serta kemudahan distribusi materi.

6. Akses ke Sumber Belajar Global

Peserta didik dapat memanfaatkan berbagai sumber belajar dari seluruh dunia, seperti jurnal, video edukasi, dan kursus online, sehingga memperluas wawasan dan pengetahuan.

7. Peningkatan Keterampilan Digital

Transformasi ini membantu peserta didik dan pendidik mengembangkan literasi digital yang sangat penting dalam menghadapi dunia kerja modern.

Dampak Negatif Transformasi Pendidikan Digital:

1. Kesenjangan Digital (Digital Divide)

Tidak semua peserta didik memiliki akses yang sama terhadap teknologi dan internet. Hal ini dapat memperlebar kesenjangan pendidikan antara kelompok yang mampu dan kurang mampu.

2. Ketergantungan pada Teknologi

Penggunaan teknologi yang berlebihan dapat menyebabkan ketergantungan dan mengurangi kemampuan belajar secara mandiri tanpa bantuan digital.

3. Penurunan Interaksi Sosial

Pembelajaran daring dapat mengurangi interaksi langsung antara siswa dan guru, serta antar siswa, yang penting untuk pengembangan keterampilan sosial.

4. Gangguan Konsentrasi

Penggunaan perangkat digital dapat menimbulkan distraksi, seperti media sosial atau hiburan, yang dapat mengganggu fokus belajar.

5. Masalah Keamanan dan Privasi

Penggunaan teknologi dalam pendidikan meningkatkan risiko kebocoran data dan penyalahgunaan informasi pribadi.

4.8 Kesiapan Sumber Daya Manusia

Tidak semua guru dan siswa memiliki kemampuan digital yang memadai, sehingga dapat menghambat proses pembelajaran.

Transformasi pendidikan digital memberikan dampak yang signifikan bagi dunia pendidikan, baik positif maupun negatif. Dampak positifnya dapat meningkatkan kualitas dan akses pendidikan, sementara dampak negatifnya perlu diantisipasi melalui kebijakan dan strategi yang tepat. Oleh karena itu, pemanfaatan teknologi harus dilakukan secara bijak agar manfaatnya dapat dirasakan secara optimal oleh seluruh pihak.

4.9 Tantangan Transformasi Pendidikan Digital

Transformasi pendidikan digital membawa banyak peluang, tetapi juga menghadirkan berbagai tantangan yang perlu diatasi agar implementasinya berjalan efektif dan merata. Tantangan ini tidak hanya berkaitan dengan teknologi, tetapi juga mencakup aspek sosial, ekonomi, dan pedagogis.

1. Kesenjangan Akses Teknologi (Digital Divide)

Salah satu tantangan terbesar adalah ketimpangan akses terhadap teknologi. Tidak semua peserta didik memiliki perangkat seperti laptop atau smartphone, serta akses internet yang stabil. Hal ini terutama dirasakan di daerah terpencil atau dengan kondisi ekonomi terbatas, sehingga dapat memperlebar kesenjangan pendidikan.

2. Keterbatasan Infrastruktur

Transformasi digital membutuhkan infrastruktur yang memadai, seperti jaringan internet cepat, listrik stabil, dan sistem teknologi pendukung. Di banyak wilayah, terutama di daerah rural, infrastruktur ini masih belum optimal.

3. Rendahnya Literasi Digital

Baik guru maupun siswa belum semuanya memiliki kemampuan literasi digital yang cukup. Banyak pendidik yang masih kesulitan dalam menggunakan teknologi secara efektif dalam pembelajaran, sehingga pemanfaatannya belum maksimal.

4. Kesiapan dan Adaptasi Guru

Perubahan dari metode konvensional ke digital menuntut guru untuk beradaptasi dengan cepat. Tidak semua guru siap menghadapi perubahan ini, baik dari segi keterampilan teknis maupun perubahan pola pikir dalam mengajar.

5. Keterbatasan Konten Pembelajaran Berkualitas

Konten digital yang tersedia belum semuanya berkualitas atau sesuai dengan kurikulum. Pengembangan konten yang menarik, interaktif, dan relevan masih menjadi tantangan bagi banyak institusi pendidikan.

6. Gangguan Konsentrasi dan Disiplin Belajar

Penggunaan perangkat digital seringkali membawa distraksi, seperti media sosial atau hiburan. Hal ini dapat mengurangi fokus siswa dan menurunkan efektivitas pembelajaran.

7. Masalah Keamanan dan Privasi Data

Pemanfaatan teknologi dalam pendidikan meningkatkan risiko kebocoran data pribadi, peretasan, dan penyalahgunaan informasi. Oleh karena itu, keamanan siber menjadi isu penting dalam pendidikan digital.

8. Ketergantungan pada Teknologi

Ketergantungan yang berlebihan terhadap teknologi dapat mengurangi kemampuan berpikir kritis dan interaksi langsung. Selain itu, jika terjadi gangguan teknis, proses pembelajaran dapat terhambat.

9. Keterbatasan Interaksi Sosial

Pembelajaran digital cenderung mengurangi interaksi tatap muka antara siswa dan guru, serta antar siswa. Hal ini dapat berdampak pada perkembangan keterampilan sosial dan emosional.

10. Dukungan Kebijakan dan Pendanaan

Transformasi digital memerlukan investasi besar dalam infrastruktur, pelatihan, dan pengembangan sistem. Tidak semua institusi atau pemerintah memiliki sumber daya yang cukup untuk mendukung perubahan ini secara optimal.

Tantangan dalam transformasi pendidikan digital sangat kompleks dan multidimensional. Untuk mengatasinya, diperlukan kerja sama antara pemerintah, institusi pendidikan, pendidik, serta masyarakat. Dengan strategi yang tepat, tantangan-tantangan tersebut dapat diatasi sehingga transformasi pendidikan digital dapat berjalan secara efektif, inklusif, dan berkelanjutan.

4.10 Peran Pendidik dalam Transformasi Digital

Transformasi digital dalam pendidikan telah membawa perubahan mendasar terhadap peran pendidik dalam proses pembelajaran. Jika pada masa sebelumnya pendidik lebih berperan sebagai sumber utama pengetahuan, maka di era digital peran tersebut berkembang menjadi lebih kompleks dan dinamis. Pendidik kini dituntut tidak hanya menguasai materi ajar, tetapi juga mampu mengintegrasikan teknologi secara efektif untuk menciptakan pengalaman belajar yang bermakna.

Dalam konteks ini, pendidik berperan sebagai fasilitator yang membantu peserta didik dalam mengakses, memahami, dan mengelola informasi yang tersedia secara luas di dunia digital. Informasi tidak lagi terbatas pada buku teks atau penjelasan di kelas, melainkan tersebar dalam berbagai bentuk dan media. Oleh karena itu, pendidik memiliki tanggung jawab untuk membimbing peserta didik agar mampu memilih sumber yang kredibel serta menggunakannya secara tepat.

Selain itu, pendidik juga berperan sebagai perancang pembelajaran yang inovatif. Mereka harus mampu merancang strategi, metode, dan media pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik peserta didik di era digital. Penggunaan video pembelajaran, platform daring, simulasi interaktif, hingga pendekatan seperti flipped classroom dan pembelajaran berbasis proyek menjadi bagian dari upaya menciptakan pembelajaran yang

menarik dan efektif. Kreativitas pendidik menjadi faktor penting dalam menentukan keberhasilan proses ini.

Peran lain yang tidak kalah penting adalah sebagai motivator dan pembimbing. Dalam pembelajaran digital, peserta didik sering dihadapkan pada berbagai tantangan seperti kurangnya disiplin, distraksi teknologi, serta minimnya interaksi langsung. Pendidik hadir untuk memberikan dorongan, arahan, dan dukungan agar peserta didik tetap termotivasi dan mampu mencapai tujuan pembelajaran. Hubungan yang baik antara pendidik dan peserta didik tetap menjadi kunci keberhasilan, meskipun interaksi dilakukan secara virtual.

Transformasi digital juga menempatkan pendidik sebagai agen perubahan dalam dunia pendidikan. Pendidik menjadi contoh dalam pemanfaatan teknologi secara positif dan mendorong lingkungan pendidikan untuk lebih terbuka terhadap inovasi. Kemampuan untuk terus belajar dan beradaptasi menjadi sangat penting agar pendidik tidak tertinggal dalam perkembangan zaman.

Dengan demikian, peran pendidik dalam transformasi digital tidak hanya sebatas pengguna teknologi, tetapi juga sebagai penggerak utama dalam menciptakan sistem pembelajaran yang inovatif, adaptif, dan berpusat pada peserta didik. Melalui peran yang optimal, pendidik dapat memastikan bahwa teknologi benar-benar memberikan nilai tambah dalam meningkatkan kualitas pendidikan.

4.11 Peran Peserta Didik

Transformasi pendidikan digital telah mengubah posisi peserta didik dari yang sebelumnya cenderung pasif menjadi aktor utama dalam proses pembelajaran. Di tengah kemajuan teknologi yang pesat, peserta didik tidak lagi sekadar menerima informasi dari guru, melainkan dituntut untuk aktif mencari, memahami, dan mengolah informasi secara mandiri. Perubahan

ini menandai lahirnya paradigma baru dalam pendidikan, di mana peserta didik menjadi pusat dari seluruh aktivitas pembelajaran.

Dalam lingkungan digital, peserta didik memiliki akses yang sangat luas terhadap berbagai sumber belajar. Internet menyediakan beragam informasi, mulai dari buku elektronik, video pembelajaran, hingga kursus daring dari berbagai institusi dunia. Kondisi ini memberikan peluang besar bagi peserta didik untuk memperluas wawasan dan memperdalam pengetahuan di luar materi yang diajarkan di kelas. Namun, di sisi lain, hal ini juga menuntut kemampuan literasi digital yang baik agar mereka mampu memilah informasi yang valid dan relevan.

Peran peserta didik juga terlihat dalam kemampuannya untuk belajar secara mandiri. Transformasi digital mendorong terbentuknya pembelajar yang tidak bergantung sepenuhnya pada kehadiran guru. Peserta didik harus mampu mengatur waktu belajar, menetapkan tujuan, serta mengevaluasi hasil belajarnya sendiri. Kemandirian ini menjadi kunci penting dalam menghadapi sistem pembelajaran yang semakin fleksibel dan berbasis teknologi.

Selain itu, peserta didik berperan sebagai kolaborator dalam proses pembelajaran. Teknologi memungkinkan mereka untuk bekerja sama dengan teman sekelas maupun dengan peserta didik dari berbagai daerah bahkan negara. Melalui diskusi daring, kerja kelompok virtual, dan proyek kolaboratif, peserta didik belajar untuk berkomunikasi secara efektif, menghargai pendapat orang lain, serta menyelesaikan masalah secara bersama-sama.

Tidak hanya sebagai konsumen informasi, peserta didik dalam transformasi pendidikan digital juga berperan sebagai kreator. Mereka didorong untuk menghasilkan karya digital seperti presentasi interaktif, video edukatif, atau tulisan ilmiah. Proses ini tidak hanya meningkatkan pemahaman terhadap materi, tetapi juga mengembangkan kreativitas dan kemampuan komunikasi.

Dengan demikian, dalam transformasi pendidikan digital, peserta didik tidak lagi menjadi objek pembelajaran, melainkan subjek yang aktif, mandiri, dan bertanggung jawab. Peran ini menuntut kesiapan dalam hal keterampilan, sikap, dan pengetahuan agar dapat memanfaatkan teknologi secara optimal. Jika peran ini dijalankan dengan baik, peserta didik akan mampu berkembang menjadi individu yang adaptif, kreatif, dan siap menghadapi tantangan masa depan.

4.12 Masa Depan Transformasi Pendidikan Digital

Masa depan transformasi pendidikan digital akan ditandai oleh perubahan yang semakin cepat, luas, dan mendalam seiring dengan perkembangan teknologi global. Pendidikan tidak lagi dipahami sebagai proses yang terbatas pada ruang kelas formal, tetapi sebagai ekosistem pembelajaran yang terbuka, fleksibel, dan berkelanjutan sepanjang hayat.

Ke depan, integrasi teknologi canggih seperti kecerdasan buatan (Artificial Intelligence), big data, dan *Internet of Things* akan semakin memperkuat sistem pendidikan. Pembelajaran akan menjadi lebih personalized, di mana setiap peserta didik mendapatkan pengalaman belajar yang disesuaikan dengan kemampuan, minat, dan gaya belajar masing-masing. Sistem akan mampu menganalisis data belajar secara real-time dan memberikan rekomendasi materi maupun strategi belajar yang paling efektif.

Selain itu, konsep pembelajaran tanpa batas (borderless learning) akan semakin berkembang. Peserta didik dapat mengakses pendidikan dari berbagai institusi di seluruh dunia tanpa harus berpindah tempat. Kolaborasi lintas negara akan menjadi hal yang biasa, memungkinkan pertukaran pengetahuan dan budaya secara lebih luas. Hal ini akan menciptakan generasi global yang memiliki wawasan internasional dan kemampuan adaptasi tinggi.

Perkembangan teknologi seperti *Virtual Reality* (VR) dan *Augmented Reality* (AR) juga akan membawa perubahan besar dalam metode pembelajaran. Materi yang sebelumnya bersifat abstrak dapat divisualisasikan secara nyata dan interaktif, sehingga meningkatkan pemahaman dan pengalaman belajar. Misalnya, siswa dapat “mengunjungi” tempat bersejarah atau melakukan simulasi laboratorium secara virtual.

Di sisi lain, peran pendidik akan semakin bergeser menjadi mentor, fasilitator, dan pembimbing dalam proses belajar. Guru tidak lagi menjadi satu-satunya sumber informasi, tetapi berperan dalam membantu peserta didik menavigasi informasi yang sangat luas di dunia digital. Kompetensi pedagogik dan literasi digital akan menjadi kemampuan wajib bagi setiap pendidik di masa depan.

Namun, masa depan transformasi pendidikan digital juga menghadirkan tantangan yang perlu diantisipasi. Kesenjangan akses teknologi masih menjadi isu utama, terutama di wilayah yang belum memiliki infrastruktur memadai. Selain itu, aspek etika, keamanan data, dan kesehatan mental akibat penggunaan teknologi juga perlu mendapatkan perhatian serius.

Dengan demikian, masa depan transformasi pendidikan digital tidak hanya tentang kemajuan teknologi, tetapi juga tentang bagaimana manusia mampu mengelola teknologi tersebut secara bijak dan inklusif. Jika dikelola dengan baik, transformasi ini akan menciptakan sistem pendidikan yang lebih adil, adaptif, dan mampu menghasilkan sumber daya manusia yang siap menghadapi tantangan global di era digital.

Bab 5

Literasi Digital dan Literasi AI

5.1 Literasi Digital

Literasi digital atau digital literacy menurut UNESCO, didefinisikan sebagai “...the ability to access, manage, understand, integrate, communicate, evaluate and create information safely and appropriately through digital technologies....” (UNESCO UIS, 2018). Hal tersebut merujuk pada pada kecakapan memanfaatkan teknologi untuk mengakses, mengelola, serta memahami informasi secara tepat. Kata “tepat” bermakna individu mampu menilai kualitas informasi, lalu menyampaikan atau menciptakan konten secara aman dan bertanggung jawab. Urgensi dari keterampilan tersebut untuk mendukung aktivitas kerja, peluang usaha, serta kesiapan menghadapi tuntutan era digital.

Literasi digital oleh Wibowo (2024) diartikan sebagai ajang pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi (ICT) untuk mencari, menilai, lalu menggunakan informasi dengan bijak. Keterampilan ini terbentuk melalui aktivitas sosial melalui interaksi pengguna di forum digital, misalnya diskusi dalam forum, sharing informasi di media sosial, ataupun bekerja sama lewat

platform online (Wibowo, 2024). Selain itu, literasi digital berkaitan dengan penggunaan simbol yakni cara penyampaian informasi melalui teks, gambar, video, emoji, atau tanda lainnya dalam ruang digital. Keseluruhan simbol tersebut mengandung makna tertentu sehingga perlu dimaknai secara mendalam sehingga misinformasi dapat dihindari.

Tujuan literasi digital dapat dipahami melalui 5 aspek utama. Pertama, literasi digital membantu individu memilah informasi agar mampu membedakan fakta dan opini serta menilai kredibilitas sumber. Kedua, literasi digital membentuk perilaku bertanggung jawab saat beraktivitas di ruang digital, misalnya menghindari membagikan data pribadi sembarangan. Ketiga, literasi digital meningkatkan produktivitas sekaligus membuka peluang karir. Keempat, literasi digital memudahkan akses terhadap berbagai layanan mencakup bidang pendidikan, kesehatan, perbankan, serta layanan publik. Kelima, literasi digital menumbuhkan kemampuan adaptasi terhadap perkembangan teknologi dan alat digital (Rahmadani *et al.*, 2024; Simarmata, Sondakh, *et al.*, 2024).

Literasi digital di Indonesia dirumuskan melalui empat pilar utama oleh Kementerian Komunikasi dan Informatika dalam Peta Jalan Literasi Digital 2021-2024. Kerangka ini disusun untuk membentuk masyarakat Indonesia agar mampu menggunakan teknologi secara cerdas, aman, bertanggung jawab, serta beretika (Kominfo RI, 2021). Empat pilar tersebut menjadi fondasi dalam penguatan literasi digital di berbagai sektor kehidupan.

Pilar pertama, kecakapan digital atau digital skills, yakni kemampuan individu mengenali, memahami, serta menggunakan software, hardware, dan sistem operasi digital. Cakupan kompetensi meliputi pengoperasian komputer atau smartphone, pemanfaatan search engine, hingga penggunaan berbagai aplikasi secara efektif dan produktif untuk mendukung aktivitas belajar. Pilar kedua, etika digital atau digital ethics, yakni menekankan kesadaran pengaturan perilaku saat berinteraksi di ruang digital. Praktik etika mencakup sikap sopan, penghargaan terhadap privasi, serta tanggung jawab dalam menyebarkan informasi guna menghindari hoaks.

Pilar ketiga, keamanan digital atau digital safety, yakni kemampuan melindungi diri serta aset digital dari berbagai ancaman siber. Pemahaman tersebut mencakup perlindungan data pribadi, pengenalan risiko meliputi phishing, malware, penipuan daring, serta penerapan langkah pencegahan agar informasi sensitif tetap aman. Pilar keempat, budaya digital atau digital culture, yakni kemampuan membangun wawasan kebangsaan melalui aktivitas digital. Nilai Pancasila dan Bhinneka Tunggal Ika tetap dijunjung dalam interaksi, sehingga tercipta sikap saling menghargai serta harmoni di tengah keberagaman.

Gambaran literasi digital Indonesia dapat dianalogikan secara sederhana. Data Komdigi menunjukkan bahwa hanya 7 dari 100 orang yang memiliki kemampuan literasi digital memadai. Angka tersebut merujuk pada capaian 6,84% dari total populasi 278,69 juta jiwa. Peningkatan terlihat melalui jumlah peserta program literasi digital, mulai sekitar 213 ribu orang pada 2020 lalu melonjak hingga lebih dari 12 juta pada 2021, kemudian berada di kisaran hampir 6 juta 2023.



Gambar 5.1: Empat Pilar Literasi Digital (Sumber: Kominfo, Siberkreasi)

Kualitas literasi digital juga menunjukkan perbaikan bertahap, tercermin melalui indeks nasional 3,49 pada 2021 menjadi 3,54 pada 2022 dalam skala 1 - 5. Aspek digital ethics dan digital skills sudah mendekati angka 3,5 hingga 3,6 sehingga mencerminkan kemampuan cukup kuat. Aspek digital safety masih berada di sekitar 3,1 sehingga memerlukan perhatian lebih, sedangkan digital culture sedikit menurun dari 3,90 ke 3,84. Gambaran ini menunjukkan perkembangan positif, meskipun pemerataan kemampuan serta penguatan pada beberapa aspek masih perlu ditingkatkan.

5.2 Literasi AI (Kecerdasan Buatan)

Literasi AI (artificial intelligence) atau kecerdasan buatan dipahami sebagai seperangkat kompetensi penting untuk menilai teknologi kecerdasan buatan secara kritis, sekaligus mampu berkomunikasi serta berkolaborasi secara efektif dengan sistem tersebut. Pemanfaatan AI tidak hanya terbatas pada lingkungan kerja, tetapi juga hadir dalam aktivitas sehari-hari di rumah (Zhao, Cox and Cai, 2024). Perbedaan utama dibanding literasi digital terletak pada fokus pemahaman terhadap cara kerja sistem cerdas. Literasi AI menuntut pemahaman tentang proses pengolahan data, pola pengambilan keputusan, serta logika dasar cara mesin menghasilkan output.

Cakupan literasi AI mencakup beberapa kemampuan utama. Pemahaman terhadap prinsip dasar serta penerapan AI dalam kehidupan sehari-hari menjadi langkah awal penting. Interaksi dengan sistem AI perlu dilakukan secara bertanggung jawab agar hasil penggunaan tetap relevan dan tidak menimbulkan kesalahan interpretasi (Pulk and Koris, 2025). Kesadaran terhadap implikasi etis, sosial, serta isu privasi juga menjadi bagian krusial, mengingat penggunaan AI dapat memengaruhi keputusan, perilaku, serta keamanan data.

Kerangka kerja literasi AI banyak mengacu pada model yang dikembangkan oleh Long dan Magerko (2020) dengan lima dimensi utama sebagai dasar pemahaman. Dimensi pertama berkaitan dengan pengenalan

AI, mencakup kemampuan mengenali teknologi berbasis AI serta memahami perbedaan antara General AI dan Narrow AI. Dimensi kedua menyoroti kemampuan memahami apa saja masalah yang bisa diselesaikan dengan AI serta membayangkan penerapannya di masa depan. Dimensi ketiga berfokus pada cara kerja AI, termasuk bagaimana sistem memproses data, menyusun pengetahuan, dan menghasilkan keputusan (Long and Magerko, 2020).

Dimensi keempat berkaitan dengan penggunaan AI secara bertanggung jawab melalui pemahaman aspek etika seperti keadilan, transparansi, akuntabilitas, serta upaya mengurangi bias. Dimensi kelima membahas persepsi manusia terhadap AI, termasuk bagaimana individu berinteraksi serta merespons kehadiran teknologi tersebut dalam kehidupan sosial. Selain itu, literasi AI juga diperkuat melalui konsep Four Cs, meliputi Concepts sebagai pemahaman dasar data; Context untuk memahami kekuatan serta keterbatasan AI. Selanjutnya, Capability sebagai kemampuan penerapan, serta Creativity untuk menemukan cara baru dalam memanfaatkan teknologi AI (MacCallum, Parsons and Mohaghegh, 2023).

Gambaran literasi AI secara global dapat dianalogikan sebagai kondisi penuh potensi, namun belum merata. Data menunjukkan hanya sekitar 16 dari 100 orang merasa sangat familiar dengan AI, sementara 25 orang justru merasa sangat tidak familiar (Singh Sidhu et al., 2024). Persepsi terhadap dampak AI cukup tinggi, terlihat dari 66 dari 100 orang percaya teknologi ini akan mengubah kehidupan dalam 3-5 tahun ke depan, meningkat dari 60 pada tahun sebelumnya (Maslej et al., 2024).

Gambaran di Indonesia menunjukkan situasi berkembang namun belum optimal. Indeks literasi digital berada pada angka 3,54 dari skala 5 atau kategori menengah (Shidarta and Martinelli, 2023). Kondisi ini belum sepenuhnya mencerminkan literasi AI, karena hasil riset menunjukkan tingkat literasi AI pada peserta didik masih tergolong rendah (Cendana *et al.*, 2024; Simarmata, Salamun, *et al.*, 2024).

5.3 Strategi Pengembangan Literasi Digital dan Literasi AI

Pengembangan literasi digital dan AI membutuhkan strategi terarah agar tidak berhenti pada pemahaman konsep semata. Pendekatan yang digunakan perlu mampu menjawab kebutuhan pembelajaran, kesiapan pendidik, serta ranah sosial peserta didik.

Terdapat 4 strategi utama yang dapat diterapkan, yaitu:

1. Integrasi dalam kurikulum,
2. Pendekatan berbasis kompetensi,
3. Pengembangan kompetensi guru,
4. Pembelajaran berbasis kearifan lokal. Berikut penjelasan setiap strategi tersebut.

5.3.1 Integrasi dalam Kurikulum melalui Pendekatan Interdisipliner dan Berjenjang

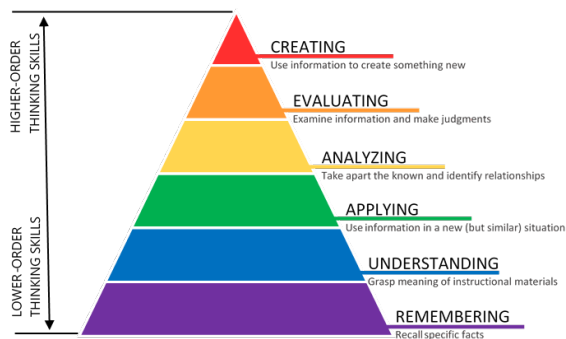
Integrasi literasi AI dalam kurikulum perlu dirancang secara menyeluruh agar selaras dengan kebutuhan pembelajaran masa kini. Pendekatan ini menekankan penguasaan teknologi, mendorong pemahaman lintas disiplin, dan pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Struktur kurikulum perlu disusun secara bertahap agar peserta didik dapat memahami konsep dasar hingga penerapan lanjutan secara berkelanjutan. Terdapat 3 sub-strategi yang dapat diaplikasikan, yaitu:

Pertama, integrasi AI ke dalam kurikulum. Strategi tidak dapat diposisikan sebagai materi tambahan, melainkan perlu terhubung langsung dengan struktur pembelajaran utama. Setiap mata pelajaran dapat memanfaatkan AI sesuai konteks masing-masing bidang. Mata pelajaran bahasa dapat menggunakan AI untuk analisis teks atau pembuatan ringkasan. Mata pelajaran sains dapat memanfaatkan AI untuk simulasi atau analisis data.

Pendekatan ini membuat AI menjadi bagian alami dalam proses belajar, bukan sekadar topik terpisah.

Kedua, skema literasi bertingkat (tiered scheme) membantu memastikan semua peserta didik memiliki dasar pemahaman AI. Implementasi skema tahap awal dapat difokuskan pada pengenalan konsep sederhana yaitu cara kerja AI dalam aplikasi sehari-hari. Tahap lanjutan dapat mengarah pada pemrograman, analisis data, atau pengembangan model sederhana. Contoh konkret terlihat pada siswa sekolah yang mengenal AI melalui chatbot, lalu di tingkat lanjut mulai membuat proyek sederhana berbasis machine learning.

Ketiga, pengembangan berbasis masalah yakni mengarahkan pembelajaran pada situasi nyata agar kemampuan berpikir tingkat tinggi (high order thinking skill) dapat berkembang (Wu, Sarwono and Huang, 2025). Peserta didik diberi tugas untuk menyelesaikan masalah sesuai bidang masing-masing. Pendekatan ini membuat pembelajaran lebih aktif, relevan, serta mendorong kreativitas.



Gambar 5.2: HOTS Domain berdasarkan Taksonomi Bloom (Resilient Educator, 2023)

5.3.2 Pendekatan Berbasis Kompetensi dalam Literasi

Pendekatan berbasis kompetensi menempatkan literasi AI sebagai penguasaan konsep, kemampuan praktis, dan reflektif dalam penggunaan

teknologi. Pembelajaran diarahkan untuk membangun kepercayaan diri bagi peserta didik sekaligus pola pikir kritis saat berinteraksi dengan AI. Pendekatan ini membantu peserta didik memahami cara kerja teknologi, mampu menilai, menggunakan, serta mengambil keputusan secara bijak. Terdapat tiga sub-strategi yang dapat diterapkan, yaitu:

Kerangka kompetensi komprehensif. Pengembangan kompetensi perlu mencakup pemahaman algoritma, kemampuan pemecahan masalah, serta kesiapan karier sesuai jenjang pendidikan (Chee, Ahn and Lee, 2025). Tingkat sekolah dasar hingga menengah dapat difokuskan pada pengenalan konsep dan logika sederhana. Tingkat pendidikan tinggi dapat diarahkan pada analisis data, pengembangan model, serta penerapan dalam bidang tertentu. Contoh terlihat pada mahasiswa bidang STEM yang mempelajari machine learning untuk riset, sementara siswa sekolah memanfaatkan AI untuk memahami pola sederhana dalam data.

Kemampuan evaluasi dan refleksi. Peserta didik perlu dilatih untuk mengenali kesalahan sistem serta potensi bias dalam algoritma. Kemampuan ini mencakup evaluasi hasil keluaran AI dan pertimbangan dampak etis dari penggunaan teknologi. Contoh dapat dilihat saat peserta didik menguji hasil rekomendasi AI, lalu membandingkan dengan sumber lain untuk memastikan akurasi dan keadilan informasi.

Kepercayaan diri digital. Penguatan efikasi diri (self efficacy) menjadi bagian penting agar individu merasa mampu menggunakan AI secara strategis (Ren, Stephens and Lee, 2026). Rasa percaya diri ini mendorong keberanian untuk mencoba, mengeksplorasi, serta mengintegrasikan AI dalam berbagai aktivitas. Contoh sederhana terlihat saat peserta didik menggunakan AI untuk membantu menyusun ide proyek atau menyelesaikan tugas, lalu mengembangkan hasil tersebut secara mandiri.

5.3.3 Pengembangan Kompetensi Guru

Keberhasilan integrasi AI dalam pendidikan sangat bergantung pada kesiapan guru sebagai pelaksana utama di kelas. Peran guru tidak lagi terbatas sebagai penyampai materi, melainkan juga sebagai fasilitator dan

pengarah dalam penggunaan teknologi (Wardhana, 2025). Program pelatihan perlu dirancang agar guru mampu memahami, menggunakan, serta mengintegrasikan AI secara tepat dalam pembelajaran. Terdapat tiga sub-strategi yang dapat diterapkan, yaitu:

Prinsip desain transformatif. Pelatihan guru perlu mengutamakan pengalaman langsung agar proses belajar terasa nyata dan relevan. Guru diajak mencoba berbagai tools AI, lalu mengeksplorasi cara pemanfaatan dalam pembelajaran. Pendekatan ini mendorong peran guru sebagai ko-kreator, bukan sekadar pengguna teknologi. Contoh dapat dilihat saat guru merancang materi ajar dengan bantuan AI, lalu menyesuaikan konten sesuai kebutuhan siswa.

Instruksi berbasis konsep. Pelatihan tidak perlu terlalu kompleks, namun perlu fokus pada pemahaman konsep dasar AI. Pemahaman ini membantu guru membangun sikap positif serta rasa percaya diri dalam menggunakan teknologi. Contoh terlihat saat guru memahami cara kerja sederhana AI, lalu mampu menjelaskan kepada siswa tanpa harus menguasai aspek teknis secara mendalam.

Integrasi dalam program persiapan guru. Lembaga pendidikan perlu memasukkan literasi AI dalam kurikulum pelatihan calon guru. Materi tidak hanya membahas penggunaan AI, tetapi juga strategi mengajarkan konsep AI di kelas. Contoh dapat dilihat pada program pendidikan guru yang melatih calon pendidik untuk merancang pembelajaran berbasis AI sekaligus membimbing siswa memahami teknologi tersebut secara kritis.

5.3.4 Pembelajaran Berbasis Kearifan Lokal

Pembelajaran literasi AI perlu disesuaikan dengan kondisi nyata peserta didik agar mudah dipahami dan diterapkan. Pendekatan kontekstual membantu mengaitkan teknologi dengan kehidupan sehari-hari sehingga pembelajaran terasa relevan dan tidak abstrak. Penyesuaian ini penting terutama untuk wilayah dengan karakter sosial dan budaya tertentu. Terdapat dua sub-strategi yang dapat diterapkan, yaitu:

Berpikir adaptif secara budaya. Materi AI perlu disesuaikan dengan nilai serta kearifan lokal agar lebih mudah diterima. Pendekatan ini membantu mengurangi rasa takut atau penolakan terhadap teknologi baru. Contoh dapat dilihat pada penggunaan ilustrasi berbasis aktivitas lokal. Misalnya, perdagangan tradisional atau kegiatan pertanian sehingga konsep AI terasa lebih dekat dengan kehidupan peserta didik.

Pembelajaran berbasis pengalaman lokal. Penggunaan data dan permasalahan nyata di lingkungan sekitar membantu meningkatkan pemahaman serta keterampilan analisis. Peserta didik dapat diajak mengolah data lokal, contoh implementasi pola penjualan di pasar atau kondisi lingkungan sekitar. Pendekatan ini membuat pembelajaran lebih bermakna serta mendorong kemampuan pengambilan keputusan berbasis data.

5.4 Peran Peserta Didik dalam Ekosistem Digital dan AI

Perkembangan teknologi digital dan kecerdasan buatan mendorong perubahan peran peserta didik dalam proses pembelajaran. Peserta didik tidak lagi hanya sebagai penerima informasi, tetapi menjadi individu aktif dalam memanfaatkan teknologi secara kritis dan produktif. Literasi digital dan literasi AI memberikan bekal agar peserta didik mampu berpartisipasi, beradaptasi, serta berkontribusi secara bertanggung jawab di ruang digital.

5.4.1 Transformasi Peserta Didik menjadi Kreator Teknologi (From Consumer to Creator)

Perubahan peran menuju kreator menjadi bagian penting dalam literasi digital dan AI. Peserta didik tidak hanya menggunakan teknologi untuk mengakses informasi. Peserta didik juga mampu menghasilkan konten serta solusi berbasis teknologi. Literasi digital mendorong kemampuan membuat konten, mengelola informasi, serta berkomunikasi secara efektif. Literasi AI

membantu memahami cara kerja sistem dan memanfaatkannya dalam proses kreatif. Selanjutnya, pendekatan co-design memberi ruang bagi peserta didik untuk terlibat langsung dalam perancangan solusi digital. Proses ini membantu memahami logika dasar teknologi sekaligus melatih berpikir kritis. Contoh dapat dilihat saat peserta didik membuat media pembelajaran digital atau merancang solusi sederhana berbasis AI untuk kebutuhan belajar.

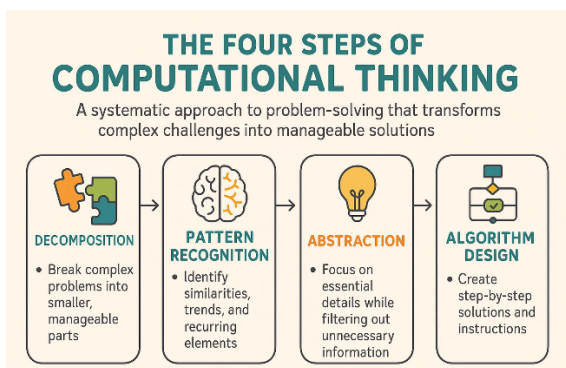
Perkembangan AI generatif memperluas peran peserta didik dalam proses kreatif. Peserta didik dapat menghasilkan konten, mengarahkan ide, lalu menyunting hasil teknologi. Kemampuan menyusun instruksi atau prompt menjadi keterampilan penting dalam literasi AI (Pulk & Koris, 2025). Contoh terlihat saat peserta didik membuat draft tulisan menggunakan AI lalu memperbaiki isi agar sesuai konteks. Peran sebagai kreator juga mendorong inovasi berbasis kebutuhan lokal. Peserta didik dapat memanfaatkan teknologi digital dan AI untuk menyelesaikan masalah di lingkungan sekitar. Contoh konkret meliputi pembuatan konten digital untuk promosi produk lokal atau penggunaan AI untuk membantu analisis sederhana dalam bidang tertentu. Pendekatan ini membuat pembelajaran lebih relevan serta berdampak langsung pada kehidupan sehari-hari.

5.4.2 Critical Thinking dan Computational Thinking

Kemampuan berpikir tingkat tinggi (high order thinking skill) menjadi bekal utama bagi peserta didik untuk memahami dan menggunakan teknologi secara tepat. Ekosistem digital menuntut kemampuan teknis, menganalisis, mengevaluasi, serta mengambil keputusan secara rasional. Literasi digital dan literasi AI menempatkan critical thinking dan computational thinking sebagai fondasi penting dalam menghadapi kompleksitas teknologi saat ini.

Berpikir komputasional atau computational thinking (CT) membantu peserta didik memahami cara kerja sistem AI secara logis. Wu et al., (2025) mendefinisikan CT sebagai proses yang mencakup pemecahan masalah menjadi bagian kecil, pengenalan pola, penyederhanaan konsep, serta

penyusunan langkah-langkah solusi. Kemampuan ini membuat teknologi tidak lagi terlihat sebagai sesuatu yang sulit dipahami (Wu et al., 2025). Peserta didik dapat melihat AI sebagai sistem terstruktur yang dapat dianalisis dan dikendalikan. Contoh sederhana terlihat saat peserta didik memecah masalah menjadi beberapa langkah sebelum menggunakan AI untuk mencari solusi.



Gambar 5.3: Empat Tahapan Computational Thinking (Structural Learning, 2026)

Pemikiran kritis atau critical thinking berperan sebagai alat untuk menilai hasil yang dihasilkan oleh teknologi (Lau, 2024). Peserta didik perlu membangun kebiasaan untuk tidak langsung menerima informasi tanpa proses evaluasi. Sikap ini membantu menghindari kepercayaan berlebihan terhadap AI. Contoh dapat dilihat saat peserta didik membandingkan hasil jawaban AI dengan sumber lain sebelum digunakan.

Kemampuan mendeteksi bias dan melakukan validasi juga menjadi bagian penting dalam literasi AI. Peserta didik perlu memahami bahwa sistem AI dapat menghasilkan output yang tidak selalu netral. Evaluasi terhadap data dan hasil menjadi langkah penting agar informasi tetap akurat dan adil. Keterampilan ini semakin urgent mengingat masih terdapat kesenjangan kemampuan dalam integrasi AI sekitar 25% pada tingkat global (Singh Sidhu et al., 2024).

5.4.3 Etika Penggunaan Teknologi dan Tanggung Jawab Sosial

Perkembangan teknologi digital dan AI membawa konsekuensi etis yang tidak dapat diabaikan. Peserta didik dituntut cakap secara teknis dan memiliki kesadaran moral dalam menggunakan teknologi. Literasi digital dan literasi AI menempatkan etika sebagai landasan agar penggunaan teknologi tetap bertanggung jawab serta memberikan dampak positif bagi masyarakat.

Integritas dan akuntabilitas menjadi prinsip utama dalam penggunaan teknologi. Zhang et. al., (2025) menekankan bahwa peserta didik perlu memahami bahwa AI hanya berfungsi sebagai alat bantu. Lebih lanjut, tanggung jawab atas keputusan dan hasil tetap berada pada manusia (Zhang et al., 2025). Contoh dapat dilihat saat peserta didik menggunakan AI untuk menyusun tugas, lalu tetap melakukan pengecekan dan memastikan isi sesuai fakta. Sikap ini penting untuk membangun karakter serta tanggung jawab dalam proses belajar.

Literasi etika global dan lokal juga perlu diperkuat untuk menjawab tantangan penggunaan AI secara bertanggung jawab. Data menunjukkan adanya kesenjangan kemampuan sekitar 26% pada aspek etika penggunaan AI (Singh Sidhu et al., 2024). Peserta didik perlu memahami prinsip keadilan, transparansi, serta perlindungan data pribadi dalam setiap aktivitas digital. Contoh terlihat saat peserta didik tidak menyebarkan informasi tanpa verifikasi serta menjaga kerahasiaan data saat menggunakan platform digital.

Kedaulatan data dan kebudayaan (data sovereignty and cultural identity) menjadi aspek penting dalam menjaga identitas lokal di tengah perkembangan teknologi. Peserta didik perlu memiliki kesadaran untuk melindungi data komunitas serta menghargai nilai budaya dalam penggunaan AI. Contoh dapat dilihat saat peserta didik menggunakan teknologi untuk mendokumentasikan budaya lokal atau bahasa daerah tanpa menghilangkan makna asli. Pendekatan ini membantu memastikan teknologi berfungsi sebagai alat penguat identitas, bukan pengganti budaya.

5.4.4 Adaptasi Peran dalam Kepemimpinan Digital

Perkembangan teknologi digital dan AI mengubah cara seseorang bekerja dalam tim dan organisasi. Peserta didik tidak hanya belajar sebagai pengguna teknologi, tetapi juga belajar menyesuaikan diri dalam peran sebagai anggota tim dan calon pemimpin. Literasi digital dan literasi AI membantu peserta didik memahami cara berkontribusi secara aktif serta bekerja sama dengan teknologi secara tepat.

Peran sebagai pengikut tidak lagi pasif. Peserta didik perlu bersikap aktif dengan memahami informasi berbasis data serta berani memberikan masukan. Kemampuan ini membuat kerja tim menjadi lebih efektif. Contoh sederhana terlihat saat peserta didik menggunakan data dari internet atau AI untuk mendukung pendapat dalam diskusi kelompok. Peran sebagai pemimpin juga mulai terbentuk sejak proses belajar.

Peserta didik perlu mampu memanfaatkan teknologi untuk membantu pengambilan keputusan. Kemampuan ini tidak hanya fokus pada hasil, tetapi juga mempertimbangkan dampak bagi orang lain. Contoh dapat dilihat saat peserta didik memimpin kerja kelompok dengan memanfaatkan AI untuk membagi tugas atau merancang solusi, lalu tetap memastikan semua anggota terlibat secara adil.

Bab 6

Infrastruktur Komputasi Awan untuk Pendidikan

6.1 Evolusi dan Dasar Infrastruktur Awan

6.1.1 Konsep Dasar Komputasi Awan

Komputasi awan merupakan paradigma teknologi yang memungkinkan akses konvergensi ke berbagai sumber daya komputasi, seperti server, penyimpanan data, dan aplikasi melalui internet secara on-demand. Konsep utamanya terletak pada abstraksi fisik, di mana pengguna tidak perlu lagi memiliki atau mengelola perangkat keras secara langsung di lokasi mereka. Model layanan ini biasanya menerapkan sistem pay-as-you-go, yang berarti biaya yang dikeluarkan hanya berdasarkan kapasitas yang benar-benar digunakan (Fu, Pan and Liu, 2025). Hal ini secara signifikan menghilangkan kebutuhan akan investasi awal yang besar untuk infrastruktur fisik atau capital expenditure (CapEx), sehingga meningkatkan efisiensi biaya dan operasional bagi berbagai skala organisasi.

Evolusi infrastruktur ini berakar dari konsep grid computing dan utility computing yang kemudian disempurnakan melalui teknologi virtualization. Melalui virtualization, satu perangkat fisik dapat dibagi menjadi beberapa virtual machines yang berjalan secara independen, sehingga mengoptimalkan utilitas perangkat keras yang ada. Dasar infrastruktur awan mencakup jaringan pusat data global yang saling terhubung untuk memastikan tingkat ketersediaan yang tinggi (high availability) dan ketahanan data (redundancy). Fleksibilitas ini memungkinkan sistem untuk melakukan pemekaran kapasitas atau scaling secara otomatis, baik secara horizontal maupun vertikal, guna menghadapi fluktuasi beban kerja yang dinamis (Purba, Pradipta, et al., 2026).

Dalam strukturnya, terdapat tiga model layanan utama yang sering disebut sebagai model SPI, yaitu Software as a Service (SaaS), Platform as a Service (PaaS), dan Infrastructure as a Service (IaaS). IaaS memberikan kontrol paling luas kepada pengguna atas sumber daya infrastruktur mentah seperti jaringan dan penyimpanan. Sementara itu, PaaS menyediakan lingkungan pengembangan yang sudah terkonfigurasi bagi para pengembang untuk membangun aplikasi tanpa harus memikirkan manajemen server di bawahnya. Di tingkat yang paling praktis bagi pengguna akhir, SaaS menawarkan aplikasi siap pakai yang dapat diakses langsung melalui peramban web, sehingga memudahkan kolaborasi tanpa perlu instalasi perangkat lunak lokal.

Selain model layanan, dasar komputasi awan juga mencakup model penerapan atau deployment models yang terdiri dari public cloud, private cloud, dan hybrid cloud. Public cloud menawarkan sumber daya yang dibagikan secara luas di internet, sedangkan private cloud dioperasikan secara eksklusif untuk satu organisasi guna memenuhi standar keamanan dan kepatuhan yang lebih ketat (Kaban, Ansya, et al., 2026).

Gabungan keduanya dalam strategi hybrid cloud memberikan keseimbangan optimal antara skalabilitas publik dan kontrol data sensitif pada infrastruktur pribadi. Karakteristik utama seperti akses jaringan yang luas (broad network access) dan elastisitas cepat (rapid elasticity)

memastikan bahwa sumber daya digital dapat diakses dan disesuaikan kapan saja dari berbagai perangkat di seluruh dunia.

6.1.2 Perbandingan Infrastruktur Fisik vs Infrastruktur Awan

Infrastruktur fisik tradisional mengharuskan organisasi untuk memiliki, mengelola, dan memelihara perangkat keras secara mandiri di lokasi mereka sendiri atau yang dikenal dengan istilah on-premise. Model ini melibatkan investasi awal yang sangat besar atau *Capital Expenditure* (CapEx) untuk pembelian server, rak, kabel, hingga sistem pendingin ruangan pusat data. Sebaliknya, infrastruktur awan mengalihkan beban kepemilikan tersebut kepada penyedia layanan, di mana pengguna cukup menyewa sumber daya virtual melalui internet (Tanniewa et al., 2025). Skema ini mengubah struktur biaya menjadi *Operating Expenditure* (OpEx) dengan sistem pay-as-you-go, sehingga organisasi hanya membayar kapasitas yang benar-benar mereka gunakan tanpa perlu mencemaskan penyusutan nilai aset fisik.

Perbedaan yang paling mencolok terletak pada aspek fleksibilitas dan scalability. Dalam infrastruktur fisik, jika terjadi lonjakan trafik, tim IT harus melakukan pengadaan perangkat keras baru secara manual, yang memakan waktu berminggu-minggu mulai dari pemesanan hingga deployment. Namun, infrastruktur awan menawarkan fitur rapid elasticity yang memungkinkan penambahan kapasitas secara instan.

Melalui mekanisme auto-scaling, sistem dapat secara otomatis menambah atau mengurangi sumber daya secara horizontal maupun vertikal sesuai dengan beban kerja yang ada. Hal ini memastikan efisiensi sumber daya karena tidak ada kapasitas yang terbuang percuma saat trafik sedang rendah (Irfan et al., 2026).

Dari sisi operasional dan pemeliharaan, infrastruktur fisik menuntut pengawasan penuh terhadap komponen mekanis dan kelistrikan guna menghindari downtime. Tanggung jawab pengelolaan sepenuhnya berada di tangan pemilik, termasuk pembaruan perangkat lunak tingkat rendah

dan keamanan fisik gedung. Pada ekosistem cloud, terdapat pembagian tanggung jawab yang jelas melalui shared responsibility model.

Penyedia layanan bertanggung jawab atas ketersediaan dan keamanan backend infrastruktur fisik, sementara pengguna dapat lebih fokus pada konfigurasi aplikasi dan manajemen data (Sharma et al., 2026). Hal ini memungkinkan inovasi berjalan lebih cepat karena hambatan teknis pada level perangkat keras telah ditangani oleh penyedia jasa secara profesional.

Aspek ketahanan data dan aksesibilitas juga menjadi pembeda utama antara kedua model ini. Infrastruktur fisik sering kali memiliki keterbatasan dalam hal redundancy kecuali jika organisasi membangun pusat data cadangan yang identik, yang tentu saja melipatgandakan biaya. Sementara itu, infrastruktur awan secara alami dirancang dengan tingkat high availability yang tinggi melalui penyebaran data di berbagai wilayah geografis yang berbeda.

Fitur disaster recovery menjadi lebih mudah diimplementasikan untuk menjamin kelangsungan bisnis (Arifah et al., 2025). Selain itu, aksesibilitas berbasis jaringan luas (broad network access) memungkinkan pengembang dan pengguna untuk mengelola infrastruktur dari mana saja di seluruh dunia, berbeda dengan sistem fisik yang sering kali terbatas pada akses jaringan lokal yang kaku.

6.1.3 Komponen Utama Ekosistem Digital Pendidikan

Ekosistem digital pendidikan saat ini sangat bergantung pada fleksibilitas teknologi cloud untuk menciptakan lingkungan belajar yang terintegrasi dan berkelanjutan. Sinergi antara perangkat keras virtual dan aplikasi cerdas memungkinkan proses instruksional berlangsung lebih dinamis serta inklusif bagi seluruh peserta didik.

1. Infrastruktur dan Komputasi

Infrastruktur dasar ini mencakup pusat data virtual yang menyediakan ruang penyimpanan serta kekuatan pemrosesan melalui model *Infrastructure as a Service* (IaaS). Fasilitas ini

memastikan platform pendidikan memiliki tingkat ketersediaan yang tinggi (high availability) agar dapat diakses oleh ribuan pengguna secara serentak tanpa kendala teknis.

2. Platform Manajemen Pembelajaran

Learning Management System (LMS) berfungsi sebagai pusat kendali di mana pendidik dan siswa berinteraksi serta mengelola materi pelajaran secara daring. Sistem ini sering kali memanfaatkan model *Software as a Service* (SaaS) untuk menyajikan pengalaman belajar yang personal dan adaptif bagi setiap individu.

3. Konten Digital dan Media Interaktif

Komponen ini meliputi seluruh bahan ajar digital seperti e-book, video instruksional, hingga modul simulasi yang tersimpan secara aman dalam repositori cloud. Penggunaan *Open Educational Resources* (OER) memungkinkan distribusi materi yang lebih luas dan pembaruan konten secara real-time untuk menjaga relevansi kurikulum.

4. Keamanan dan Manajemen Identitas

Perlindungan data pribadi peserta didik dikelola melalui sistem *Identity and Access Management* (IAM) yang ketat untuk mencegah kebocoran informasi sensitif. Integrasi standar keamanan tingkat tinggi pada infrastruktur awan menjamin bahwa seluruh ekosistem tetap tepercaya dan mematuhi regulasi privasi data yang berlaku.

6.1.4 Peran Strategis Awan dalam Pedagogi Modern

Teknologi awan telah mentransformasi ruang kelas tradisional menjadi ekosistem digital yang dinamis dan berpusat pada peserta didik. Integrasi infrastruktur ini memungkinkan praktik pedagogi beralih dari metode

konvensional menuju pendekatan yang lebih kolaboratif, personal, dan berbasis data.

1. Aksesibilitas universal memastikan seluruh materi ajar dapat dijangkau dari berbagai perangkat melalui prinsip anywhere, anytime learning.
2. Fitur kolaborasi real-time pada platform awan memfasilitasi kerja kelompok yang lebih aktif tanpa terhambat oleh batasan jarak fisik antara pengajar dan siswa.
3. Penggunaan layanan cloud-native memungkinkan penyajian materi yang adaptif dan disesuaikan secara otomatis dengan kecepatan belajar individu melalui personalized learning path.
4. Efisiensi operasional dicapai dengan mengganti laboratorium komputer fisik yang mahal menggunakan infrastruktur virtual lab yang jauh lebih fleksibel dan terjangkau.
5. Pemanfaatan big data analytics di awan membantu pendidik memantau perkembangan kompetensi siswa secara akurat melalui dasbor penilaian yang terintegrasi.
6. Keberlanjutan rekam jejak akademik didukung oleh penyimpanan terpusat yang memudahkan pengelolaan portofolio digital atau e-portfolio secara jangka panjang.

6.2 Model Layanan dan Deployment Awan

6.2.1 Penerapan SaaS, PaaS, dan IaaS di Sekolah

Implementasi Infrastructure as a Service (IaaS) di lingkungan sekolah berperan sebagai fondasi digital yang menyediakan sumber daya komputasi

mentah. Melalui model ini, sekolah tidak lagi perlu mengelola server fisik secara mandiri di laboratorium komputer, melainkan menyewa virtual machine, storage, dan networking dari penyedia layanan. Penggunaan IaaS memungkinkan administrator TI sekolah untuk melakukan hosting pada sistem informasi akademik atau situs web sekolah dengan skalabilitas tinggi, sehingga kapasitas penyimpanan data siswa dapat ditingkatkan sewaktu-waktu tanpa harus membeli perangkat keras baru yang mahal (Mas'ud et al., 2025).

Platform as a Service (PaaS) menawarkan lingkungan pengembangan yang sangat berguna bagi kurikulum teknologi informasi dan komunikasi. Dalam model ini, penyedia layanan menyediakan framework, middleware, dan runtime environment yang memungkinkan siswa maupun guru untuk membangun, menguji, dan menjalankan aplikasi tanpa kerumitan mengelola sistem operasi atau infrastruktur di bawahnya. Sebagai contoh, dalam kelas pemrograman, siswa dapat langsung fokus menulis kode pada platform tertentu, sehingga proses pembelajaran menjadi lebih efisien karena hambatan teknis terkait instalasi perangkat lunak di setiap komputer laboratorium dapat diminimalisir.

Pada tingkat yang paling dekat dengan pengguna akhir, *Software as a Service* (SaaS) menjadi model yang paling luas diterapkan di sekolah-sekolah modern. Layanan seperti Google Workspace for Education, Microsoft 365, serta berbagai *Learning Management System* (LMS) berbasis cloud adalah contoh nyata di mana sekolah menggunakan aplikasi siap pakai melalui web browser. Keunggulan utama SaaS terletak pada kemudahan aksesibilitas dan kolaborasi real-time, di mana guru dapat memberikan tugas dan siswa dapat mengumpulkan karya mereka dari perangkat mana pun selama terhubung dengan internet, sementara seluruh proses pembaruan perangkat lunak dikelola sepenuhnya oleh vendor.

Seluruh layanan tersebut diintegrasikan melalui berbagai deployment models yang disesuaikan dengan kebutuhan privasi sekolah. Sebagian besar sekolah memanfaatkan Public Cloud untuk layanan SaaS karena efisiensi biaya, namun untuk data sensitif seperti catatan medis siswa atau keuangan,

sekolah mungkin mengadopsi Private Cloud atau model Hybrid Cloud (Abuata, Ana' and Abdullah, 2026). Dengan menggabungkan fleksibilitas layanan cloud dan strategi penyebaran yang tepat, sekolah dapat menciptakan ekosistem pembelajaran digital yang tangguh, aman, dan adaptif terhadap perkembangan teknologi di masa depan tanpa terbebani oleh biaya operasional infrastruktur fisik yang besar.

6.2.2 Public Cloud untuk Skalabilitas Institusi

Public cloud merupakan model penyebaran di mana layanan komputasi disediakan oleh pihak ketiga melalui internet publik, menjadikannya sumber daya yang dapat diakses oleh banyak institusi secara bersamaan dalam lingkungan multi-tenancy.

Bagi institusi pendidikan atau organisasi besar, model ini menghilangkan kebutuhan untuk memiliki dan memelihara pusat data fisik sendiri, karena seluruh infrastruktur seperti server, penyimpanan, dan jaringan dikelola sepenuhnya oleh penyedia layanan. Karakteristik utama dari model ini adalah aksesibilitas yang luas dan kemudahan dalam melakukan deployment aplikasi tanpa kendala batasan perangkat keras lokal yang sering kali kaku (Simarmata et al., 2025).

Aspek skalabilitas atau scalability yang ditawarkan oleh public cloud memungkinkan institusi untuk menyesuaikan kapasitas sumber daya secara dinamis sesuai dengan fluktuasi permintaan. Dalam konteks institusi, kebutuhan akan daya komputasi sering kali melonjak drastis pada waktu tertentu, misalnya saat periode pendaftaran mahasiswa baru atau selama masa ujian daring yang membutuhkan beban kerja tinggi. Melalui teknik horizontal scaling (menambah jumlah mesin virtual) atau vertical scaling (meningkatkan spesifikasi mesin), institusi dapat memastikan layanan tetap stabil melalui proses provisioning otomatis yang jauh lebih cepat dibandingkan pengadaan perangkat keras fisik (Kaban, Yendrianof, et al., 2026).

Dari sisi finansial, penerapan model ini mendukung efisiensi biaya yang signifikan dengan mengubah struktur pengeluaran dari *Capital Expenditure*

(CapEx) menjadi *Operating Expenditure* (OpEx). Institusi tidak perlu lagi melakukan investasi besar di awal untuk membeli perangkat keras yang mungkin hanya akan digunakan secara maksimal pada waktu-waktu tertentu saja. Dengan model pembayaran pay-as-you-go, institusi hanya membayar untuk sumber daya yang benar-benar dikonsumsi secara on-demand, sehingga anggaran dapat dialokasikan lebih optimal untuk pengembangan kurikulum atau inovasi layanan digital lainnya (Banjarnahor, Andrew, et al., 2025).

Penggunaan public cloud memberikan jaminan ketahanan layanan melalui fitur high availability dan mekanisme disaster recovery yang terdistribusi secara global. Data institusi disimpan di berbagai pusat data yang berbeda secara geografis, sehingga risiko kehilangan data akibat kegagalan perangkat keras lokal dapat diminimalisir. Kemampuan ini memberikan ketenangan bagi manajemen institusi dalam menjaga kelangsungan operasional dan integritas data, sembari tetap memiliki fleksibilitas untuk mengadopsi teknologi terbaru seperti kecerdasan buatan atau analisis data besar yang disediakan oleh vendor cloud secara terus-menerus (Tanniewa et al., 2025).

6.2.3 Private Cloud untuk Keamanan Data Sensitif

Private cloud merupakan model deployment awan yang infrastrukturnya dioperasikan secara eksklusif untuk satu organisasi tunggal. Berbeda dengan public cloud yang bersifat multi-tenancy, lingkungan ini menawarkan single-tenancy di mana seluruh sumber daya komputasi, penyimpanan, dan jaringan bersifat dedicated. Hal ini memberikan institusi kendali penuh atas arsitektur sistem mereka, memungkinkan isolasi data yang total dari pengguna luar. Dengan menempatkan infrastruktur di balik firewall yang dikelola secara internal, risiko akses tidak sah dari pihak ketiga dapat diminimalisir secara drastis, menjadikannya pilihan utama bagi organisasi yang menangani informasi kritis (St Aisyah et al., 2025).

Keunggulan utama dari model ini terletak pada kemampuannya untuk memenuhi standar compliance dan regulasi keamanan yang sangat ketat. Banyak institusi, terutama di sektor perbankan, kesehatan, dan

pemerintahan, terikat oleh hukum data sovereignty yang mewajibkan data sensitif disimpan di lokasi geografis tertentu atau dalam infrastruktur yang sepenuhnya terlindungi. Dalam ekosistem private cloud, organisasi dapat menerapkan security framework yang dipersonalisasi, melakukan audit mendalam secara berkala, dan memastikan bahwa enkripsi data dilakukan pada setiap lapisan tanpa ada campur tangan dari penyedia layanan pihak ketiga (Banjarnahor, Aksa, et al., 2025).

Meskipun membutuhkan investasi awal yang lebih tinggi dalam bentuk *Capital Expenditure* (CapEx), private cloud memberikan fleksibilitas kustomisasi perangkat keras dan perangkat lunak yang tidak dimiliki oleh model lainnya. Institusi dapat mengonfigurasi server dan storage untuk mengoptimalkan kinerja aplikasi spesifik yang mengolah sensitive data. Selain itu, integrasi antara sistem on-premise yang sudah ada dengan layanan awan menjadi lebih mulus karena kontrol jaringan berada sepenuhnya di tangan tim TI internal. Hal ini memungkinkan terciptanya lingkungan kerja yang sangat stabil dan dapat diprediksi, terhindar dari fenomena noisy neighbor yang sering terjadi pada infrastruktur bersama (Satrio et al., 2025).

Implementasi private cloud sangat efektif dalam memitigasi risiko kebocoran data melalui mekanisme kontrol akses yang granular. Dengan menggunakan sistem *Identity and Access Management* (IAM) yang terintegrasi secara internal, organisasi dapat membatasi siapa saja yang memiliki otoritas untuk menyentuh data tertentu di dalam cloud environment (Kaban, Nugraheni, et al., 2026). Keamanan fisik pusat data juga dapat diawasi secara langsung, memberikan rasa aman tambahan bahwa aset digital organisasi tidak hanya terlindungi secara logis melalui perangkat lunak, tetapi juga secara fisik dari potensi sabotase atau pencurian data langsung di lokasi penyimpanan.

6.2.4 Strategi Hybrid Cloud dan Multi-Cloud

Strategi ini menggabungkan berbagai model penyebaran awan untuk menciptakan infrastruktur yang lebih fleksibel, aman, dan efisien sesuai dengan kebutuhan spesifik organisasi.

1. Hybrid cloud mengintegrasikan infrastruktur on-premise atau private cloud dengan layanan public cloud untuk memungkinkan orkestrasi data dan aplikasi yang mulus di antara keduanya.
2. Penerapan strategi ini memungkinkan institusi menjaga data sensitif di lingkungan privat tetap aman sambil memanfaatkan skalabilitas besar dari public cloud untuk kebutuhan komputasi umum.
3. Multi-cloud melibatkan penggunaan layanan dari beberapa penyedia public cloud yang berbeda guna mendistribusikan beban kerja secara strategis di berbagai platform.
4. Penggunaan multi-cloud sangat efektif untuk menghindari ketergantungan pada satu vendor tertentu atau vendor lock-in sekaligus meningkatkan ketahanan sistem melalui redundansi lintas penyedia.
5. Kedua strategi ini memberikan fleksibilitas bagi organisasi untuk mengoptimalkan biaya operasional dan kinerja sistem dengan memilih fitur terbaik dari masing-masing ekosistem cloud.

6.3 Teknologi Virtualisasi dan Pusat Data

6.3.1 Peran Virtualisasi Server dalam Efisiensi Sumber Daya

Virtualisasi server bertindak sebagai lapisan abstraksi yang memungkinkan satu perangkat keras fisik menjalankan beberapa sistem operasi secara simultan melalui penggunaan hypervisor. Dalam arsitektur tradisional, pusat data sering kali menghadapi masalah pemborosan di mana satu server hanya didedikasikan untuk satu aplikasi tunggal, sehingga sering kali kapasitas prosesor dan memori tidak terpakai secara maksimal.

Dengan teknologi ini, sumber daya fisik tersebut dipartisi menjadi beberapa virtual machines yang terisolasi secara logis. Langkah ini secara signifikan meningkatkan tingkat utilisasi perangkat keras dari yang semula hanya sekitar 15% pada sistem konvensional menjadi lebih dari 80%, sehingga tidak ada lagi kapasitas komputasi yang terbuang percuma (Purba, Andriana, et al., 2026).

Efisiensi sumber daya juga dicapai melalui kemampuan alokasi yang dinamis dan fleksibel terhadap computing resources seperti CPU, RAM, dan storage. Melalui mekanisme resource pooling, administrator pusat data dapat mendistribusikan kapasitas secara otomatis ke unit yang paling membutuhkan berdasarkan beban kerja real-time. Hal ini mencegah terjadinya over-provisioning, di mana sumber daya sering kali dipesan secara statis dalam jumlah besar namun jarang digunakan sepenuhnya. Selain itu, fitur seperti live migration memungkinkan pemindahan beban kerja antar server fisik tanpa menyebabkan gangguan layanan (downtime), yang memastikan bahwa setiap unit perangkat keras bekerja pada titik efisiensi puncaknya (Baharuddin et al., 2025).

Dampak jangka panjang dari penerapan efisiensi ini adalah pengurangan drastis pada jumlah perangkat fisik yang diperlukan, yang secara langsung berdampak pada penghematan energi dan ruang. Dengan berkurangnya jumlah server melalui proses server consolidation, kebutuhan akan daya

listrik untuk operasional dan sistem pendingin (cooling system) juga menurun secara proporsional (Simarmata et al., 2026). Pengurangan jejak fisik ini mendukung inisiatif Green IT sekaligus memangkas biaya operasional (operating expenses) serta biaya investasi modal (capital expenditures). Secara keseluruhan, pusat data menjadi lebih ramping, memiliki skalabilitas yang lebih tinggi, dan jauh lebih berkelanjutan dalam menangani lonjakan permintaan data di masa depan.

6.3.2 Pengelolaan Penyimpanan Data (Storage) Terpusat

Pengelolaan penyimpanan terpusat mengonsolidasikan seluruh sumber daya data ke dalam satu repositori tunggal yang dapat diakses oleh banyak server secara simultan, menggantikan model Direct Attached Storage yang bersifat terisolasi. Melalui arsitektur seperti *Storage Area Network* (SAN) atau *Network Attached Storage* (NAS), pusat data mampu menciptakan sebuah kolam penyimpanan (storage pooling) yang masif dan terpadu. Hal ini memungkinkan administrator untuk mengelola kapasitas data secara global melalui satu antarmuka kontrol, sehingga menghilangkan kendala fisik pada masing-masing perangkat keras dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan ruang simpan yang sebelumnya sering kali terpecah-pecah dan tidak terpakai secara optimal.

Dalam ekosistem virtualisasi, penyimpanan terpusat menjadi fondasi utama bagi fitur-fitur kritis seperti High Availability dan Live Migration. Karena berkas dari setiap Virtual Machine disimpan dalam sistem penyimpanan yang dapat dijangkau oleh seluruh host dalam satu cluster, proses pemindahan beban kerja antar server fisik dapat dilakukan dalam hitungan detik tanpa perlu menyalin data mentah. Jika salah satu host mengalami kegagalan fungsi, host lain dapat langsung mengambil alih operasional mesin virtual tersebut karena memiliki akses langsung ke sumber data yang sama, sehingga memastikan kelangsungan layanan dan meminimalkan risiko downtime (Purba et al., 2025).

Sistem ini juga menawarkan keunggulan dalam hal proteksi data dan fleksibilitas alokasi melalui teknik thin provisioning, yang memungkinkan

ruang simpan diberikan secara virtual sesuai kebutuhan nyata tanpa harus memesan kapasitas fisik secara penuh di awal. Selain itu, mekanisme pencadangan (backup), pembuatan snapshot, dan replikasi data untuk kebutuhan Disaster Recovery menjadi jauh lebih sederhana dan cepat karena dilakukan pada satu titik kontrol utama. Pendekatan ini tidak hanya memangkas kompleksitas operasional secara drastis, tetapi juga memberikan tingkat scalability yang jauh lebih baik bagi pusat data dalam menghadapi pertumbuhan volume data yang eksponensial di masa depan.

6.3.3 Skalabilitas dan Ketersediaan Layanan Tinggi (HA)

Skalabilitas dalam pusat data berbasis virtualisasi memungkinkan penyesuaian kapasitas komputasi dilakukan secara elastis dan instan untuk menghadapi fluktuasi beban kerja. Melalui metode vertical scaling atau scaling up, administrator dapat menambah atau mengurangi sumber daya seperti vCPU dan RAM pada satu virtual machine secara langsung tanpa perlu melakukan intervensi fisik pada perangkat keras (Mishra, Mishra and Kertesz, 2026).

Di sisi lain, horizontal scaling atau scaling out memungkinkan penambahan jumlah instans mesin virtual secara paralel untuk mendistribusikan beban kerja yang lebih besar ke banyak unit. Fleksibilitas ini memastikan bahwa infrastruktur teknologi informasi selalu berada pada performa optimal tanpa risiko kekurangan sumber daya di saat kritis maupun pemborosan di saat trafik sedang rendah.

Aspek ketersediaan layanan tinggi atau *High Availability* (HA) menjamin bahwa operasional bisnis tetap berjalan meskipun terjadi kegagalan pada komponen perangkat keras fisik. Dalam sebuah cluster server, perangkat lunak virtualisasi secara terus-menerus memantau kesehatan setiap node melalui mekanisme heartbeat. Jika sebuah host fisik mengalami kerusakan mendadak, sistem akan secara otomatis melakukan failover dengan memulai kembali semua virtual machines yang terdampak pada server lain yang masih sehat dalam kelompok tersebut. Proses pemulihan otomatis ini meminimalkan durasi downtime, sehingga pengguna akhir tetap dapat

mengakses layanan dengan gangguan yang sangat minimal atau bahkan tidak terasa sama sekali (Fotia et al., 2026).

Integrasi antara skalabilitas dan ketersediaan tinggi menciptakan sebuah ekosistem pusat data yang tangguh dan adaptif terhadap berbagai skenario kegagalan maupun pertumbuhan data yang cepat. Dengan memanfaatkan teknologi pendukung seperti load balancer, trafik yang masuk dapat dibagi secara merata ke seluruh mesin virtual yang tersedia, mencegah terjadinya kelebihan beban pada satu titik tertentu (single point of failure). Selain itu, kemampuan untuk melakukan pemeliharaan perangkat keras secara berkala tanpa mematikan layanan, berkat fitur live migration, memperkuat strategi business continuity. Kombinasi ini memberikan jaminan bahwa layanan digital dapat diandalkan setiap saat sesuai dengan standar *Service Level Agreement* (SLA) yang telah ditetapkan.

6.3.4 Infrastruktur Jaringan dan Konektivitas Pita Lebar

Infrastruktur jaringan fisik merupakan tulang punggung pusat data yang menghubungkan ribuan server melalui sistem kabel berkecepatan tinggi, umumnya menggunakan serat optik (fiber optic). Arsitektur modern seperti leaf-spine telah menggantikan model hierarki tradisional untuk memastikan throughput yang maksimal dan latency yang minimal dalam komunikasi antar-server atau yang dikenal sebagai east-west traffic. Komponen utama seperti core switches dan high-performance routers dirancang khusus untuk menangani beban data masif secara terus-menerus, memastikan bahwa aliran informasi dari lapisan penyimpanan ke lapisan komputasi berjalan lancar tanpa adanya titik hambatan (bottleneck).

Dalam lingkungan virtualisasi, konektivitas tidak lagi terbatas pada perangkat keras fisik, melainkan diperluas melalui teknologi *Software-Defined Networking* (SDN). Teknologi ini memungkinkan pembuatan jaringan virtual yang terisolasi dan fleksibel di atas infrastruktur fisik melalui penggunaan virtual switches (vSwitch). Dengan adanya abstraksi ini, administrator dapat mengatur kebijakan keamanan, alokasi bandwidth, dan jalur perutean (routing) secara terpusat melalui software controller. Hal

ini memberikan kelincahan luar biasa dalam mengelola lalu lintas data antar-virtual machines, di mana konfigurasi jaringan dapat diubah secara dinamis mengikuti mobilitas beban kerja tanpa perlu menyentuh kabel fisik sedikit pun.

Konektivitas pita lebar (broadband) menjamin aksesibilitas pusat data ke jaringan eksternal dan pengguna akhir dengan kapasitas jalur data yang sangat besar. Untuk menjaga keandalan layanan, pusat data biasanya terhubung ke beberapa penyedia layanan internet (Internet Service Providers) sekaligus untuk menciptakan redundansi (redundancy). Integrasi dengan *Internet Exchange Points* dan pemanfaatan *Point of Presence* (PoP) di berbagai lokasi geografis memastikan jalur transmisi data terpendek guna meminimalkan hambatan akses. Melalui penerapan *Quality of Service* (QoS), pusat data dapat memprioritaskan trafik yang bersifat kritis, memastikan bahwa aplikasi yang berjalan di lingkungan virtual tetap responsif bagi pengguna di mana pun mereka berada.

6.4 Keamanan, Privasi, dan Tata Kelola

6.4.1 Protokol Perlindungan Data Pribadi Siswa dan Pengajar

Implementasi kebijakan ini mencakup serangkaian langkah teknis dan operasional yang dirancang untuk membentengi informasi sensitif, seperti identitas kependudukan, catatan akademis, hingga profil perilaku digital dari berbagai cyber threats. Dalam praktiknya, setiap data yang tersimpan wajib melalui proses encryption dan dilindungi oleh sistem authentication berlapis guna memastikan bahwa hanya pihak dengan access rights tertentu yang dapat menjangkaunya.

Selain itu, prinsip data minimization diterapkan secara ketat, di mana institusi hanya diperbolehkan mengumpulkan informasi yang benar-benar esensial bagi keperluan edukasi, sekaligus melakukan backup data secara

berkala sebagai langkah mitigasi terhadap risiko unauthorized access atau serangan ransomware yang dapat melumpuhkan aktivitas akademik.

Dari perspektif tata kelola, protokol ini menekankan pada aspek accountability dan transparansi institusi dalam mengelola siklus hidup data mulai dari perolehan hingga penghapusan permanen. Setiap lembaga pendidikan dituntut untuk memiliki privacy policy yang jelas dan mudah dipahami, sehingga siswa maupun pengajar menyadari sepenuhnya bagaimana hak-hak privasi mereka dijamin di ruang siber (Rai, Malik and Varma, 2026).

Melalui penerapan data protection impact assessment, sekolah dapat mengidentifikasi kerentanan sistem sejak dini untuk mewujudkan ekosistem privacy by design. Upaya ini bukan sekadar pemenuhan regulasi legal, melainkan langkah krusial dalam membangun kepercayaan publik serta menjaga integritas moral di lingkungan pendidikan yang kini semakin terintegrasi dengan teknologi cloud computing.

6.4.2 Manajemen Identitas dan Kontrol Akses (IAM)

Penerapan kerangka kerja ini berfokus pada pengamanan sumber daya digital melalui proses identification dan authentication yang ketat guna memastikan validitas setiap entitas. Dengan mengintegrasikan sistem *Multi-Factor Authentication* (MFA), organisasi dapat menciptakan lapisan perlindungan tambahan untuk menangkal pencurian kredensial, sementara fitur *Single Sign-On* (SSO) mempermudah efisiensi operasional dengan memusatkan kendali identitas.

Melalui mekanisme *Role-Based Access Control* (RBAC), setiap pengguna hanya diberikan access rights yang benar-benar diperlukan berdasarkan prinsip least privilege, sehingga risiko paparan data akibat hak akses yang berlebihan dapat diminimalisir secara signifikan dalam infrastruktur jaringan.

Dalam aspek tata kelola, protokol ini mengatur seluruh identity lifecycle secara sistematis, mulai dari tahap provisioning saat pengguna

mendapatkan hak akses hingga deprovisioning instan ketika otoritas tersebut dicabut. Pengawasan yang ketat melalui penyediaan audit trail yang komprehensif memungkinkan organisasi untuk melacak setiap aktivitas pengguna, yang merupakan syarat mutlak dalam memenuhi standar compliance dan regulasi privasi data (Yazdinejad and Kong, 2026).

Dengan mengelola privileged accounts secara cermat, sistem ini tidak hanya efektif dalam memitigasi insider threats, tetapi juga menjamin bahwa seluruh ekosistem digital tetap memiliki tingkat integritas dan accountability yang tinggi di tengah ancaman siber yang terus berkembang.

6.4.3 Kepatuhan Terhadap Standar Keamanan Siber Internasional

Adopsi kerangka kerja global seperti ISO/IEC 27001 atau NIST *Cybersecurity Framework* merupakan langkah fundamental untuk menyelaraskan kebijakan internal dengan best practices dunia. Proses ini diawali dengan pelaksanaan gap analysis untuk mengidentifikasi sejauh mana sistem keamanan saat ini menyimpang dari standar baku, yang kemudian diikuti dengan penguatan kontrol teknis dan administratif.

Dengan menerapkan protokol incident response yang terstandarisasi dan manajemen kerentanan yang proaktif, organisasi dapat memastikan bahwa mekanisme pertahanan mereka mampu menghadapi ancaman lintas batas. Keberadaan compliance ini memberikan jaminan bahwa setiap aspek operasional, mulai dari network security hingga proteksi aset digital, telah melalui proses pengujian yang ketat sesuai dengan norma internasional (Alawida et al., 2026).

Dari sisi manajerial, kepatuhan ini berfungsi sebagai instrumen governance yang vital untuk memitigasi risiko hukum dan finansial akibat pelanggaran data. Integrasi regulasi seperti GDPR atau standar regional lainnya menuntut transparansi dalam data processing dan perlindungan hak-hak subjek data secara universal. Melalui pelaksanaan third-party audit secara berkala, institusi menunjukkan komitmen berkelanjutan terhadap accountability yang pada akhirnya memperkuat brand reputation di pasar

global (Costa et al., 2026). Kepatuhan terhadap standar internasional ini bukan sekadar kewajiban administratif, melainkan investasi strategis untuk membangun kepercayaan di antara para pemangku kepentingan dalam ekosistem digital yang saling terhubung, di mana integritas informasi menjadi aset yang paling berharga.

Bab 7

Jaringan dan Platform Pembelajaran Digital

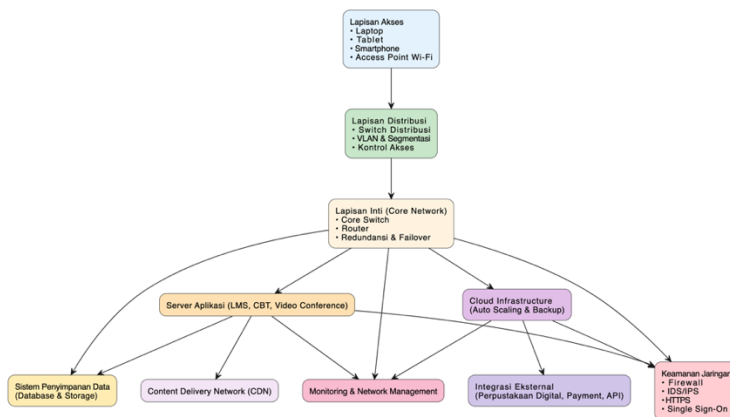
7.1 Arsitektur Jaringan untuk Sistem Pembelajaran Digital

Arsitektur jaringan merupakan fondasi utama dalam penyelenggaraan sistem pembelajaran digital. Setiap aktivitas pembelajaran berbasis teknologi, mulai dari akses materi, diskusi daring, pengumpulan tugas, hingga ujian berbasis komputer, bergantung pada struktur jaringan yang terencana dengan baik. Tanpa rancangan arsitektur yang tepat, layanan pembelajaran dapat mengalami gangguan akses, keterlambatan transmisi data, serta penurunan kualitas pengalaman belajar.

Sistem pembelajaran digital biasanya dibangun di atas arsitektur jaringan berlapis yang terdiri dari lapisan akses, distribusi, dan inti. Lapisan akses menghubungkan perangkat pengguna seperti laptop, tablet, dan ponsel ke jaringan institusi (Sobry et al., 2024). Lapisan distribusi mengelola lalu lintas

data antar segmen jaringan serta menerapkan kebijakan kontrol akses. Lapisan inti bertanggung jawab atas pengiriman data berkecepatan tinggi antar server, pusat data, dan koneksi internet eksternal. Struktur berlapis ini memungkinkan pengelolaan jaringan yang lebih terorganisasi dan terukur.

Pada lingkungan pendidikan, arsitektur jaringan harus mendukung jumlah pengguna yang besar dalam waktu bersamaan. Aktivitas seperti kuliah sinkron melalui video konferensi, akses Learning Management System, serta streaming materi pembelajaran memerlukan bandwidth yang memadai dan latensi rendah. Desain topologi jaringan perlu mempertimbangkan distribusi ruang kelas, laboratorium komputer, ruang administrasi, dan akses jarak jauh bagi mahasiswa yang belajar dari rumah. Berikut ini Arsitektur Jaringan untuk Sistem Pembelajaran Digital:



Gambar 7.1: Arsitektur Jaringan untuk Sistem Pembelajaran Digital

Topologi jaringan yang umum digunakan pada institusi pendidikan adalah topologi bintang dan topologi hirarkis. Pada topologi bintang, seluruh perangkat terhubung ke satu perangkat pusat seperti switch (Saprizal et al., 2025). Model ini memudahkan pengelolaan dan deteksi gangguan. Pada topologi hirarkis, jaringan dibagi ke dalam beberapa segmen yang terhubung melalui perangkat distribusi. Model hirarkis lebih sesuai untuk kampus dengan banyak gedung dan ribuan pengguna karena mampu mengurangi kepadatan lalu lintas pada satu titik pusat.

Arsitektur jaringan untuk pembelajaran digital juga perlu mengintegrasikan server aplikasi yang menjalankan platform e-learning (Calderon et al., 2025). Server tersebut dapat ditempatkan di pusat data internal atau pada layanan komputasi awan seperti Amazon Web Services, Microsoft Azure, atau Google Cloud Platform. Pemanfaatan komputasi awan memberikan fleksibilitas dalam penyesuaian kapasitas sumber daya sesuai jumlah pengguna aktif. Ketika terjadi lonjakan akses saat ujian daring, kapasitas server dapat ditingkatkan tanpa perlu pengadaan perangkat keras baru di kampus.

Selain server aplikasi, komponen penting lain adalah sistem penyimpanan data. Materi pembelajaran dalam bentuk video, dokumen, dan modul interaktif membutuhkan ruang penyimpanan besar serta mekanisme distribusi yang efisien (Rahmah & Elyas, 2024). Penggunaan Content Delivery Network membantu mempercepat distribusi konten ke pengguna yang berada di lokasi berbeda. Strategi ini mengurangi beban pada server utama serta meningkatkan kecepatan akses.

Keamanan jaringan menjadi aspek krusial dalam arsitektur pembelajaran digital (Ni & Zeng, 2025). Data akademik seperti nilai, identitas mahasiswa, serta dokumen administrasi harus terlindungi dari akses tidak sah. Implementasi firewall, sistem deteksi intrusi, serta enkripsi komunikasi melalui protokol HTTPS menjadi standar yang harus diterapkan. Segmentasi jaringan juga diperlukan agar akses mahasiswa, dosen, dan staf administrasi dapat dipisahkan sesuai hak akses masing-masing.

Pengelolaan identitas pengguna dilakukan melalui sistem autentikasi terpusat. Teknologi seperti Single Sign-On memungkinkan pengguna mengakses berbagai layanan pembelajaran dengan satu akun (Laroiya, 2024). Integrasi ini meningkatkan efisiensi dan mengurangi risiko penggunaan kata sandi yang berulang pada berbagai platform. Pengaturan hak akses berbasis peran memastikan mahasiswa hanya dapat melihat materi kelas yang diambil, sementara dosen memiliki hak untuk mengunggah dan mengelola konten.

Aspek keandalan jaringan tidak kalah penting. Sistem pembelajaran digital harus tersedia setiap saat, terutama pada periode ujian dan pengumpulan tugas. Redundansi koneksi internet dan perangkat jaringan menjadi strategi untuk menjaga kontinuitas layanan (Azis et al., 2026). Jika satu jalur koneksi mengalami gangguan, jalur cadangan dapat langsung mengambil alih tanpa menghentikan layanan. Perangkat inti seperti router dan switch utama sering dikonfigurasi dalam mode failover agar mampu beroperasi secara bergantian ketika terjadi kerusakan.

Arsitektur jaringan juga harus mendukung mobilitas pengguna. Mahasiswa dan dosen sering berpindah lokasi di lingkungan kampus. Implementasi jaringan nirkabel dengan standar Wi-Fi terbaru memastikan konektivitas tetap stabil (Kurniawan et al., 2025). Perencanaan penempatan access point dilakukan berdasarkan analisis kepadatan pengguna dan cakupan sinyal. Manajemen kanal frekuensi membantu mengurangi interferensi dan menjaga kualitas koneksi.

Dalam skala yang lebih luas, arsitektur jaringan pendidikan perlu mendukung integrasi dengan sistem eksternal seperti perpustakaan digital, sistem pembayaran, serta platform kolaborasi global (Ramadhan, 2024). Integrasi ini memerlukan pengaturan gateway dan API yang aman. Pertukaran data antar sistem harus melalui mekanisme autentikasi dan enkripsi yang ketat agar tidak membuka celah keamanan.

Pemantauan jaringan secara berkala menjadi bagian dari pengelolaan arsitektur. Administrator menggunakan perangkat lunak monitoring untuk mengamati lalu lintas data, tingkat penggunaan bandwidth, serta potensi gangguan (Zahran et al., 2024). Data pemantauan digunakan untuk perencanaan kapasitas dan peningkatan infrastruktur. Analisis performa membantu menentukan kapan perlu dilakukan peningkatan perangkat atau optimasi konfigurasi.

Perencanaan arsitektur jaringan untuk sistem pembelajaran digital harus mempertimbangkan pertumbuhan jumlah pengguna di masa depan. Institusi pendidikan cenderung mengalami peningkatan jumlah mahasiswa serta penambahan layanan digital baru (Subroto et al., 2023). Rancangan

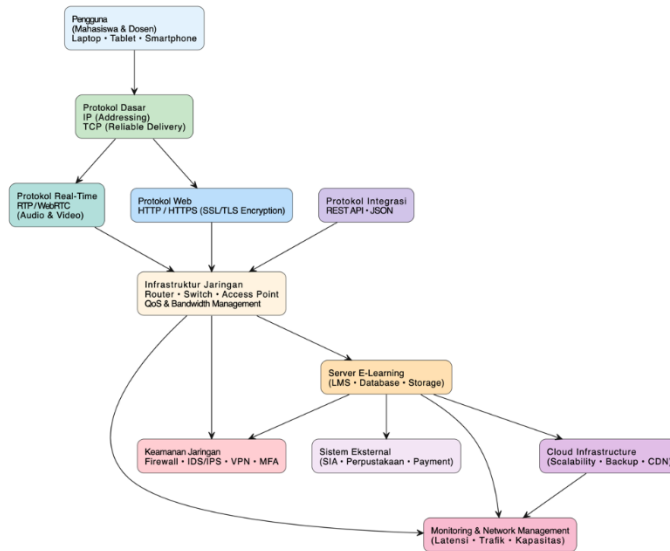
yang fleksibel memungkinkan ekspansi tanpa mengubah struktur utama jaringan. Skalabilitas menjadi faktor penentu agar investasi infrastruktur tetap relevan dalam jangka panjang.

Dengan arsitektur jaringan yang terencana, sistem pembelajaran digital dapat berjalan stabil, aman, dan responsif. Struktur berlapis, integrasi server lokal atau awan, perlindungan keamanan, serta mekanisme redundansi membentuk fondasi yang mendukung transformasi pendidikan berbasis teknologi. Arsitektur yang kuat menciptakan lingkungan belajar yang terhubung, adaptif, dan mampu melayani kebutuhan akademik secara berkelanjutan.

7.2 Protokol dan Infrastruktur Komunikasi dalam E-Learning

Protokol dan infrastruktur komunikasi merupakan elemen utama yang menentukan kelancaran sistem e-learning. Seluruh aktivitas pembelajaran daring bergantung pada mekanisme pertukaran data yang stabil, cepat, dan aman (Pitasari et al., 2026). Setiap kali mahasiswa mengakses materi, mengunggah tugas, mengikuti diskusi video, atau mengerjakan ujian berbasis web, terjadi proses komunikasi data yang diatur oleh protokol jaringan tertentu. Tanpa protokol yang terstandarisasi, perangkat dan sistem tidak dapat saling memahami format serta aturan pertukaran informasi.

Pada lapisan dasar komunikasi jaringan, protokol Transmission Control Protocol dan Internet Protocol berperan dalam memastikan data dapat dikirim dari satu perangkat ke perangkat lain melalui jaringan internet (Nayak et al., 2025). Internet Protocol bertugas mengatur pengalamatan dan pengiriman paket data ke tujuan yang benar. Transmission Control Protocol memastikan paket data diterima secara utuh dan berurutan. Kombinasi keduanya memungkinkan komunikasi yang andal antara server e-learning dan perangkat pengguna.



Gambar 7.2: Protokol dan Infrastruktur Komunikasi dalam E-Learning

Dalam implementasi e-learning berbasis web, protokol Hypertext Transfer Protocol menjadi fondasi utama dalam pertukaran dokumen dan sumber daya digital (Gijon et al., 2025). Versi yang digunakan saat ini adalah HTTPS yang dilengkapi dengan enkripsi Secure Socket Layer atau Transport Layer Security. Enkripsi ini melindungi data seperti kredensial login, nilai akademik, serta dokumen pribadi mahasiswa dari potensi penyadapan. Penggunaan HTTPS telah menjadi standar pada platform pembelajaran seperti Moodle dan Google Classroom.

Selain protokol berbasis web, komunikasi real-time pada e-learning memanfaatkan protokol khusus untuk transmisi audio dan video (Tripathi, 2024). Video konferensi yang digunakan dalam kuliah sinkron mengandalkan protokol seperti Real-Time Transport Protocol dan Web Real-Time Communication. Teknologi ini memungkinkan pertukaran data suara dan gambar secara langsung dengan latensi rendah. Platform seperti Zoom dan Microsoft Teams memanfaatkan mekanisme ini untuk mendukung interaksi jarak jauh antara dosen dan mahasiswa.

Infrastruktur komunikasi e-learning tidak hanya bergantung pada protokol aplikasi. Perangkat fisik seperti router, switch, access point, dan server menjadi komponen penting dalam memastikan distribusi data berjalan lancar (Fitria, 2024). Router bertugas mengarahkan paket data antar jaringan. Switch menghubungkan perangkat dalam satu segmen lokal. Access point menyediakan konektivitas nirkabel bagi pengguna di lingkungan kampus. Server menyimpan serta mendistribusikan materi pembelajaran kepada pengguna yang terhubung.

Ketersediaan bandwidth menjadi faktor krusial dalam sistem e-learning. Aktivitas video konferensi dan streaming materi multimedia membutuhkan kapasitas jaringan yang memadai (Theresiawati et al., 2023). Jika bandwidth tidak mencukupi, kualitas video dapat menurun dan suara menjadi terputus. Perencanaan kapasitas jaringan perlu memperhitungkan jumlah pengguna aktif serta pola penggunaan harian. Penggunaan teknologi Quality of Service membantu memprioritaskan lalu lintas penting seperti video pembelajaran dibandingkan aktivitas lain yang kurang kritis.

Selain kapasitas jaringan lokal, koneksi internet eksternal juga menentukan performa e-learning. Institusi pendidikan biasanya bekerja sama dengan penyedia layanan internet untuk mendapatkan koneksi berkecepatan tinggi dan stabil (Mei et al., 2024). Redundansi koneksi sering diterapkan dengan menggunakan lebih dari satu jalur internet. Jika satu jalur mengalami gangguan, jalur cadangan dapat menjaga layanan tetap berjalan.

Sistem e-learning juga memerlukan infrastruktur pusat data yang mendukung penyimpanan dan pengolahan informasi dalam jumlah besar (Al-Sherideh et al., 2023). Server dapat ditempatkan di pusat data kampus atau menggunakan layanan komputasi awan seperti Amazon Web Services atau Google Cloud Platform. Infrastruktur awan menyediakan skalabilitas dinamis sehingga kapasitas dapat ditingkatkan saat terjadi lonjakan akses, misalnya pada masa ujian daring.

Keamanan komunikasi menjadi perhatian utama dalam e-learning. Implementasi firewall dan sistem deteksi intrusi membantu melindungi jaringan dari serangan siber (Shtayyat & AlShaikh-Hasan, 2025).

Mekanisme Virtual Private Network dapat digunakan untuk memberikan akses aman bagi dosen atau administrator yang bekerja dari luar kampus. Autentikasi berbasis token atau multi-factor authentication memperkuat perlindungan terhadap akun pengguna.

Integrasi antar sistem juga memerlukan protokol komunikasi yang terstandarisasi. Application Programming Interface memungkinkan pertukaran data antara platform e-learning dengan sistem akademik, perpustakaan digital, atau sistem pembayaran (Abdullah et al., 2023). Protokol berbasis REST dan format data seperti JSON banyak digunakan dalam pertukaran informasi antar aplikasi. Standarisasi ini memudahkan pengembangan sistem terintegrasi yang saling terhubung.

Pemantauan infrastruktur komunikasi dilakukan melalui perangkat lunak manajemen jaringan. Administrator dapat melihat statistik penggunaan bandwidth, tingkat latensi, serta potensi gangguan (Novoderyozhkin et al., 2025). Data tersebut digunakan untuk perencanaan peningkatan kapasitas dan optimasi konfigurasi jaringan. Analisis performa membantu menjaga kualitas layanan pembelajaran tetap stabil.

Pengembangan infrastruktur komunikasi e-learning perlu mempertimbangkan aksesibilitas bagi pengguna di berbagai wilayah (Nuraini et al., 2024). Mahasiswa yang berada di daerah dengan keterbatasan koneksi internet memerlukan sistem yang adaptif terhadap variasi kualitas jaringan. Teknologi kompresi video, caching konten, serta mode pembelajaran asinkron menjadi strategi untuk mengatasi kendala tersebut.

Protokol dan infrastruktur komunikasi yang terencana dengan baik menciptakan lingkungan pembelajaran yang responsif, aman, dan berkelanjutan. Kombinasi standar komunikasi internet, perangkat jaringan yang andal, pengelolaan bandwidth, serta perlindungan keamanan membentuk fondasi sistem e-learning yang efektif. Infrastruktur yang kuat memungkinkan interaksi akademik berlangsung tanpa hambatan serta mendukung transformasi pendidikan berbasis teknologi digital.

7.3 Platform Pembelajaran Digital dan Integrasi Layanan Berbasis Cloud

Platform pembelajaran digital menjadi pusat aktivitas akademik dalam sistem pendidikan berbasis teknologi. Melalui platform ini, dosen mengunggah materi, memberikan tugas, menyelenggarakan diskusi, serta melakukan evaluasi pembelajaran. Mahasiswa mengakses konten, berinteraksi dengan rekan sekelas, dan mengirimkan hasil pekerjaan secara daring. Seluruh proses tersebut berlangsung melalui sistem yang terintegrasi dan dikelola secara terpusat.

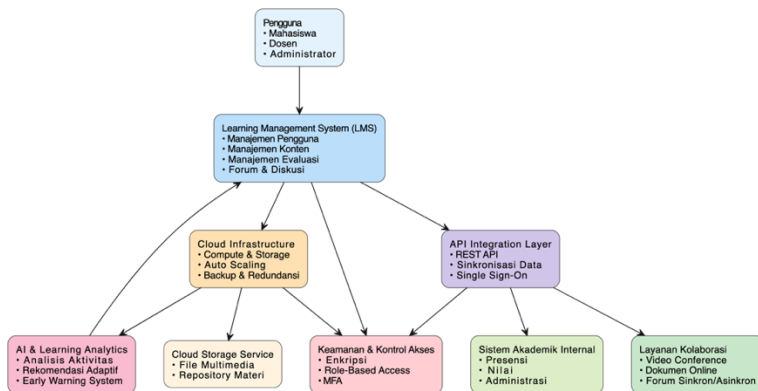
Platform pembelajaran digital umumnya dikenal sebagai Learning Management System. Sistem ini dirancang untuk mengatur distribusi materi, pengelolaan kelas, pencatatan kehadiran, hingga penilaian. Beberapa contoh LMS yang banyak digunakan adalah Moodle, Google Classroom, dan Canvas. Setiap platform memiliki karakteristik tersendiri, baik dari sisi antarmuka, fitur kolaborasi, maupun fleksibilitas pengembangan (Sitopu *et al.*, 2022; Labuem *et al.*, 2025).

Fungsi utama platform pembelajaran digital meliputi manajemen pengguna, manajemen konten, serta manajemen evaluasi (Chávez-Márquez *et al.*, 2023). Manajemen pengguna mencakup pengaturan akun mahasiswa, dosen, dan administrator. Manajemen konten memungkinkan penyusunan modul pembelajaran dalam bentuk dokumen, video, kuis interaktif, dan forum diskusi. Manajemen evaluasi mencakup pembuatan soal, pengolahan nilai, serta pelaporan hasil belajar.

Integrasi layanan berbasis cloud memberikan peningkatan signifikan terhadap fleksibilitas dan skalabilitas platform pembelajaran digital. Infrastruktur cloud memungkinkan penyimpanan dan pemrosesan data dilakukan pada pusat data terdistribusi yang dapat diakses melalui internet (Govea *et al.*, 2023; Orugunta, 2025). Penyedia layanan seperti Amazon Web Services, Microsoft Azure, dan Google Cloud Platform menyediakan sumber daya komputasi yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan institusi.

Pemanfaatan cloud dalam sistem pembelajaran memberikan beberapa keuntungan. Kapasitas server dapat ditingkatkan saat jumlah pengguna aktif meningkat, terutama ketika pelaksanaan ujian daring atau perkuliahan sinkron berskala besar (Peram, 2024). Pengelolaan penyimpanan materi multimedia menjadi lebih efisien karena file disimpan pada infrastruktur dengan kapasitas besar dan tingkat ketersediaan tinggi. Institusi tidak perlu melakukan investasi perangkat keras yang besar untuk menjaga performa sistem.

Integrasi cloud juga mendukung kolaborasi lintas lokasi. Mahasiswa yang berada di luar kampus tetap dapat mengakses platform dengan performa yang relatif stabil. Layanan penyimpanan awan seperti Google Drive atau OneDrive sering diintegrasikan dengan LMS untuk memudahkan pengunggahan dan berbagi dokumen. Kolaborasi dokumen secara waktu nyata memperkaya interaksi pembelajaran kelompok. Berikut ini Platform Pembelajaran Digital dan Integrasi Layanan Berbasis Cloud (Fajrillah *et al.*, 2020; Simarmata *et al.*, 2024):



Gambar 7.3: Platform Pembelajaran Digital dan Integrasi Layanan Berbasis Cloud

Arsitektur integrasi platform pembelajaran dengan layanan cloud umumnya menggunakan Application Programming Interface. API memungkinkan pertukaran data antara LMS dan layanan eksternal secara terstruktur (Sahara *et al.*, 2023). Melalui mekanisme ini, sistem dapat

menarik data presensi, menyinkronkan nilai, atau menghubungkan kelas dengan aplikasi konferensi video seperti Zoom dan Microsoft Teams. Integrasi tersebut menciptakan ekosistem pembelajaran yang terhubung dan efisien.

Keamanan menjadi aspek penting dalam integrasi layanan cloud. Data akademik dan informasi pribadi mahasiswa harus dilindungi melalui enkripsi serta kebijakan kontrol akses yang ketat (Ponde, 2024). Penyedia cloud umumnya menawarkan sertifikasi keamanan dan mekanisme perlindungan data berlapis. Institusi pendidikan perlu memastikan konfigurasi akses sesuai dengan kebijakan internal agar tidak terjadi kebocoran informasi.

Selain aspek teknis, pemilihan platform pembelajaran digital perlu mempertimbangkan kemudahan penggunaan dan dukungan pengembangan. Platform dengan antarmuka intuitif membantu dosen dan mahasiswa beradaptasi lebih cepat (Nasution et al., 2025). Fitur analitik pembelajaran memungkinkan pengajar memantau aktivitas mahasiswa dan mengidentifikasi pola partisipasi. Data aktivitas ini dapat dimanfaatkan untuk peningkatan strategi pengajaran.

Integrasi layanan cloud juga membuka peluang pengembangan fitur lanjutan berbasis kecerdasan buatan (Sajja et al., 2023). Analisis data interaksi mahasiswa dapat digunakan untuk merekomendasikan materi tambahan atau memberikan peringatan dini terhadap risiko penurunan performa akademik. Infrastruktur cloud menyediakan kapasitas komputasi yang dibutuhkan untuk memproses data dalam skala besar.

Ketahanan layanan menjadi faktor penting dalam sistem pembelajaran digital. Infrastruktur cloud umumnya memiliki mekanisme redundansi dan replikasi data pada beberapa lokasi pusat data. Jika terjadi gangguan pada satu lokasi, sistem tetap dapat berjalan melalui lokasi cadangan. Strategi ini menjaga keberlanjutan layanan akademik tanpa gangguan signifikan.

Pengelolaan biaya juga menjadi pertimbangan dalam integrasi cloud. Model pembayaran berbasis penggunaan memungkinkan institusi menyesuaikan

pengeluaran dengan kebutuhan aktual (Peram, 2024). Pendekatan ini memberikan fleksibilitas dalam perencanaan anggaran teknologi informasi.

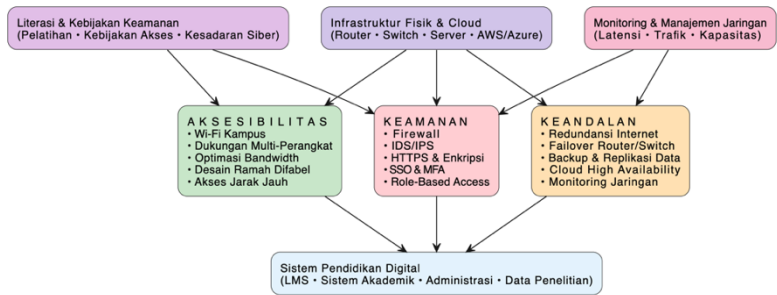
Platform pembelajaran digital yang terintegrasi dengan layanan cloud menciptakan lingkungan belajar yang adaptif, terhubung, dan berdaya guna tinggi. Infrastruktur yang elastis, fitur kolaborasi terintegrasi, serta dukungan keamanan membentuk fondasi kuat bagi transformasi pendidikan berbasis teknologi. Integrasi yang terencana memungkinkan institusi menyediakan layanan pembelajaran yang stabil, responsif, dan siap menghadapi pertumbuhan kebutuhan akademik di masa depan.

7.4 Keamanan, Aksesibilitas, dan Keandalan Jaringan Pendidikan

Keamanan, aksesibilitas, dan keandalan jaringan merupakan tiga pilar utama dalam penyelenggaraan sistem pendidikan berbasis teknologi. Jaringan pendidikan tidak hanya berfungsi sebagai media pertukaran data, tetapi juga sebagai infrastruktur strategis yang menopang aktivitas akademik harian. Gangguan pada jaringan dapat berdampak langsung terhadap proses belajar, administrasi akademik, serta layanan pendukung lainnya. Setiap institusi pendidikan perlu merancang kebijakan dan mekanisme teknis yang menjamin perlindungan data, kemudahan akses, serta kontinuitas layanan. Hal ini mencakup pengoptimalan kecepatan akses internet dan kapasitas bandwidth yang memadai, serta implementasi teknologi jaringan yang andal untuk mendukung berbagai kegiatan pembelajaran (Ramadhan, 2024).

Keamanan jaringan pendidikan berfokus pada perlindungan data dan sistem dari ancaman internal maupun eksternal (Calderon et al., 2025). Data akademik seperti identitas mahasiswa, nilai, arsip keuangan, dan dokumen penelitian memiliki tingkat sensitivitas tinggi. Serangan siber seperti malware, phishing, atau upaya peretasan akun dapat mengganggu stabilitas sistem dan merugikan pengguna. Implementasi firewall menjadi

langkah awal untuk membatasi lalu lintas yang mencurigakan. Sistem deteksi dan pencegahan intrusi membantu mengidentifikasi pola serangan yang tidak wajar.



Gambar 7.4: Keamanan, Aksesibilitas, dan Keandalan Jaringan Pendidikan

Enkripsi komunikasi menjadi komponen penting dalam menjaga kerahasiaan informasi. Protokol HTTPS memastikan data yang dikirim antara perangkat pengguna dan server tidak mudah disadap (Folorunsho et al., 2024). Sertifikat digital digunakan untuk memverifikasi identitas server sehingga pengguna terhubung ke sistem yang sah. Platform pembelajaran seperti Moodle dan Google Classroom telah menerapkan standar enkripsi untuk melindungi data pengguna.

Pengelolaan autentikasi dan otorisasi pengguna juga menentukan tingkat keamanan jaringan. Sistem Single Sign-On memungkinkan integrasi berbagai layanan akademik melalui satu akun terpusat (Tripathi, 2024). Mekanisme autentikasi dua faktor memberikan lapisan perlindungan tambahan dengan memverifikasi identitas melalui perangkat atau kode unik. Pengaturan hak akses berbasis peran memastikan mahasiswa, dosen, dan staf administrasi hanya dapat mengakses sumber daya sesuai tanggung jawabnya.

Aksesibilitas jaringan pendidikan berkaitan dengan kemampuan seluruh pengguna untuk memperoleh layanan tanpa hambatan teknis yang berarti (Ogunlola et al., 2023). Infrastruktur jaringan harus mendukung berbagai jenis perangkat, mulai dari komputer laboratorium hingga ponsel pribadi mahasiswa. Implementasi jaringan nirkabel dengan cakupan luas

memastikan konektivitas tetap tersedia di ruang kelas, perpustakaan, dan area publik kampus. Penempatan access point dirancang berdasarkan analisis kepadatan pengguna agar distribusi sinyal merata.

Aksesibilitas juga mencakup dukungan terhadap mahasiswa yang berada di luar lingkungan kampus. Pembelajaran jarak jauh memerlukan koneksi internet yang stabil serta sistem yang adaptif terhadap variasi kecepatan jaringan. Optimalisasi ukuran file, kompresi video, serta penyediaan materi dalam format alternatif membantu pengguna dengan keterbatasan bandwidth. Desain antarmuka platform pembelajaran perlu mempertimbangkan kemudahan navigasi serta kompatibilitas dengan teknologi bantu bagi pengguna berkebutuhan khusus (Pribadi et al., 2023).

Keandalan jaringan pendidikan berkaitan dengan kemampuan sistem untuk beroperasi secara konsisten tanpa gangguan berkepanjangan. Redundansi infrastruktur menjadi strategi utama dalam menjaga ketersediaan layanan. Koneksi internet ganda dari penyedia berbeda dapat diterapkan untuk mengurangi risiko terputusnya akses. Perangkat inti seperti router dan switch dikonfigurasi dengan mekanisme failover sehingga dapat berfungsi sebagai cadangan ketika perangkat utama mengalami gangguan.

Pusat data yang mendukung sistem pembelajaran juga memerlukan mekanisme replikasi dan pencadangan data. Penyimpanan cadangan dilakukan secara berkala untuk menghindari kehilangan informasi akibat kerusakan perangkat atau serangan siber (Sanghani & Kumar, 2025). Layanan komputasi awan seperti Amazon Web Services dan Microsoft Azure menyediakan infrastruktur dengan tingkat ketersediaan tinggi melalui distribusi pusat data di berbagai lokasi geografis. Pendekatan ini meningkatkan ketahanan layanan terhadap gangguan fisik maupun teknis.

Pemantauan jaringan secara berkelanjutan menjadi bagian dari strategi menjaga keandalan. Administrator menggunakan sistem monitoring untuk memeriksa penggunaan bandwidth, tingkat latensi, serta potensi kemacetan lalu lintas data. Analisis performa membantu mengidentifikasi titik lemah dalam infrastruktur dan merencanakan peningkatan kapasitas sebelum

terjadi gangguan serius. Tindakan preventif lebih efektif dibandingkan penanganan setelah gangguan terjadi.

Kebijakan keamanan dan pengelolaan jaringan perlu didukung oleh literasi digital yang baik dari seluruh pengguna (Tedyyana et al., 2024). Mahasiswa dan dosen harus memahami pentingnya menjaga kerahasiaan kata sandi serta mengenali potensi ancaman siber. Pelatihan keamanan informasi dapat mengurangi risiko serangan yang berasal dari kesalahan pengguna. Kesadaran kolektif terhadap keamanan memperkuat perlindungan teknis yang telah diterapkan.

Sinergi antara keamanan, aksesibilitas, dan keandalan menciptakan lingkungan pembelajaran yang stabil dan inklusif. Jaringan yang aman melindungi data akademik dari ancaman. Akses yang merata memastikan setiap peserta didik dapat terlibat aktif dalam proses belajar. Infrastruktur yang andal menjaga kontinuitas layanan pada berbagai kondisi operasional. Ketiga aspek tersebut membentuk fondasi penting bagi keberhasilan sistem pendidikan berbasis teknologi dan mendukung transformasi pembelajaran menuju ekosistem digital yang berkelanjutan.

Bab 8

Sistem Manajemen Pembelajaran Digital

8.1 Pendahuluan

Perkembangan teknologi digital telah membawa perubahan fundamental dalam sistem pendidikan, khususnya dalam proses pembelajaran. Transformasi ini ditandai dengan pergeseran dari pembelajaran konvensional menuju pembelajaran berbasis teknologi (digital learning), yang memungkinkan proses belajar berlangsung tanpa batasan ruang dan waktu.

Dalam konteks ini, kehadiran Sistem Manajemen Pembelajaran Digital (Learning Management System/LMS) menjadi sangat penting sebagai infrastruktur utama dalam penyelenggaraan pembelajaran modern. Secara konseptual, LMS merupakan evolusi dari sistem e-learning yang dirancang untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi pembelajaran. LMS menyediakan lingkungan belajar virtual yang memungkinkan interaksi

antara dosen dan mahasiswa melalui berbagai fitur seperti forum diskusi, penugasan, kuis, serta analitik pembelajaran (Mansyur *et al.*, 2024; Subakti *et al.*, 2025).

Beberapa ahli telah memberikan definisi LMS yang menjadi dasar dalam pengembangan sistem ini. Menurut R. K. Ellis (2009), LMS adalah perangkat lunak yang digunakan untuk keperluan administrasi, dokumentasi, pelaporan, serta penyampaian materi pembelajaran secara online. Sementara itu, Szabo (2002) menyatakan bahwa LMS merupakan infrastruktur yang menyediakan, mengelola, dan melacak konten pembelajaran serta kemajuan peserta didik secara menyeluruh. Dalam konteks yang lebih mutakhir, LMS dipandang sebagai platform digital yang dirancang untuk mengelola, mendistribusikan, dan memantau kegiatan pembelajaran secara terintegrasi dan berbasis data.

Penelitian terbaru juga menunjukkan bahwa LMS berperan penting dalam meningkatkan pengalaman belajar melalui fitur personalisasi, pelacakan kemajuan, serta integrasi teknologi seperti analitik data dan kecerdasan buatan. Selain itu, studi terkini menekankan bahwa LMS modern telah berkembang dari sistem yang bersifat statis menjadi sistem yang adaptif. LMS kini mampu menyesuaikan pembelajaran dengan kebutuhan individu peserta didik melalui mekanisme adaptive learning, sehingga meningkatkan efektivitas pembelajaran digital. .

8.2 Pengertian Sistem Manajemen Pembelajaran Digital

Sistem Manajemen Pembelajaran Digital atau *Learning Management System* (LMS) merupakan salah satu komponen utama dalam implementasi pembelajaran berbasis teknologi. LMS hadir sebagai solusi untuk mengelola proses pembelajaran secara sistematis, terstruktur, dan terintegrasi dalam lingkungan digital. Secara umum, LMS dapat didefinisikan sebagai perangkat lunak berbasis teknologi informasi yang digunakan untuk

merencanakan, mengelola, menyampaikan, dan mengevaluasi proses pembelajaran secara daring (online). Sistem ini memungkinkan institusi pendidikan untuk mengorganisasi seluruh aktivitas pembelajaran dalam satu platform terpadu, sehingga memudahkan interaksi antara dosen dan peserta didik.

Menurut Ellis (2009), LMS adalah aplikasi perangkat lunak yang digunakan untuk administrasi, dokumentasi, pelacakan, pelaporan, dan penyampaian program pendidikan atau pelatihan. Definisi ini menekankan fungsi LMS sebagai sistem manajemen yang mendukung seluruh siklus pembelajaran. Selanjutnya, Szabo dan Flesher (2002) mendefinisikan LMS sebagai sistem yang dirancang untuk menyediakan, melacak, melaporkan, dan mengelola konten pembelajaran serta kemajuan peserta didik. Definisi ini menunjukkan bahwa LMS tidak hanya berperan sebagai media distribusi materi, tetapi juga sebagai alat monitoring dan evaluasi pembelajaran.

Dalam perspektif yang lebih luas, Coates, James, dan Baldwin (2005) menyatakan bahwa LMS merupakan lingkungan pembelajaran berbasis web yang memungkinkan pengelolaan materi, interaksi pembelajaran, serta penilaian secara terintegrasi dalam satu sistem digital. Hal ini memperkuat peran LMS sebagai platform pembelajaran yang komprehensif. Seiring perkembangan teknologi, definisi LMS mengalami perluasan. Menurut penelitian terbaru, LMS tidak hanya berfungsi sebagai sistem administrasi pembelajaran, tetapi juga sebagai platform pembelajaran cerdas (*intelligent learning platform*) yang memanfaatkan teknologi seperti analitik pembelajaran (*learning analytics*), kecerdasan buatan (*artificial intelligence*), dan big data untuk meningkatkan kualitas pembelajaran.

Dalam konteks ini, LMS modern didefinisikan sebagai platform digital adaptif yang mampu mengelola, mempersonalisasi, dan mengoptimalkan pengalaman belajar pengguna berdasarkan data dan interaksi yang terjadi dalam sistem. Dengan demikian, LMS tidak hanya berorientasi pada penyampaian konten, tetapi juga pada peningkatan pengalaman belajar (*learning experience*).

Selain itu, LMS juga sering disamakan atau dikaitkan dengan beberapa istilah lain, seperti Virtual Learning Environment (VLE), Course Management System (CMS) dan E-Learning Platform (Mujiarto *et al.*, 2024; Rahayu *et al.*, 2024; Subakti *et al.*, 2024).

Dari berbagai definisi tersebut, dapat disimpulkan bahwa Sistem Manajemen Pembelajaran Digital memiliki beberapa karakteristik utama, yaitu:

1. Berbasis teknologi digital (web/cloud-based)
2. Mengintegrasikan seluruh proses pembelajaran
3. Mendukung interaksi antara pengguna
4. Memfasilitasi evaluasi dan pelaporan
5. Menggunakan data untuk meningkatkan kualitas pembelajaran.

Dengan demikian, LMS merupakan fondasi penting dalam ekosistem pendidikan digital. Keberadaannya tidak hanya mendukung proses pembelajaran daring, tetapi juga menjadi penggerak utama transformasi pendidikan menuju sistem yang lebih fleksibel, efisien, dan berbasis teknologi.

Gambar 8.1 di bawah menunjukkan bahwa tahap persiapan menggambarkan pendahuluan untuk pelaksanaan bisnis. Tahap ini memperkirakan bahwa sasaran format ditetapkan dengan mendefinisikan tujuan-tujuan tergantung pada alur yang dituju. Dengan demikian, ditentukan apakah penciptaan nilai tambah bisnis diselenggarakan dengan cara yang terstruktur, sebagai 'Aliran Kualifikasi' (misalnya, mendekatkan teknologi AI) atau/dan sebagai 'Aliran Riset' (misalnya, mengumpulkan data untuk memperoleh wawasan tentang bisnis). Tahap pemodelan desain bisnis dilakukan dengan pemetaan hasil SWOT hingga melahirkan model bisnis.



Gambar 8.1: Learning Manajemen sistem pembelajaran

Tahap ketiga menggambarkan bahwa model bisnis yang sudah dijelaskan lebih awal dapat diterjemahkan dalam berbagai kegiatan dan program layanan. Kemudian, terjemahan program dan kegiatan ini dilanjutkan dengan eksekusi untuk menghasilkan solusi. Tahap keempat perlu retro yakni menggali kembali inspirasi dari proses persiapan pelaksanaan (SWOT) pemodelan hingga hasil yang dieksekusi (Simanjuntak & Sukresna, 2022). Sifatnya pada retro adalah pemantaban bisnis model. Tahap kelima atau terakhir, organisasi bisnis sampai pada analisis hasil dan keberlanjutan.

Secara keseluruhan, perencanaan bisnis berpotensi untuk mengalihkan perhatian pemasaran strategis dari fokus pada hubungan layanan, dan dengan demikian, untuk mengatur ulang gagasan pemasar tentang alokasi sumber daya yang efisien, organisasi memulai dari penetapan visi dan misi organisasi. Turunan visi dan misi bisa dijabarkan menjadi aksi penambahan nilai dan program kegiatan. Perencanaan bisnis dimulai dari pernyataan

Visi dan Misi organisasi. Perencanaan biasanya dimulai dengan pernyataan visi dan misi. Semakin jelas visi dan misi, semakin mudah untuk mengembangkan rencana guna menciptakan organisasi yang akan mewujudkan visi tersebut (Aderibigbe, 2022).

8.3 Fungsi dan Tujuan LMS

Perkembangan Sistem Manajemen Pembelajaran Digital atau *Learning Management System* (LMS) tidak terlepas dari kontribusi para ahli di bidang teknologi pendidikan yang telah mengkaji peran, fungsi, dan tujuan sistem ini dalam mendukung proses pembelajaran modern. LMS tidak lagi dipandang sekadar sebagai alat bantu teknologi, melainkan sebagai suatu ekosistem pembelajaran digital yang terintegrasi dan berorientasi pada peningkatan kualitas pendidikan.

Dalam kajian awal, Ellis (2009) mendefinisikan LMS sebagai sistem yang berfungsi untuk mengelola seluruh aktivitas pembelajaran secara digital. Fungsi tersebut mencakup administrasi pembelajaran, dokumentasi materi, pelacakan kemajuan belajar, serta pelaporan hasil belajar. Dengan demikian, LMS berperan sebagai pusat pengendali (*centralized system*) yang memungkinkan pengelolaan pembelajaran dilakukan secara sistematis dan terstruktur.

Pandangan serupa dikemukakan oleh Coates, James, dan Baldwin (2005), yang menekankan bahwa LMS memiliki fungsi utama sebagai media distribusi materi pembelajaran, sarana interaksi antara dosen dan mahasiswa, serta alat evaluasi berbasis teknologi. Dalam konteks ini, LMS tidak hanya berfungsi sebagai repositori materi, tetapi juga sebagai ruang interaksi akademik yang mendukung keterlibatan aktif peserta didik dalam proses pembelajaran.

Watson dan Watson (2007) mengemukakan bahwa LMS merupakan platform yang mengintegrasikan penyampaian konten (*content delivery*), manajemen pembelajaran, serta komunikasi dan kolaborasi. Mereka

menegaskan bahwa LMS harus dipahami sebagai lingkungan belajar digital (learning environment) yang memungkinkan terjadinya interaksi multidimensional antara pengguna, baik secara sinkron maupun asinkron. Horton (2012) memperluas perspektif tersebut dengan menyatakan bahwa LMS berfungsi untuk menyediakan pengalaman belajar yang terstruktur dan sistematis, serta mendukung pembelajaran mandiri (self-paced learning).

Dalam pandangan ini, LMS memberikan fleksibilitas kepada peserta didik untuk mengakses materi sesuai dengan kecepatan dan kebutuhan belajar masing-masing. Dalam konteks pendidikan di Indonesia, Riyanto (2018) menegaskan bahwa LMS berfungsi sebagai sarana pembelajaran jarak jauh, media pembelajaran interaktif, serta alat untuk meningkatkan kualitas pembelajaran berbasis teknologi.

Hal ini menunjukkan bahwa LMS memiliki peran strategis dalam menjawab tantangan pemerataan akses pendidikan di era digital. Berdasarkan berbagai pandangan tersebut, dapat disimpulkan bahwa fungsi LMS secara umum meliputi pengelolaan pembelajaran, distribusi materi, fasilitasi komunikasi, pelaksanaan evaluasi, serta monitoring kemajuan belajar. Fungsi-fungsi ini saling terintegrasi dalam satu sistem yang mendukung efektivitas dan efisiensi proses pembelajaran.

Selain fungsi, para ahli juga memberikan perhatian terhadap tujuan penggunaan LMS dalam pendidikan. Clark dan Mayer (2016) menyatakan bahwa tujuan utama LMS adalah untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran melalui pemanfaatan teknologi multimedia yang interaktif. LMS memungkinkan penyajian materi yang lebih menarik dan mudah dipahami, sehingga dapat meningkatkan keterlibatan peserta didik. Bates (2019) melihat LMS sebagai sarana untuk memperluas akses pendidikan dan mendukung pembelajaran yang fleksibel.

Dengan LMS, peserta didik tidak lagi terikat oleh batasan ruang dan waktu, sehingga memungkinkan terciptanya pembelajaran yang lebih inklusif dan adaptif terhadap kebutuhan individu. Sementara itu, Dabbagh dan Ritland (2005) menekankan bahwa LMS bertujuan untuk menciptakan lingkungan

belajar yang kolaboratif dan konstruktivis. Dalam lingkungan ini, peserta didik didorong untuk aktif membangun pengetahuan melalui interaksi dan diskusi, bukan sekadar menerima informasi secara pasif Munir (2017) menambahkan bahwa tujuan LMS adalah untuk meningkatkan kualitas pendidikan serta mendukung pembelajaran sepanjang hayat (lifelong learning).

LMS memungkinkan individu untuk terus belajar dan mengembangkan kompetensi tanpa terbatas oleh jenjang pendidikan formal. Selanjutnya, Romiszowski (2004) menekankan aspek efisiensi dengan menyatakan bahwa LMS bertujuan untuk mengotomatisasi proses pembelajaran, meningkatkan efisiensi pengelolaan pendidikan, serta menyediakan sistem evaluasi yang terstruktur dan terukur.

Dari berbagai pandangan tersebut, dapat disimpulkan bahwa tujuan utama LMS adalah meningkatkan efektivitas dan efisiensi pembelajaran, memperluas akses pendidikan, mendukung pembelajaran fleksibel dan mandiri, meningkatkan interaksi dan kolaborasi, serta mengintegrasikan teknologi dalam proses pendidikan. Secara keseluruhan, LMS telah membawa perubahan paradigma dalam dunia pendidikan, dari pendekatan yang berpusat pada pengajar (teacher-centered) menuju pendekatan yang berpusat pada peserta didik (student-centered).

Selain itu, pembelajaran yang sebelumnya bersifat konvensional kini bertransformasi menjadi pembelajaran digital yang lebih interaktif, fleksibel, dan adaptif terhadap perkembangan teknologi. Dengan demikian, pemanfaatan LMS secara optimal memerlukan tidak hanya dukungan teknologi, tetapi juga kesiapan sumber daya manusia, desain pembelajaran yang tepat, serta kebijakan institusi yang mendukung implementasi pembelajaran digital secara berkelanjutan.

8.4 Komponen Utama LMS

Sistem Manajemen Pembelajaran Digital atau Learning Management System (LMS) merupakan suatu sistem terintegrasi yang dirancang untuk mendukung seluruh proses pembelajaran berbasis teknologi. Agar dapat berfungsi secara optimal, LMS dibangun atas sejumlah komponen utama yang saling berkaitan dan bekerja secara sistematis.

Komponen-komponen ini tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga mencerminkan kebutuhan pedagogis dalam pembelajaran digital. Secara umum, komponen utama dalam LMS mencakup manajemen pengguna, pengelolaan konten, sistem evaluasi, alat komunikasi, serta pelaporan dan analitik.

Setiap komponen memiliki peran strategis dalam memastikan bahwa proses pembelajaran dapat berlangsung secara efektif, efisien, dan terukur:

1. Manajemen pengguna (user management), yang berfungsi untuk mengatur seluruh pengguna dalam sistem LMS. Dalam konteks ini, pengguna biasanya dibagi menjadi beberapa peran utama, yaitu administrator, dosen atau pengajar, serta mahasiswa atau peserta didik. Administrator bertanggung jawab terhadap pengelolaan sistem secara keseluruhan, termasuk pengaturan akses dan keamanan. Dosen berperan sebagai pengelola pembelajaran yang menyusun materi, memberikan tugas, dan melakukan evaluasi.
2. Pengelolaan konten (content management), yang merupakan inti dari proses pembelajaran dalam LMS. Komponen ini memungkinkan dosen untuk mengunggah, mengatur, dan mendistribusikan materi pembelajaran dalam berbagai format, seperti teks, presentasi, video, audio, maupun multimedia interaktif. Pengelolaan konten yang efektif tidak hanya berkaitan dengan penyimpanan materi, tetapi juga dengan bagaimana materi tersebut disusun secara sistematis dan mudah diakses oleh peserta

didik. Dengan demikian, LMS mendukung terciptanya pengalaman belajar yang terstruktur dan berorientasi pada kebutuhan pengguna.

3. Alat evaluasi (assessment tools). Komponen ini digunakan untuk mengukur tingkat pemahaman dan pencapaian peserta didik terhadap materi yang telah dipelajari. LMS umumnya menyediakan berbagai bentuk evaluasi, seperti kuis online, ujian berbasis komputer, penugasan, serta penilaian berbasis proyek. Keunggulan dari sistem evaluasi dalam LMS adalah kemampuannya untuk memberikan umpan balik secara cepat dan akurat, serta mendukung proses penilaian yang lebih objektif dan transparan. Selain itu, data hasil evaluasi dapat disimpan dan dianalisis untuk mengetahui perkembangan belajar peserta didik secara berkelanjutan.
4. Alat komunikasi (communication tools), yang berfungsi sebagai sarana interaksi antara pengajar dan peserta didik, maupun antar peserta didik itu sendiri. Dalam pembelajaran digital, interaksi merupakan elemen penting yang menentukan keberhasilan proses belajar. Oleh karena itu, LMS biasanya dilengkapi dengan berbagai fitur komunikasi, seperti forum diskusi, pesan instan, email internal, serta integrasi dengan aplikasi konferensi video. Melalui fitur ini, proses pembelajaran dapat berlangsung secara kolaboratif, baik secara sinkron (real-time) maupun asinkron (tidak langsung).
5. Pelaporan dan analitik (reporting and analytics), yang berfungsi untuk memantau dan mengevaluasi aktivitas pembelajaran dalam LMS. Komponen ini menyediakan berbagai data dan informasi terkait kehadiran, partisipasi, hasil belajar, serta tingkat keterlibatan peserta didik. Data tersebut dapat digunakan oleh pengajar dan institusi untuk mengambil keputusan yang tepat

dalam meningkatkan kualitas pembelajaran. Selain itu, analitik pembelajaran (learning analytics) juga memungkinkan identifikasi dini terhadap peserta didik yang mengalami kesulitan, sehingga dapat diberikan intervensi yang sesuai.

Secara keseluruhan, kelima komponen utama tersebut membentuk suatu sistem yang saling terintegrasi dan tidak dapat dipisahkan satu sama lain. Manajemen pengguna memastikan pengaturan akses yang tepat, pengelolaan konten menyediakan materi pembelajaran, alat evaluasi mengukur hasil belajar, alat komunikasi mendukung interaksi, serta pelaporan dan analitik memberikan dasar pengambilan keputusan. Integrasi yang baik antara komponen-komponen ini akan menghasilkan LMS yang tidak hanya berfungsi sebagai platform teknologi, tetapi juga sebagai lingkungan belajar digital yang efektif.

8.5 Jenis-Jenis LMS

Sistem Manajemen Pembelajaran Digital (Learning Management System atau LMS) berkembang seiring dengan kemajuan teknologi informasi dan kebutuhan pendidikan yang semakin kompleks. Perkembangan ini melahirkan berbagai jenis LMS yang dapat diklasifikasikan berdasarkan model pengembangan, cara distribusi, serta pendekatan penggunaannya.

Pemahaman terhadap jenis-jenis LMS menjadi penting agar institusi pendidikan dapat memilih sistem yang paling sesuai dengan kebutuhan, sumber daya, dan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai. Secara umum, LMS dapat dibedakan menjadi beberapa jenis utama, yaitu LMS berbasis open source, LMS komersial, LMS berbasis cloud, serta LMS kustom (custom-built LMS).

Masing-masing jenis memiliki karakteristik, keunggulan, dan keterbatasan yang berbeda:

1. LMS berbasis open source. LMS jenis ini dikembangkan secara terbuka dan dapat digunakan, dimodifikasi, serta didistribusikan secara bebas oleh pengguna. Salah satu keunggulan utama dari LMS open source adalah fleksibilitasnya yang tinggi. Institusi pendidikan dapat menyesuaikan fitur, tampilan, maupun integrasi sistem sesuai dengan kebutuhan spesifik mereka. Selain itu, biaya penggunaan relatif rendah karena tidak memerlukan lisensi berbayar. Namun demikian, penggunaan LMS open source juga memiliki tantangan, terutama terkait kebutuhan sumber daya manusia yang memiliki kemampuan teknis untuk melakukan instalasi, pengembangan, dan pemeliharaan sistem. Tanpa dukungan teknis yang memadai, implementasi LMS jenis ini dapat menjadi kurang optimal.
2. LMS komersial. LMS ini dikembangkan dan didistribusikan oleh perusahaan dengan model bisnis berbayar. Pengguna biasanya harus membayar lisensi atau biaya berlangganan untuk dapat menggunakan layanan yang disediakan. Keunggulan utama LMS komersial terletak pada dukungan teknis profesional, fitur yang lengkap, serta tingkat keamanan yang umumnya lebih terjamin. Selain itu, LMS komersial biasanya memiliki antarmuka yang lebih ramah pengguna dan pembaruan sistem yang rutin. Namun, biaya yang relatif tinggi menjadi salah satu kendala utama, terutama bagi institusi pendidikan dengan keterbatasan anggaran. Oleh karena itu, pemilihan LMS komersial harus mempertimbangkan aspek biaya dan manfaat secara matang.
3. LMS berbasis cloud. LMS ini dihosting pada server penyedia layanan (cloud service provider) dan dapat diakses melalui internet

tanpa memerlukan instalasi lokal. Pengguna hanya perlu memiliki perangkat dan koneksi internet untuk dapat mengakses sistem. LMS berbasis cloud menawarkan kemudahan dalam penggunaan dan pengelolaan, karena aspek teknis seperti pemeliharaan server, pembaruan sistem, dan keamanan dikelola oleh penyedia layanan. Selain itu, LMS jenis ini memiliki skalabilitas yang tinggi, sehingga dapat menyesuaikan jumlah pengguna sesuai kebutuhan. Meskipun demikian, ketergantungan pada koneksi internet menjadi tantangan utama, terutama di daerah dengan infrastruktur jaringan yang belum stabil. Selain itu, isu keamanan data dan privasi juga perlu menjadi perhatian dalam penggunaan LMS berbasis cloud.

4. LMS kustom (custom-built LMS), yaitu sistem yang dikembangkan secara khusus sesuai dengan kebutuhan institusi atau organisasi tertentu. LMS jenis ini biasanya dirancang dari awal dengan mempertimbangkan karakteristik pengguna, kurikulum, serta tujuan pembelajaran yang spesifik. Keunggulan utama LMS kustom adalah tingkat kesesuaian yang sangat tinggi terhadap kebutuhan pengguna, serta fleksibilitas dalam integrasi dengan sistem lain yang sudah ada. Namun, pengembangan LMS kustom memerlukan biaya yang cukup besar serta waktu yang relatif lama. Selain itu, diperlukan tim pengembang yang kompeten untuk memastikan sistem dapat berjalan dengan baik dan berkelanjutan.
5. LMS berbasis mobile (mobile LMS) dan LMS terintegrasi dengan teknologi kecerdasan buatan. LMS berbasis mobile dirancang untuk memberikan akses pembelajaran melalui perangkat smartphone, sehingga mendukung konsep mobile learning yang semakin populer. Sementara itu, LMS berbasis kecerdasan buatan

mampu memberikan rekomendasi materi, analisis perilaku belajar, serta personalisasi pembelajaran berdasarkan data pengguna.

8.6 Fitur-Fitur Utama LMS

Salah satu fitur utama dalam LMS adalah dashboard atau halaman utama pengguna. Dashboard berfungsi sebagai pusat informasi yang memberikan gambaran menyeluruh mengenai aktivitas pembelajaran. Melalui dashboard, pengguna dapat melihat jadwal perkuliahan, tugas yang harus diselesaikan, pengumuman terbaru, serta notifikasi penting lainnya. Keberadaan dashboard yang informatif dan mudah digunakan sangat membantu peserta didik dalam mengelola waktu dan aktivitas belajar secara mandiri.

Fitur berikutnya adalah:

1. Manajemen kursus (course management), yang memungkinkan pengajar untuk merancang, mengelola, dan mengorganisasi mata pelajaran atau mata kuliah dalam bentuk digital. Dalam fitur ini, pengajar dapat menyusun struktur pembelajaran, mengatur urutan materi, serta menentukan metode penyampaian yang sesuai. Manajemen kursus yang baik akan menghasilkan alur pembelajaran yang sistematis dan mudah dipahami oleh peserta didik. Selanjutnya, lms dilengkapi dengan fitur
2. Penugasan dan evaluasi (assignment and assessment). Fitur ini memungkinkan pengajar untuk memberikan tugas, kuis, maupun ujian secara online. Peserta didik dapat mengumpulkan tugas secara digital, sementara sistem secara otomatis dapat melakukan penilaian untuk jenis soal tertentu, seperti pilihan ganda. Selain itu, lms juga menyediakan umpan balik (feedback) yang cepat dan

terstruktur, sehingga peserta didik dapat mengetahui tingkat pemahaman mereka terhadap materi yang telah dipelajari.

3. Forum diskusi dan kolaborasi. Dalam pembelajaran digital, interaksi merupakan elemen yang sangat penting untuk meningkatkan keterlibatan peserta didik. Forum diskusi memungkinkan terjadinya pertukaran ide, pemecahan masalah, serta pembelajaran kolaboratif antara peserta didik dan pengajar. Fitur ini juga mendukung pembelajaran berbasis konstruktivisme, di mana pengetahuan dibangun melalui interaksi sosial. Selain itu, lms modern umumnya menyediakan fitur
4. Integrasi konferensi video (video conference integration). Fitur ini memungkinkan pelaksanaan pembelajaran secara sinkron melalui pertemuan virtual. Dengan adanya integrasi ini, pengajar dapat menyampaikan materi secara langsung, melakukan diskusi, serta memberikan penjelasan secara real-time. Hal ini menjadi sangat penting dalam menjaga kualitas interaksi yang biasanya terjadi dalam pembelajaran tatap muka.
5. Akses mobile (mobile access), yang memungkinkan lms diakses melalui perangkat smartphone atau tablet. Fitur ini mendukung konsep mobile learning, di mana peserta didik dapat belajar kapan saja dan di mana saja tanpa terbatas oleh perangkat komputer. Akses mobile yang baik akan meningkatkan fleksibilitas dan kenyamanan dalam proses pembelajaran.
6. Pelacakan dan analitik pembelajaran (learning analytics). Fitur ini memungkinkan pengajar dan institusi untuk memantau aktivitas belajar peserta didik, seperti frekuensi akses materi, tingkat partisipasi dalam diskusi, serta hasil evaluasi. Data tersebut dapat dianalisis untuk mengidentifikasi pola belajar, mendeteksi

kesulitan yang dihadapi peserta didik, serta merancang intervensi yang tepat untuk meningkatkan hasil belajar.

7. Manajemen konten multimedia, yang memungkinkan penyajian materi dalam berbagai format, seperti video, audio, animasi, dan simulasi interaktif. Penggunaan multimedia dalam lms dapat meningkatkan daya tarik pembelajaran serta membantu peserta didik memahami konsep yang kompleks dengan lebih mudah.
8. Sistem keamanan dan manajemen akses. Lms harus mampu melindungi data pengguna serta memastikan bahwa hanya pihak yang berwenang yang dapat mengakses informasi tertentu. Oleh karena itu, sistem keamanan seperti autentikasi pengguna, enkripsi data, dan pengaturan hak akses menjadi bagian integral dari lms.

8.7 Keunggulan LMS dalam Pembelajaran

Pemanfaatan Sistem Manajemen Pembelajaran Digital (Learning Management System atau LMS) dalam dunia pendidikan telah memberikan berbagai keunggulan yang signifikan dibandingkan dengan pendekatan pembelajaran konvensional. LMS tidak hanya berfungsi sebagai media penyampaian materi, tetapi juga sebagai lingkungan belajar digital yang mampu meningkatkan efektivitas, efisiensi, dan kualitas proses pembelajaran secara keseluruhan.

Salah satu keunggulan utama LMS adalah fleksibilitas dalam proses pembelajaran. Melalui LMS, peserta didik dapat mengakses materi pembelajaran kapan saja dan di mana saja tanpa dibatasi oleh ruang dan waktu. Fleksibilitas ini memungkinkan terciptanya pembelajaran yang lebih adaptif terhadap kebutuhan individu, terutama bagi peserta didik yang memiliki keterbatasan waktu atau akses terhadap pendidikan formal.

Dengan demikian, LMS mendukung konsep anytime learning dan anywhere learning yang menjadi ciri khas pendidikan di era digital. Keunggulan berikutnya adalah efisiensi waktu dan biaya.

Dalam pembelajaran berbasis LMS, kebutuhan akan ruang kelas fisik, biaya transportasi, serta penggunaan bahan cetak dapat diminimalkan. Proses administrasi pembelajaran, seperti distribusi materi, pengumpulan tugas, dan penilaian, dapat dilakukan secara otomatis melalui sistem. Hal ini tidak hanya menghemat waktu bagi pengajar dan peserta didik, tetapi juga meningkatkan efisiensi operasional institusi pendidikan. Selain itu, LMS memberikan kemudahan dalam pengelolaan dan distribusi materi pembelajaran. Pengajar dapat mengunggah materi dalam berbagai format digital dan mengorganisasikannya secara sistematis.

Peserta didik dapat mengakses materi tersebut secara berulang sesuai kebutuhan, sehingga membantu memperkuat pemahaman terhadap konsep yang dipelajari. Kemudahan ini juga memungkinkan pembaruan materi dilakukan secara cepat tanpa harus mencetak ulang bahan ajar. Keunggulan lain yang menonjol adalah kemampuan dalam memantau dan mengevaluasi kemajuan belajar peserta didik secara real-time. LMS menyediakan fitur pelacakan aktivitas yang memungkinkan pengajar untuk mengetahui tingkat partisipasi, frekuensi akses, serta hasil evaluasi peserta didik.

Data ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi peserta didik yang mengalami kesulitan, sehingga pengajar dapat memberikan intervensi yang tepat dan cwoebaktu. Dengan demikian, proses pembelajaran menjadi lebih terarah dan berbasis data. LMS juga mendukung pembelajaran yang lebih interaktif dan kolaboratif. Melalui fitur seperti forum diskusi, chat, dan kerja kelompok daring, peserta didik dapat berinteraksi dengan pengajar maupun sesama peserta didik. Interaksi ini mendorong terjadinya pertukaran ide, diskusi kritis, serta pembelajaran berbasis kolaborasi.

Hal ini sejalan dengan pendekatan pembelajaran konstruktivis yang menekankan peran aktif peserta didik dalam membangun pengetahuan. Selanjutnya, LMS memungkinkan personalisasi pembelajaran. Setiap

peserta didik memiliki gaya belajar, kecepatan, dan kebutuhan yang berbeda. LMS dapat mengakomodasi perbedaan tersebut dengan menyediakan materi yang dapat diakses sesuai kebutuhan, serta memungkinkan pengajar untuk memberikan umpan balik yang bersifat individual. Dalam perkembangan lebih lanjut, integrasi teknologi seperti kecerdasan buatan juga memungkinkan penyajian materi yang lebih adaptif dan berbasis data pengguna.

Keunggulan lain dari LMS adalah peningkatan transparansi dan akuntabilitas dalam proses pembelajaran. Semua aktivitas pembelajaran, termasuk pengumpulan tugas, penilaian, dan umpan balik, tercatat secara sistematis dalam sistem. Hal ini memudahkan proses monitoring dan audit akademik, serta mengurangi potensi kesalahan atau ketidaksesuaian dalam penilaian. Selain itu, LMS mendukung pembelajaran berkelanjutan (*lifelong learning*). Dengan akses yang tidak terbatas pada ruang dan waktu, individu dapat terus belajar dan mengembangkan kompetensi sepanjang hayat.

LMS juga memungkinkan integrasi dengan berbagai sumber belajar eksternal, sehingga memperkaya pengalaman belajar peserta didik. Dari sisi institusi, penggunaan LMS memberikan kemudahan dalam pengambilan keputusan berbasis data. Data yang dihasilkan dari aktivitas pengguna dapat dianalisis untuk mengevaluasi efektivitas pembelajaran, mengidentifikasi kebutuhan pengembangan kurikulum, serta merancang strategi peningkatan kualitas pendidikan.

Hal ini menjadikan LMS sebagai alat strategis dalam manajemen pendidikan modern. Secara keseluruhan, keunggulan LMS dalam pembelajaran mencerminkan transformasi paradigma pendidikan dari sistem yang bersifat konvensional menuju sistem yang lebih digital, fleksibel, dan berpusat pada peserta didik.

8.8 Tantangan dalam Implementasi LMS

Salah satu tantangan utama dalam implementasi LMS adalah keterbatasan infrastruktur teknologi. Keberhasilan penggunaan LMS sangat bergantung pada ketersediaan perangkat keras, jaringan internet yang stabil, serta server yang memadai. Di banyak wilayah, khususnya di daerah dengan akses teknologi yang terbatas, koneksi internet yang tidak stabil menjadi hambatan signifikan dalam mengakses LMS secara efektif. Selain itu, tidak semua peserta didik memiliki perangkat yang mendukung, seperti laptop atau smartphone dengan spesifikasi yang memadai. Kondisi ini dapat menimbulkan kesenjangan akses (*digital divide*) yang berdampak pada ketidakmerataan kualitas pembelajaran.

Tantangan berikutnya:

1. Rendahnya literasi digital di kalangan pengguna. Baik pengajar maupun peserta didik tidak semuanya memiliki kemampuan yang cukup dalam memanfaatkan teknologi digital secara optimal.
2. Resistensi terhadap perubahan juga menjadi tantangan yang cukup signifikan. Peralihan dari pembelajaran konvensional ke pembelajaran digital memerlukan perubahan pola pikir dan budaya belajar. Sebagian pengajar dan peserta didik mungkin merasa lebih nyaman dengan metode tatap muka tradisional, sehingga kurang antusias dalam menggunakan lms.
3. Desain pembelajaran yang kurang optimal. Penggunaan lms tidak serta-merta menjamin kualitas pembelajaran jika materi yang disajikan tidak dirancang dengan baik. Banyak kasus di mana lms hanya digunakan sebagai tempat penyimpanan materi tanpa adanya interaktivitas atau strategi pembelajaran yang jelas

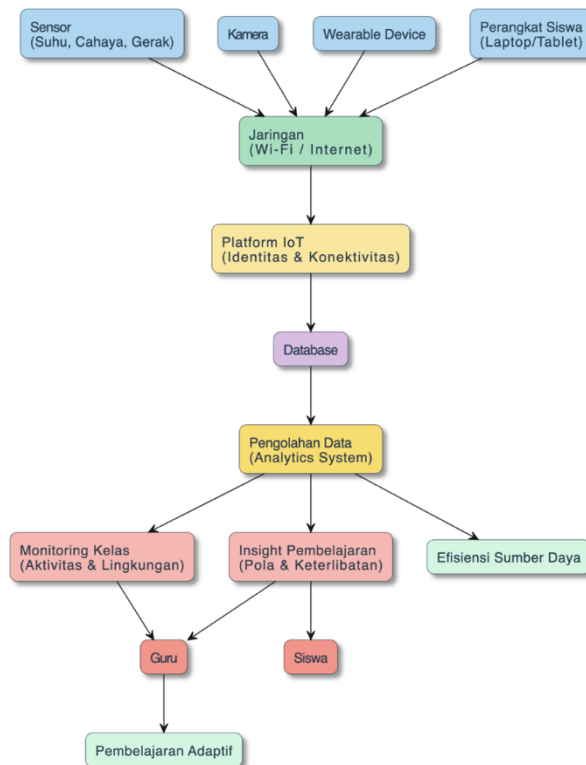
Bab 9

Internet of Things dalam Lingkungan Pendidikan

9.1 Konsep Dasar Internet of Things dalam Pendidikan

Internet of Things dalam pendidikan merujuk pada pemanfaatan perangkat yang saling terhubung melalui jaringan untuk mendukung proses belajar, pengelolaan kelas, serta pengambilan keputusan berbasis data. Perangkat tersebut dapat berupa sensor, kamera, perangkat wearable, hingga alat elektronik lain yang mampu mengirimkan dan menerima data secara otomatis (Çela et al., 2024). Teknologi ini membuka peluang bagi lembaga pendidikan untuk menciptakan lingkungan belajar yang lebih responsif terhadap kebutuhan peserta didik. Data yang dikumpulkan dari berbagai perangkat dapat digunakan untuk memantau aktivitas belajar, kondisi lingkungan kelas, serta tingkat keterlibatan siswa selama proses pembelajaran berlangsung secara berkelanjutan.

Sistem berbasis keterhubungan perangkat bekerja melalui integrasi antara perangkat keras, jaringan komunikasi, dan sistem pengolahan data yang saling terhubung secara terus-menerus. Setiap perangkat memiliki identitas unik yang memungkinkan pertukaran data tanpa keterlibatan manusia secara langsung. Proses ini melibatkan sensor untuk mengumpulkan informasi dari lingkungan, jaringan untuk mengirimkan data tersebut, serta platform pengolahan yang menganalisis data menjadi informasi yang dapat digunakan (Askerov et al., 2024). Dalam lingkungan pendidikan, alur kerja ini membantu guru memahami kondisi kelas secara lebih akurat berdasarkan data yang diperoleh secara langsung saat proses pembelajaran berlangsung.



Gambar 9.1: Konsep Dasar Internet of Things dalam Pendidikan

Penerapan teknologi ini tidak hanya berfokus pada perangkat, tetapi juga pada bagaimana data dimanfaatkan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran. Data yang dihasilkan dapat berupa tingkat kehadiran siswa, pola aktivitas belajar, kondisi suhu ruangan, hingga intensitas penggunaan fasilitas pendidikan (Pogoh et al., 2025). Informasi tersebut memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai situasi belajar yang terjadi setiap hari. Guru dapat menggunakan data tersebut untuk menyesuaikan metode pembelajaran agar lebih efektif dan sesuai dengan kebutuhan siswa di dalam kelas.

Peran sensor menjadi bagian penting karena sensor berfungsi sebagai pengumpul data dari lingkungan fisik secara langsung. Sensor suhu dapat digunakan untuk menjaga kenyamanan ruang kelas agar tetap kondusif, sensor gerak dapat memantau aktivitas siswa selama pembelajaran, dan sensor cahaya dapat membantu mengatur pencahayaan yang sesuai (Chauhan, 2024). Setiap data yang dikumpulkan akan dikirimkan ke sistem pusat untuk dianalisis lebih lanjut. Hasil analisis tersebut dapat digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan yang berkaitan dengan proses pembelajaran maupun pengelolaan fasilitas pendidikan secara lebih tepat.

Teknologi berbasis perangkat terhubung juga mendukung terciptanya interaksi yang lebih luas antara siswa, guru, dan sistem pembelajaran digital. Perangkat yang digunakan siswa memungkinkan mereka untuk berinteraksi dengan materi pembelajaran secara lebih aktif dan menarik. Guru dapat memantau perkembangan siswa secara berkelanjutan tanpa harus bergantung pada metode evaluasi tradisional saja (Osmani & Tartari, 2024). Sistem yang saling terhubung juga memungkinkan integrasi dengan berbagai platform pembelajaran digital sehingga menciptakan ekosistem pendidikan yang lebih terstruktur dan saling mendukung.

Penggunaan teknologi ini memberikan peluang untuk menciptakan pembelajaran yang lebih personal dan adaptif sesuai dengan kebutuhan setiap siswa (Rizal et al., 2023; Ashari et al., 2024). Data yang diperoleh dari perangkat dapat digunakan untuk mengidentifikasi gaya belajar siswa serta kesulitan yang mereka hadapi selama proses pembelajaran (Murthy et al.,

2024). Informasi tersebut membantu guru dalam merancang strategi pembelajaran yang lebih tepat sasaran. Setiap siswa dapat memperoleh pengalaman belajar yang berbeda berdasarkan hasil analisis data yang dilakukan oleh sistem.

Teknologi ini juga berkaitan erat dengan efisiensi dalam pengelolaan sumber daya pendidikan di lingkungan sekolah maupun perguruan tinggi. Perangkat yang terhubung dapat membantu dalam mengontrol penggunaan listrik, air, serta berbagai fasilitas lain secara lebih terukur dan efisien. Sistem otomatis dapat mengatur penggunaan perangkat berdasarkan kebutuhan yang sebenarnya tanpa intervensi manual secara terus-menerus (Fernández-Batanero et al., 2024). Hal ini memberikan dampak positif terhadap pengelolaan fasilitas pendidikan yang lebih tertata dan efisien.

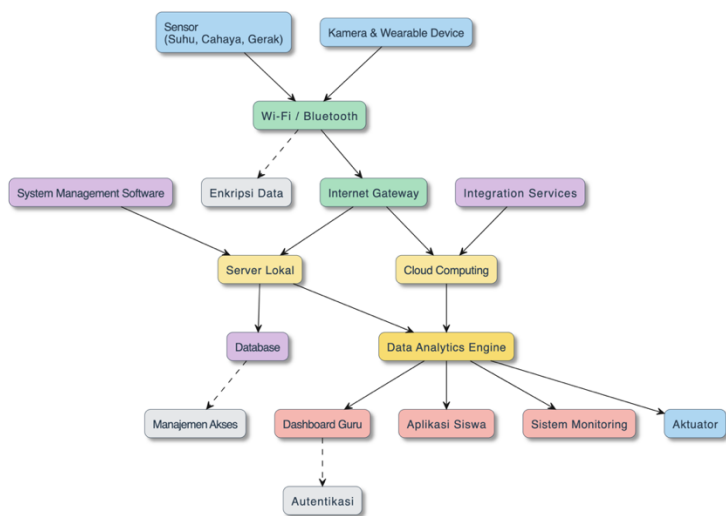
Perkembangan teknologi berbasis konektivitas perangkat menunjukkan bahwa integrasi antara perangkat, data, dan sistem pengolahan informasi mampu menciptakan peluang baru dalam meningkatkan kualitas pendidikan. Lembaga pendidikan dapat memanfaatkan pendekatan ini untuk menciptakan lingkungan belajar yang lebih efektif dan interaktif. Proses pembelajaran menjadi lebih terarah karena didukung oleh data yang akurat dan terkini. Pendekatan ini juga mendorong perubahan cara belajar dan mengajar yang lebih adaptif terhadap kebutuhan peserta didik serta perkembangan teknologi yang terus berkembang.

9.2 Arsitektur dan Komponen IoT untuk Lingkungan Pembelajaran

Arsitektur dan komponen IoT dalam lingkungan pembelajaran menggambarkan susunan sistem yang menghubungkan berbagai perangkat, jaringan, serta platform pengolahan data untuk mendukung aktivitas pendidikan secara terintegrasi (Pogoh et al., 2025). Arsitektur ini menjadi fondasi utama dalam menentukan bagaimana data dikumpulkan, dikirim,

diproses, dan dimanfaatkan dalam kegiatan belajar mengajar. Setiap bagian dalam sistem memiliki peran tertentu yang saling melengkapi sehingga mampu menghasilkan aliran informasi yang berkelanjutan. Struktur yang terorganisir memungkinkan lingkungan pendidikan berfungsi secara lebih efektif karena seluruh elemen bekerja dalam satu kesatuan sistem yang saling terhubung.

Lapisan pertama dalam arsitektur ini adalah lapisan perangkat atau device layer yang terdiri dari berbagai alat fisik yang digunakan di lingkungan pembelajaran. Perangkat ini mencakup sensor, aktuator, kamera, perangkat wearable, serta perangkat elektronik lain yang mampu mengumpulkan data dari lingkungan sekitar (Dai et al., 2023). Sensor berfungsi untuk menangkap informasi seperti suhu, kelembapan, cahaya, hingga aktivitas siswa di dalam kelas. Aktuator berperan dalam menjalankan perintah tertentu seperti mengaktifkan atau menonaktifkan perangkat berdasarkan kondisi yang terdeteksi. Lapisan ini menjadi titik awal dalam proses pengumpulan data yang nantinya akan digunakan oleh sistem untuk berbagai keperluan pembelajaran dan pengelolaan lingkungan.



Gambar 9.2: Arsitektur dan Komponen IoT untuk Lingkungan Pembelajaran

Lapisan berikutnya adalah jaringan komunikasi yang berfungsi sebagai penghubung antar perangkat dalam sistem. Jaringan ini memungkinkan data yang dikumpulkan oleh perangkat dikirimkan ke sistem pusat untuk diproses lebih lanjut (Mota et al., 2023). Teknologi komunikasi yang digunakan dapat berupa Wi-Fi, Bluetooth, maupun jaringan berbasis internet lainnya yang mendukung pertukaran data secara cepat dan stabil. Kualitas jaringan sangat memengaruhi kelancaran sistem karena keterlambatan atau gangguan pada jaringan dapat berdampak pada keterlambatan informasi yang diterima. Lingkungan pembelajaran membutuhkan jaringan yang andal agar seluruh perangkat dapat berkomunikasi tanpa hambatan.

Lapisan pengolahan data menjadi bagian penting dalam arsitektur ini karena pada tahap ini data yang telah dikumpulkan akan dianalisis untuk menghasilkan informasi yang bermanfaat. Sistem pengolahan dapat berupa server lokal maupun layanan berbasis komputasi awan yang mampu menyimpan serta memproses data dalam jumlah besar (Siddiqui, 2024). Proses analisis dilakukan untuk mengidentifikasi pola, kebiasaan, serta kondisi tertentu yang terjadi dalam lingkungan pembelajaran. Hasil dari proses ini dapat berupa informasi yang membantu guru dalam memahami perilaku belajar siswa maupun kondisi kelas secara lebih mendalam.

Lapisan aplikasi merupakan bagian yang berinteraksi langsung dengan pengguna seperti guru, siswa, maupun administrator sistem. Aplikasi ini menyediakan tampilan informasi yang mudah dipahami serta fitur yang mendukung pengelolaan pembelajaran secara lebih efisien. Guru dapat melihat data kehadiran siswa, aktivitas belajar, serta kondisi lingkungan kelas melalui aplikasi tersebut (Dehbi, 2024). Siswa juga dapat memanfaatkan aplikasi untuk mengakses materi pembelajaran yang terhubung dengan sistem. Antarmuka yang dirancang dengan baik akan memudahkan pengguna dalam memahami informasi yang disajikan sehingga data yang tersedia dapat dimanfaatkan secara optimal.

Komponen lain yang penting dalam arsitektur ini adalah sistem keamanan yang bertugas melindungi data serta menjaga kestabilan sistem dari

gangguan yang tidak diinginkan. Data yang dikirimkan antar perangkat perlu diamankan agar tidak diakses oleh pihak yang tidak berwenang. Mekanisme keamanan dapat berupa enkripsi data, autentikasi pengguna, serta pengelolaan hak akses dalam sistem (Avila et al., 2024). Perlindungan ini menjadi sangat penting karena data yang dihasilkan dalam lingkungan pembelajaran dapat bersifat sensitif dan berkaitan dengan aktivitas siswa maupun kinerja pengajar.

Selain komponen utama tersebut, terdapat juga komponen pendukung yang berperan dalam memastikan sistem dapat berjalan dengan baik. Komponen ini meliputi perangkat lunak pengelola sistem, basis data, serta layanan integrasi yang menghubungkan berbagai aplikasi dalam satu ekosistem (Sutrisno et al., 2023). Basis data digunakan untuk menyimpan seluruh informasi yang dihasilkan oleh perangkat sehingga dapat diakses kembali saat diperlukan (Wirapraja *et al.*, 2025; Wiwi *et al.*, 2025). Perangkat lunak pengelola sistem berfungsi untuk mengatur alur kerja serta memastikan setiap komponen berjalan sesuai dengan fungsinya. Layanan integrasi memungkinkan sistem terhubung dengan platform lain yang digunakan dalam pembelajaran.

Integrasi antar komponen dalam arsitektur ini menciptakan alur kerja yang saling terhubung dan berkesinambungan. Data yang dikumpulkan oleh perangkat akan dikirim melalui jaringan, kemudian diproses dalam sistem, dan hasilnya disajikan melalui aplikasi kepada pengguna. Setiap komponen memiliki peran yang tidak dapat dipisahkan satu sama lain sehingga kegagalan pada satu bagian dapat memengaruhi keseluruhan sistem (Siddiqui, 2024). Keterpaduan ini memastikan bahwa sistem dapat berfungsi secara optimal dalam mendukung proses pembelajaran serta pengelolaan lingkungan pendidikan.

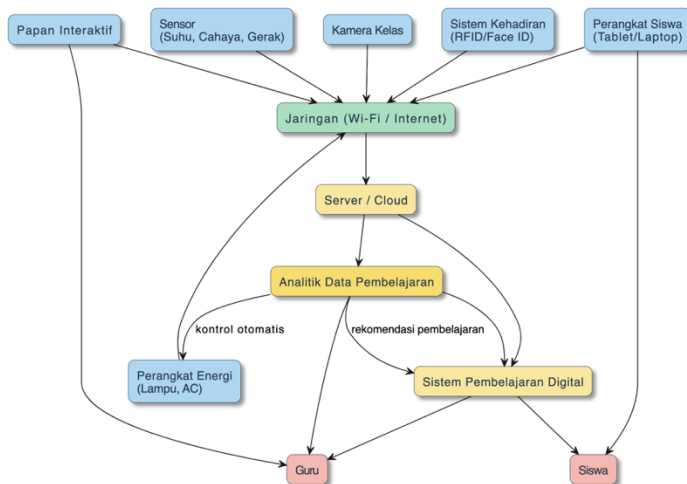
Penerapan arsitektur dan komponen IoT dalam lingkungan pembelajaran memberikan dasar yang kuat untuk pengembangan sistem pendidikan berbasis teknologi. Struktur yang jelas memudahkan dalam pengelolaan perangkat serta pengembangan sistem di masa depan sesuai kebutuhan lembaga pendidikan. Lingkungan belajar dapat menjadi lebih terorganisir

karena didukung oleh sistem yang mampu mengelola data secara efektif dan terarah. Hal ini mendorong terciptanya proses pembelajaran yang lebih terstruktur serta didukung oleh informasi yang akurat dan dapat diandalkan.

9.3 Implementasi IoT dalam Kelas Cerdas (Smart Classroom)

Implementasi IoT dalam kelas cerdas menggambarkan penerapan perangkat terhubung yang digunakan untuk menciptakan lingkungan belajar yang responsif, terukur, dan berbasis data. Kelas cerdas memanfaatkan berbagai perangkat seperti sensor, kamera, papan interaktif, serta perangkat siswa yang terhubung dalam satu sistem yang terintegrasi. Teknologi ini memungkinkan proses pembelajaran berlangsung secara lebih dinamis karena data yang dihasilkan dapat langsung digunakan untuk mendukung aktivitas belajar. Guru dapat memperoleh informasi mengenai kondisi kelas dan aktivitas siswa secara real-time sehingga pengelolaan pembelajaran menjadi lebih efektif.

Penerapan perangkat sensor dalam kelas cerdas berperan dalam memantau kondisi fisik ruang belajar secara berkelanjutan. Sensor suhu digunakan untuk menjaga kenyamanan ruang kelas agar tetap sesuai dengan kebutuhan belajar siswa (Navarrete-Sanchez et al., 2025). Sensor cahaya membantu mengatur pencahayaan sehingga tidak terlalu redup atau terlalu terang selama kegiatan belajar berlangsung. Sensor gerak dapat digunakan untuk mengamati tingkat aktivitas siswa dalam kelas, sehingga guru dapat mengetahui apakah siswa aktif mengikuti pembelajaran atau tidak. Data yang dikumpulkan oleh sensor ini akan dikirimkan ke sistem pusat untuk dianalisis dan digunakan dalam pengambilan keputusan.



Gambar 9.3: Implementasi IoT dalam Kelas Cerdas (Smart Classroom)

Penggunaan perangkat interaktif menjadi bagian penting dalam implementasi kelas cerdas karena mendukung interaksi antara siswa dan materi pembelajaran (Dai et al., 2023). Papan tulis digital memungkinkan guru menyampaikan materi secara visual dan interaktif, sehingga siswa lebih mudah memahami materi yang disampaikan. Perangkat siswa seperti tablet atau laptop dapat terhubung langsung dengan sistem pembelajaran yang digunakan oleh guru. Interaksi ini menciptakan suasana belajar yang lebih menarik dan tidak monoton. Siswa dapat berpartisipasi secara aktif melalui perangkat yang mereka gunakan selama proses pembelajaran berlangsung.

Sistem kehadiran otomatis menjadi salah satu contoh implementasi yang memberikan kemudahan dalam pengelolaan administrasi kelas. Teknologi ini memanfaatkan kartu identitas, sensor, atau pengenalan wajah untuk mencatat kehadiran siswa secara otomatis (Permana et al., 2023). Data kehadiran akan tersimpan dalam sistem dan dapat diakses oleh guru maupun pihak sekolah kapan saja. Proses ini mengurangi penggunaan metode manual yang memerlukan waktu lebih lama. Informasi kehadiran

juga dapat digunakan untuk memantau tingkat kedisiplinan siswa dalam mengikuti pembelajaran.

Pemantauan aktivitas belajar siswa menjadi lebih terstruktur melalui penggunaan perangkat yang terhubung dalam kelas cerdas. Sistem dapat mencatat aktivitas siswa seperti waktu penggunaan perangkat, interaksi dengan materi, serta partisipasi dalam diskusi (Dehbi, 2024). Data ini memberikan gambaran mengenai keterlibatan siswa selama proses pembelajaran berlangsung. Guru dapat menggunakan informasi tersebut untuk mengevaluasi efektivitas metode pengajaran yang digunakan. Hasil evaluasi ini membantu dalam penyesuaian strategi pembelajaran agar lebih sesuai dengan kebutuhan siswa.

Integrasi sistem pembelajaran digital dengan perangkat kelas cerdas mendukung penyampaian materi yang lebih terorganisir dan mudah diakses. Materi pembelajaran dapat disimpan dalam sistem dan diakses oleh siswa melalui perangkat mereka kapan saja (Gunarto et al., 2023). Guru dapat mengatur jadwal pembelajaran, memberikan tugas, serta melakukan evaluasi melalui sistem yang sama. Integrasi ini menciptakan alur pembelajaran yang lebih terstruktur karena semua aktivitas tercatat dalam satu platform. Siswa juga dapat memanfaatkan sistem ini untuk belajar secara mandiri di luar jam pelajaran.

Pengelolaan energi dalam kelas cerdas menjadi lebih efisien melalui penggunaan perangkat otomatis yang terhubung. Sistem dapat mengatur penggunaan lampu, pendingin ruangan, serta perangkat elektronik lain berdasarkan kondisi kelas (Maulidi et al., 2023; Zein et al., 2024). Ketika kelas tidak digunakan, sistem dapat mematikan perangkat secara otomatis untuk menghemat energi. Pengaturan ini membantu dalam menciptakan lingkungan belajar yang lebih efisien dan terkontrol. Penggunaan energi yang terukur juga mendukung pengelolaan fasilitas pendidikan secara lebih baik.

Peran guru dalam kelas cerdas mengalami perubahan karena didukung oleh teknologi yang mampu menyediakan data secara real-time. Guru tidak hanya berperan sebagai penyampai materi, tetapi juga sebagai pengelola

informasi yang digunakan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran. Data yang tersedia membantu guru dalam memahami kebutuhan siswa serta menyesuaikan metode pengajaran. Proses pembelajaran menjadi lebih terarah karena didukung oleh informasi yang akurat. Guru dapat mengambil keputusan yang lebih tepat berdasarkan data yang tersedia dalam sistem.

Implementasi kelas cerdas juga memberikan pengalaman belajar yang lebih personal bagi setiap siswa. Sistem dapat menyesuaikan materi pembelajaran berdasarkan kemampuan dan kebutuhan siswa yang berbeda (Oktavianus et al., 2023). Siswa yang membutuhkan waktu lebih lama dalam memahami materi dapat mengakses kembali materi tersebut melalui sistem yang tersedia. Siswa yang memiliki kemampuan lebih tinggi dapat diberikan materi tambahan untuk meningkatkan pemahaman mereka. Pendekatan ini membantu dalam menciptakan pengalaman belajar yang lebih adaptif dan sesuai dengan karakteristik masing-masing siswa.

Penerapan IoT dalam kelas cerdas menunjukkan bahwa teknologi mampu mendukung terciptanya lingkungan belajar yang lebih interaktif, efisien, dan berbasis data. Integrasi antara perangkat, sistem, dan pengguna menciptakan ekosistem pembelajaran yang saling terhubung. Setiap aktivitas dalam kelas dapat dipantau dan dianalisis untuk meningkatkan kualitas pembelajaran. Lingkungan belajar menjadi lebih terorganisir karena didukung oleh sistem yang mampu mengelola berbagai aspek pembelajaran secara terpadu.

9.4 Analisis Data IoT untuk Peningkatan Kualitas Pembelajaran

Analisis data IoT untuk peningkatan kualitas pembelajaran berfokus pada pemanfaatan data yang dihasilkan oleh perangkat terhubung untuk mendukung pengambilan keputusan dalam proses belajar mengajar secara terukur dan berbasis bukti. Data yang terkumpul berasal dari berbagai

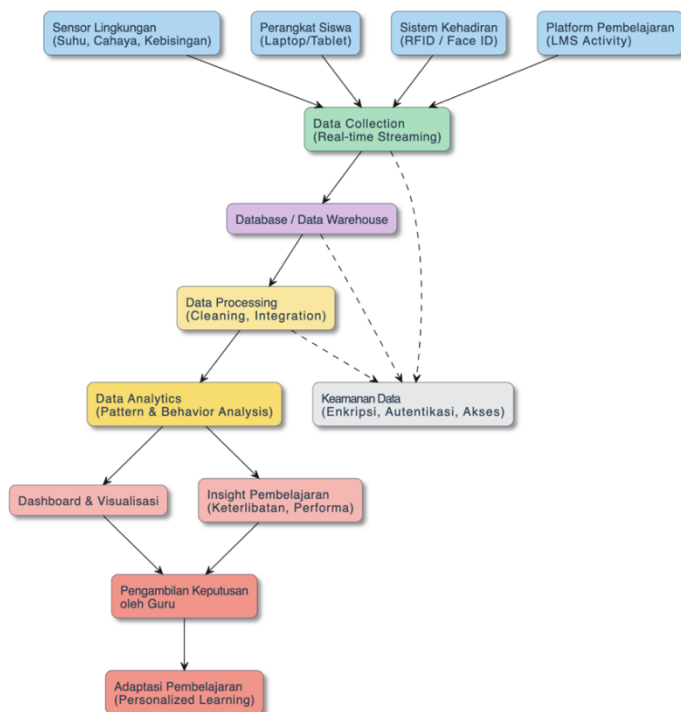
sumber seperti sensor lingkungan, perangkat siswa, sistem kehadiran otomatis, serta aktivitas pada platform pembelajaran digital yang digunakan setiap hari. Informasi yang dihasilkan memberikan gambaran menyeluruh mengenai kondisi kelas, pola interaksi siswa, serta tingkat keterlibatan selama kegiatan belajar berlangsung. Pengolahan data ini membantu pihak pendidik dalam memahami dinamika pembelajaran secara lebih mendalam sehingga keputusan yang diambil tidak hanya berdasarkan perkiraan.

Pengumpulan data menjadi tahap awal yang sangat menentukan dalam proses analisis karena kualitas hasil analisis sangat bergantung pada kelengkapan dan konsistensi data yang tersedia. Perangkat yang terhubung mampu mengumpulkan data secara terus-menerus tanpa memerlukan pencatatan manual yang berpotensi menimbulkan kesalahan (Chikane, 2024). Data yang dikumpulkan dapat mencakup waktu kehadiran siswa, durasi interaksi dengan materi pembelajaran, frekuensi partisipasi dalam diskusi, serta kondisi fisik ruang kelas seperti suhu dan pencahayaan. Keragaman jenis data ini memungkinkan dilakukannya analisis yang lebih luas sehingga memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai proses pembelajaran.

Proses pengolahan data dilakukan melalui sistem yang mampu menangani volume data yang besar dengan kecepatan tinggi sehingga hasil analisis dapat digunakan secara langsung. Data yang telah dikumpulkan akan disimpan dalam basis data kemudian diproses menggunakan teknik analisis untuk menemukan pola, kecenderungan, serta hubungan antar variabel yang berkaitan dengan pembelajaran (Rahmawati et al., 2024). Hasil dari proses ini dapat berupa informasi mengenai tingkat keaktifan siswa, efektivitas metode pengajaran, serta faktor lingkungan yang memengaruhi konsentrasi belajar. Informasi tersebut memberikan dasar yang kuat bagi guru dalam melakukan evaluasi terhadap kegiatan pembelajaran yang telah dilaksanakan.

Analisis data juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi kebutuhan belajar siswa secara lebih spesifik berdasarkan perilaku dan hasil belajar yang terekam dalam sistem. Data yang menunjukkan tingkat pemahaman

siswa terhadap materi tertentu dapat membantu guru dalam menentukan pendekatan yang sesuai untuk setiap individu (Oktavianus et al., 2023). Siswa yang mengalami kesulitan dalam memahami materi dapat diberikan bimbingan tambahan melalui metode yang lebih sesuai dengan karakteristik mereka. Siswa yang menunjukkan capaian tinggi dapat diarahkan pada materi yang lebih menantang sehingga potensi mereka dapat berkembang secara optimal. Pendekatan ini mendorong terciptanya pembelajaran yang lebih adaptif dan berorientasi pada kebutuhan siswa.



Gambar 9.4: Analisis Data IoT untuk Peningkatan Kualitas Pembelajaran

Pemanfaatan data dari perangkat terhubung juga memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan belajar secara lebih akurat dan berkelanjutan. Data suhu, tingkat pencahayaan, serta tingkat kebisingan dalam kelas dapat dianalisis untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kenyamanan belajar siswa (Dhir et al., 2024). Lingkungan yang nyaman

berperan dalam meningkatkan fokus dan partisipasi siswa selama proses pembelajaran berlangsung. Informasi yang diperoleh dapat digunakan untuk melakukan penyesuaian terhadap kondisi ruang kelas agar lebih mendukung kegiatan belajar. Pengelolaan lingkungan belajar yang baik akan berdampak pada peningkatan kualitas interaksi antara siswa dan materi pembelajaran.

Analisis data juga berperan dalam meningkatkan efektivitas pengelolaan waktu pembelajaran sehingga setiap sesi belajar dapat dimanfaatkan secara optimal. Data mengenai durasi aktivitas siswa dalam setiap tahap pembelajaran dapat memberikan gambaran mengenai efisiensi penggunaan waktu (Maslennikova et al., 2023). Guru dapat mengevaluasi apakah waktu yang digunakan untuk penjelasan materi, diskusi, dan evaluasi sudah seimbang atau masih perlu perbaikan. Informasi ini membantu dalam merancang strategi pembelajaran yang lebih terstruktur dan efisien sehingga waktu yang tersedia dapat digunakan secara maksimal.

Peran visualisasi data menjadi sangat penting dalam membantu pengguna memahami hasil analisis secara lebih cepat dan mudah dipahami. Data yang telah diolah dapat disajikan dalam bentuk grafik, tabel, atau dashboard interaktif yang menampilkan informasi secara ringkas dan jelas. Penyajian ini membantu guru dalam membaca pola dan kecenderungan tanpa harus memahami proses teknis dari analisis data. Visualisasi yang baik akan mempercepat proses interpretasi data sehingga keputusan dapat diambil dengan lebih tepat dan cepat.

Keamanan data menjadi aspek penting yang harus diperhatikan dalam proses analisis karena data yang dikumpulkan berkaitan dengan aktivitas siswa dan proses pembelajaran yang bersifat sensitif. Sistem harus mampu melindungi data dari akses yang tidak sah serta menjaga kerahasiaan informasi yang tersimpan di dalamnya. Mekanisme pengamanan seperti enkripsi data, autentikasi pengguna, serta pengelolaan hak akses perlu diterapkan secara konsisten. Perlindungan ini memastikan bahwa data dapat digunakan secara aman tanpa menimbulkan risiko bagi pengguna maupun institusi pendidikan.

Integrasi hasil analisis ke dalam proses pembelajaran menjadi langkah penting dalam meningkatkan kualitas pendidikan secara berkelanjutan. Informasi yang dihasilkan dari analisis data dapat digunakan untuk merancang strategi pembelajaran yang lebih efektif dan sesuai dengan kebutuhan siswa. Guru dapat menyesuaikan metode pengajaran berdasarkan data yang diperoleh sehingga pembelajaran menjadi lebih terarah dan efisien. Proses ini menciptakan siklus perbaikan yang terus berlangsung karena setiap hasil analisis digunakan sebagai dasar untuk meningkatkan kualitas pembelajaran berikutnya.

Analisis data IoT memberikan peluang besar bagi lembaga pendidikan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran melalui pendekatan berbasis data yang terukur dan sistematis. Setiap aktivitas yang terjadi dalam lingkungan pembelajaran dapat direkam dan dianalisis untuk menghasilkan informasi yang bermanfaat (Çela et al., 2024). Proses ini membantu dalam menciptakan sistem pembelajaran yang lebih terorganisir, adaptif, dan efisien. Lingkungan pendidikan menjadi lebih responsif terhadap kebutuhan siswa karena didukung oleh data yang mampu menggambarkan kondisi belajar secara nyata dan berkelanjutan.

Bab 10

Generative AI dalam Pengembangan Materi Ajar

10.1 Konsep Generative AI dalam Pendidikan

Generative Artificial Intelligence atau generative AI merupakan cabang kecerdasan buatan yang mampu menghasilkan konten baru berdasarkan pola yang dipelajari dari data. Konten tersebut dapat berupa teks, gambar, audio, video, kode program, ringkasan, pertanyaan latihan, umpan balik, maupun rancangan aktivitas pembelajaran. Dalam konteks pendidikan, generative AI menjadi perhatian karena dapat membantu pendidik dalam merancang, menyusun, dan menyesuaikan materi ajar sesuai kebutuhan peserta didik (Miao & Holmes, 2023; Kasneci et al., 2023).

Perkembangan generative AI berbeda dari penggunaan teknologi pendidikan sebelumnya karena sistem ini tidak hanya menyimpan atau menampilkan informasi, tetapi juga mampu menghasilkan variasi konten

berdasarkan instruksi pengguna. UNESCO menjelaskan bahwa generative AI memiliki potensi untuk mendukung proses pendidikan dan penelitian, tetapi penggunaannya perlu diarahkan agar tetap berpusat pada manusia, memperkuat peran pendidik, dan tidak menggantikan proses berpikir kritis dalam pembelajaran (Miao & Holmes, 2023). Dengan demikian, generative AI perlu dipahami sebagai alat bantu pedagogis, bukan sebagai pengganti pendidik.

Dalam pendidikan, materi ajar memiliki peran penting karena menjadi salah satu sarana utama untuk menghubungkan tujuan pembelajaran dengan pengalaman belajar peserta didik. Materi ajar dapat berupa modul, bahan bacaan, lembar kerja, slide presentasi, soal latihan, rubrik penilaian, studi kasus, hingga media pembelajaran digital. Gagné et al. (2005) menekankan bahwa pembelajaran yang efektif membutuhkan perencanaan instruksional yang sistematis agar peserta didik dapat mencapai tujuan pembelajaran secara bertahap. Dalam hal ini, generative AI dapat membantu pendidik menyusun rancangan awal materi ajar yang kemudian ditinjau dan disesuaikan secara pedagogis.

Pemanfaatan generative AI dalam pengembangan materi ajar juga berkaitan dengan perkembangan artificial intelligence in education. Zawacki-Richter et al. (2019) menjelaskan bahwa penerapan AI dalam pendidikan telah digunakan dalam berbagai area seperti sistem pembelajaran adaptif, analitik pembelajaran, asesmen otomatis, dan dukungan pembelajaran personal. Generative AI memperluas fungsi tersebut dengan kemampuan menghasilkan materi baru, sehingga pendidik dapat mengembangkan variasi sumber belajar dengan lebih cepat dan fleksibel.

Meskipun demikian, penggunaan generative AI dalam pendidikan perlu dilakukan secara kritis. Kasneci et al. (2023) menjelaskan bahwa large language models memiliki peluang besar untuk mendukung siswa dan guru, tetapi juga memiliki risiko seperti kesalahan informasi, bias, ketergantungan berlebihan, dan persoalan akademik. Oleh karena itu, pengembangan materi ajar berbantuan generative AI harus tetap melalui

proses validasi manusia agar materi yang dihasilkan benar, sesuai kurikulum, dan relevan dengan tujuan pembelajaran.

10.2 Peran Generative AI dalam Pengembangan Materi Ajar

Generative AI dapat berperan dalam berbagai tahap pengembangan materi ajar, mulai dari perumusan ide awal hingga penyusunan variasi materi. Pendidik dapat menggunakan generative AI untuk membuat draf penjelasan konsep, menyusun contoh soal, membuat rangkuman, mengembangkan studi kasus, merancang aktivitas diskusi, atau menghasilkan pertanyaan reflektif. Peran ini sejalan dengan gagasan bahwa AI dalam pendidikan dapat membantu pendidik mengelola beban kerja administratif dan pedagogis, terutama dalam penyusunan sumber belajar yang berulang dan membutuhkan variasi (Holmes et al., 2019; Luckin et al., 2016).

Dalam pengembangan materi ajar, generative AI dapat membantu pendidik menghasilkan beberapa alternatif penyajian materi. Misalnya, sebuah konsep dapat dijelaskan dalam bentuk teks naratif, poin-poin ringkas, analogi sederhana, contoh kontekstual, atau pertanyaan pemantik. Mayer (2009) menjelaskan bahwa pembelajaran multimedia yang baik perlu memperhatikan cara peserta didik memproses informasi melalui saluran visual dan verbal. Dengan bantuan generative AI, pendidik dapat mengembangkan variasi representasi materi agar lebih mudah dipahami oleh peserta didik dengan kebutuhan dan tingkat pemahaman yang berbeda.

Generative AI juga dapat digunakan untuk membantu penyusunan materi berdasarkan jenjang dan karakteristik peserta didik. Materi yang sama dapat disederhanakan untuk pemula, diperdalam untuk peserta didik tingkat lanjut, atau dikaitkan dengan konteks lokal. Prinsip ini sejalan dengan Universal Design for Learning yang menekankan pentingnya menyediakan

berbagai cara representasi, keterlibatan, dan ekspresi agar pembelajaran dapat diakses oleh peserta didik yang beragam (CAST, 2018). Dengan demikian, generative AI dapat mendukung diferensiasi materi ajar jika digunakan dengan arahan yang tepat.

Selain membantu penyusunan isi, generative AI dapat mendukung pendidik dalam membuat perangkat pembelajaran pendukung, seperti tujuan pembelajaran, indikator pencapaian, alur kegiatan, instruksi tugas, rubrik penilaian, dan umpan balik awal. Mollick dan Mollick (2023) menjelaskan bahwa AI dapat digunakan dalam berbagai peran pendidikan, seperti tutor, coach, mentor, simulator, maupun alat bantu untuk memperluas kinerja siswa dan pendidik. Dalam konteks pengembangan materi ajar, AI dapat difungsikan sebagai asisten perancang awal yang membantu pendidik mempercepat proses perencanaan pembelajaran.

Namun, generative AI tidak dapat diposisikan sebagai sumber tunggal dalam penyusunan materi ajar. Hattie (2009) menekankan pentingnya peran guru dan umpan balik dalam meningkatkan kualitas pembelajaran. Materi yang dihasilkan AI tetap perlu diperiksa oleh pendidik, baik dari sisi kebenaran konsep, kesesuaian bahasa, relevansi kurikulum, maupun konteks peserta didik. Dengan demikian, peran utama pendidik tetap berada pada proses pengambilan keputusan pedagogis.

Tabel 10.1: Peran Generative AI dalam Pengembangan Materi Ajar

Kebutuhan Pengembangan Materi	Contoh Pemanfaatan Generative AI
Penyusunan ide awal	Membuat kerangka modul, topik, dan subtopik
Penjelasan konsep	Menghasilkan penjelasan singkat, analogi, dan contoh
Latihan dan asesmen	Menyusun soal, kuis, dan pertanyaan reflektif

Diferensiasi materi	Menyesuaikan tingkat kesulitan dan gaya bahasa
Perangkat pembelajaran	Membantu membuat rubrik, instruksi tugas, dan skenario kelas
Validasi awal	Membantu menemukan bagian yang kurang jelas untuk ditinjau pendidik

10.3 Proses Pengembangan Materi Ajar Berbantuan Generative AI

Pengembangan materi ajar berbantuan generative AI perlu dilakukan melalui proses yang sistematis. Pendidik tidak cukup hanya meminta AI menghasilkan materi, tetapi perlu menentukan tujuan pembelajaran, karakteristik peserta didik, cakupan materi, format keluaran, serta kriteria kualitas. Gagné et al. (2005) menjelaskan bahwa desain instruksional memerlukan perencanaan yang jelas agar kegiatan pembelajaran dapat mengarahkan peserta didik pada pencapaian tujuan. Oleh karena itu, generative AI sebaiknya digunakan dalam kerangka desain pembelajaran, bukan secara acak.

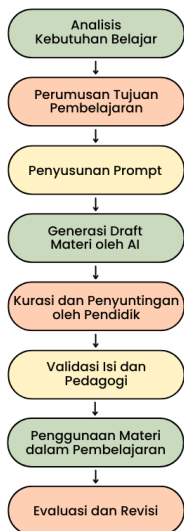
Tahap pertama adalah analisis kebutuhan pembelajaran. Pada tahap ini, pendidik mengidentifikasi capaian pembelajaran, kompetensi yang harus dikuasai, tingkat kemampuan peserta didik, serta konteks pembelajaran. Analisis ini penting karena materi ajar yang baik harus sesuai dengan kebutuhan peserta didik dan tujuan pembelajaran. Biggs dan Tang (2011) menjelaskan bahwa pembelajaran yang berkualitas perlu memperhatikan keselarasan antara tujuan pembelajaran, aktivitas belajar, dan asesmen. Prinsip ini tetap berlaku meskipun materi dikembangkan dengan bantuan generative AI.

Tahap kedua adalah penyusunan prompt atau instruksi kepada generative AI. Prompt yang baik perlu menjelaskan peran AI, tujuan materi, karakteristik peserta didik, cakupan topik, gaya bahasa, format keluaran, dan batasan yang harus diperhatikan. Kasneci et al. (2023) menekankan bahwa penggunaan model bahasa besar dalam pendidikan memerlukan strategi mitigasi risiko, termasuk pemeriksaan hasil dan pemberian instruksi yang jelas. Dengan prompt yang tepat, keluaran AI dapat lebih relevan dengan kebutuhan pembelajaran.

Tahap ketiga adalah kurasi dan penyuntingan hasil. Materi yang dihasilkan AI tidak boleh langsung digunakan tanpa pemeriksaan. Pendidik perlu membaca ulang, memperbaiki bagian yang kurang akurat, menyesuaikan konteks lokal, dan memastikan kesesuaian dengan kurikulum. UNESCO menekankan bahwa penggunaan generative AI dalam pendidikan harus tetap berada dalam kendali manusia dan diarahkan untuk memperkuat kapasitas pendidik serta peserta didik (Miao & Holmes, 2023). Dengan demikian, pendidik berperan sebagai kurator dan validator materi.

Tahap keempat adalah validasi pedagogis. Pada tahap ini, pendidik menilai apakah materi sudah sesuai dengan tujuan pembelajaran, tingkat kesulitan, alokasi waktu, dan bentuk aktivitas belajar. Mishra dan Koehler (2006) menjelaskan bahwa integrasi teknologi dalam pembelajaran perlu memperhatikan hubungan antara pengetahuan teknologi, pedagogi, dan konten. Oleh karena itu, materi yang dihasilkan AI harus dinilai bukan hanya dari sisi isi, tetapi juga dari sisi cara materi tersebut mendukung pembelajaran.

Tahap terakhir adalah penggunaan dan evaluasi materi. Setelah materi digunakan, pendidik perlu mengamati respon peserta didik, kesulitan yang muncul, serta hasil belajar yang dicapai. Umpan balik dari peserta didik dapat digunakan untuk memperbaiki materi pada penggunaan berikutnya. Hattie (2009) menekankan bahwa umpan balik memiliki peran penting dalam pembelajaran karena membantu pendidik memahami sejauh mana peserta didik telah memahami materi.



Gambar 10.1: Alur Pengembangan Materi Ajar Menggunakan Generative AI.

Gambar 10.1 menunjukkan bahwa generative AI berada pada tahap bantuan produksi draft, bukan pada seluruh pengambilan keputusan pembelajaran. Pendidik tetap memegang peran utama dalam menentukan tujuan, memeriksa kualitas, dan menyesuaikan materi dengan konteks peserta didik. Dengan pola ini, generative AI dapat mempercepat proses pengembangan materi ajar tanpa mengurangi tanggung jawab profesional pendidik.

10.4 Teknik Prompting untuk Materi Ajar

Prompting merupakan teknik memberikan instruksi kepada sistem generative AI agar menghasilkan keluaran yang sesuai dengan kebutuhan pengguna. Dalam pengembangan materi ajar, prompt yang baik perlu memuat konteks pembelajaran, tujuan materi, sasaran peserta didik, format keluaran, tingkat kesulitan, serta batasan sumber atau cakupan materi.

Mollick dan Mollick (2023) menunjukkan bahwa penggunaan AI dalam pembelajaran akan lebih bermanfaat ketika pengguna tetap menjadi pengarah dan pengawas proses, bukan penerima pasif dari keluaran AI.

Prompt yang terlalu umum sering menghasilkan materi yang juga umum dan kurang sesuai dengan kebutuhan kelas. Misalnya, instruksi “buatkan materi tentang ekosistem” dapat menghasilkan teks yang luas dan belum tentu sesuai dengan jenjang peserta didik. Sebaliknya, prompt yang lebih spesifik seperti “buatkan materi ekosistem untuk siswa kelas VII, menggunakan bahasa sederhana, mencakup pengertian ekosistem, komponen biotik dan abiotik, contoh lokal, serta tiga pertanyaan reflektif” akan menghasilkan keluaran yang lebih terarah. Prinsip ini sejalan dengan desain instruksional yang menekankan kejelasan tujuan dan kondisi pembelajaran (Gagné et al., 2005).

Dalam praktiknya, prompt untuk materi ajar dapat disusun dengan beberapa komponen. Komponen pertama adalah peran, misalnya meminta AI bertindak sebagai asisten pendidik atau perancang materi. Komponen kedua adalah tujuan pembelajaran yang ingin dicapai. Komponen ketiga adalah karakteristik peserta didik, seperti jenjang, usia, kemampuan awal, atau konteks pembelajaran. Komponen keempat adalah format keluaran, misalnya modul singkat, tabel, skenario diskusi, LKPD, soal latihan, atau rubrik. Komponen kelima adalah batasan, seperti panjang teks, gaya bahasa, sumber yang boleh digunakan, dan tingkat kedalaman materi (Miao & Holmes, 2023; Kasneci et al., 2023).

Contoh prompt sederhana untuk pengembangan materi ajar dapat ditulis sebagai berikut:

```
Bertindaklah sebagai asisten pendidik.  
Buatkan materi ajar singkat tentang konsep energi terbarukan  
untuk siswa SMA kelas X.  
Gunakan bahasa yang mudah dipahami, berikan contoh dalam  
kehidupan sehari-hari, sertakan tiga pertanyaan diskusi, dan  
buatkan ringkasan di akhir materi.
```

Prompt tersebut memberikan konteks, topik, sasaran peserta didik, gaya bahasa, dan bentuk keluaran yang diharapkan. Dengan demikian,

generative AI memiliki arahan yang lebih jelas dalam menghasilkan materi. Namun, hasil prompt tetap perlu diperiksa karena model AI dapat menghasilkan informasi yang tidak akurat, terlalu umum, atau tidak sesuai dengan kurikulum (Kasneci et al., 2023; OECD, 2023).

Teknik prompting juga dapat digunakan secara bertahap. Pendidik dapat memulai dengan meminta kerangka materi, kemudian meminta penjelasan tiap bagian, lalu meminta contoh soal, dan akhirnya meminta rubrik penilaian. Pendekatan bertahap ini lebih baik daripada meminta seluruh materi sekaligus, karena pendidik dapat mengontrol kualitas keluaran pada setiap tahap. Prinsip ini sejalan dengan gagasan bahwa teknologi pembelajaran harus digunakan untuk memperkuat proses pedagogis, bukan menghilangkan pertimbangan pedagogis pendidik (Mishra & Koehler, 2006).

10.5 Personalisasi dan Diferensiasi Materi Ajar

Salah satu potensi generative AI dalam pendidikan adalah membantu pendidik mengembangkan materi ajar yang lebih personal dan terdiferensiasi. Peserta didik dalam satu kelas sering memiliki kemampuan awal, gaya belajar, dan kebutuhan dukungan yang berbeda. Dengan generative AI, pendidik dapat membuat beberapa versi materi dengan tingkat kesulitan, contoh, atau gaya bahasa yang berbeda tanpa harus menulis semuanya dari awal (Miao & Holmes, 2023; Holmes et al., 2019).

Diferensiasi materi ajar dapat dilakukan dengan menyesuaikan kompleksitas bahasa, kedalaman konsep, jumlah contoh, atau bentuk aktivitas. Misalnya, materi yang sama dapat dibuat dalam versi pengantar untuk peserta didik yang masih kesulitan, versi standar untuk mayoritas kelas, dan versi pengayaan untuk peserta didik yang membutuhkan tantangan lebih tinggi. Prinsip ini sejalan dengan Universal Design for Learning yang menekankan pentingnya menyediakan berbagai cara

representasi agar pembelajaran dapat diakses oleh peserta didik yang beragam (CAST, 2018).

Generative AI juga dapat membantu mengubah bentuk materi, misalnya dari penjelasan panjang menjadi ringkasan, tabel perbandingan, dialog, studi kasus, atau pertanyaan pemantik. Namun, perubahan format tersebut tetap perlu mempertimbangkan kejelasan, keterbacaan, dan kesesuaian dengan tujuan pembelajaran. Mayer (2009) menekankan bahwa desain materi pembelajaran perlu memperhatikan cara peserta didik memproses informasi agar tidak membebani kapasitas kognitif.

Dengan demikian, personalisasi dan diferensiasi berbantuan generative AI bukan berarti menyerahkan desain pembelajaran sepenuhnya kepada sistem AI. Generative AI berfungsi sebagai alat bantu untuk mempercepat penyusunan variasi materi, sedangkan pendidik tetap menentukan apakah variasi tersebut sesuai dengan kebutuhan, tujuan, dan karakter peserta didik.

10.6 Kualitas, Validasi, dan Batasan Materi Ajar Berbasis Generative AI

Kualitas materi ajar berbasis generative AI tidak hanya ditentukan oleh kelancaran bahasa atau kerapian struktur, tetapi juga oleh akurasi isi, kesesuaian tujuan pembelajaran, tingkat keterbacaan, dan relevansi konteks. Generative AI dapat menghasilkan teks yang terlihat meyakinkan, tetapi belum tentu benar secara konsep. Kasneci et al. (2023) menjelaskan bahwa penggunaan model bahasa besar dalam pendidikan memiliki risiko seperti kesalahan informasi, bias, dan ketergantungan berlebihan. Oleh karena itu, validasi materi menjadi tahap yang tidak boleh diabaikan.

Validasi isi dapat dilakukan dengan membandingkan materi hasil AI dengan sumber akademik, kurikulum, buku ajar, atau pedoman resmi. Pendidik perlu memastikan bahwa konsep yang disajikan benar, contoh

yang diberikan relevan, dan tidak ada informasi yang menyesatkan. UNESCO menekankan bahwa generative AI perlu digunakan dengan pendekatan yang menjaga peran manusia dalam pengambilan keputusan dan memastikan bahwa teknologi digunakan untuk memperkuat pendidikan (Miao & Holmes, 2023).

Validasi pedagogis juga penting karena materi yang benar secara isi belum tentu efektif untuk pembelajaran. Materi perlu disusun sesuai tujuan pembelajaran, karakteristik peserta didik, dan urutan berpikir yang logis. Teori beban kognitif menjelaskan bahwa pembelajaran dapat terganggu jika informasi disajikan dengan cara yang terlalu kompleks atau membebani memori kerja peserta didik (Sweller, 1988; Paas et al., 2003).

Selain akurasi, pendidik perlu memperhatikan kemungkinan bias, persoalan hak cipta, dan transparansi penggunaan AI. Namun, aspek tersebut perlu ditempatkan sebagai bagian dari proses pemeriksaan materi, bukan sebagai alasan untuk menolak penggunaan AI sepenuhnya. Generative AI lebih tepat dipahami sebagai asisten pengembangan materi ajar yang menghasilkan draf awal, sedangkan pendidik tetap bertanggung jawab terhadap kualitas akhir materi.

Secara keseluruhan, generative AI dapat menjadi alat bantu yang bermanfaat dalam pengembangan materi ajar jika digunakan secara kritis, terarah, dan bertanggung jawab. Pendidik perlu menetapkan tujuan pembelajaran, menyusun prompt yang jelas, memeriksa akurasi isi, menyesuaikan materi dengan konteks peserta didik, serta mendokumentasikan proses revisi.

Bab 11

Pembelajaran Imersif dengan Virtual Reality dan Augmented Reality

11.1 Pendahuluan

Pembelajaran imersif adalah pendekatan inovatif dalam dunia pendidikan yang berusaha menciptakan pengalaman belajar yang mendalam dan menyeluruh. Pendekatan ini tidak sekadar mengandalkan metode konvensional, tetapi mengajak peserta didik untuk terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran melalui keterlibatan langsung. Dengan menggunakan teknologi, seperti *Virtual Reality* (VR) dan *Augmented Reality* (AR), pembelajaran imersif memungkinkan mahasiswa dan dosen untuk merasakan situasi nyata yang sulit ditawarkan oleh metode tradisional. Prinsip utamanya adalah menciptakan lingkungan belajar yang

menstimulus semua indera, sehingga peserta didik dapat lebih memahami dan mengingat informasi yang disajikan (Adiputra, 2025).

Pembelajaran imersif bisa sangat efektif dalam berbagai bidang, mulai dari sains hingga seni. Misalnya, dalam pelajaran biologi, mahasiswa bisa menggunakan VR untuk menjelajahi tubuh manusia secara mendetail, memahami anatomi dengan cara yang interaktif dan menarik. Atau dalam pelajaran sejarah, mereka bisa "mengunjungi" lokasi bersejarah dan menjelajahi peristiwa penting seakan-akan mereka berada di sana. Dengan pendekatan ini, pembelajaran tidak hanya sekadar teori, tetapi benar-benar menciptakan pengalaman yang hidup dan memberdayakan peserta didik untuk berpikir kritis dan kreatif (Rojabi, 2026).

Selanjutnya, mari kita berkenalan dengan konsep-konsep dasar dari Virtual Reality dan Augmented Reality. Virtual Reality adalah teknologi yang menciptakan simulasi lingkungan tiga dimensi, memungkinkan pengguna untuk merasakan dan berinteraksi dengan lingkungan tersebut melalui perangkat seperti headset VR. Pada saat yang sama, Augmented Reality menambahkan elemen digital ke dunia nyata, menggabungkan informasi virtual dengan pandangan langsung. Misalnya, saat mahasiswa mengamati objek fisik, mereka bisa melihat informasi tambahan tentang objek tersebut melalui aplikasi AR di smartphone mereka. Keduanya menawarkan cara baru untuk memahami materi pembelajaran dengan cara yang lebih menarik dan menyenangkan.

Penggunaan teknologi seperti VR dan AR dalam pembelajaran imersif bukan hanya soal menyajikan informasi, tetapi juga membantu mahasiswa untuk mengembangkan keterampilan praktis. Mereka belajar dengan melakukan, berinteraksi, dan menyelesaikan masalah secara langsung. Hal ini menciptakan suasana belajar yang lebih aktif, di mana mahasiswa menjadi bagian integral dari proses pembelajaran. Dengan pengalaman ini, mereka lebih mudah mengaitkan materi pelajaran dengan kenyataan dan kehidupan sehari-hari, sehingga mempermudah proses internalisasi pengetahuan.

Pembelajaran imersif berpotensi untuk merubah cara kita memandang pendidikan. Dengan semakin berkembangnya teknologi, semakin banyak juga kemungkinan untuk menciptakan pengalaman belajar yang unik dan mendalam. Maka, penting bagi dosen untuk tetap terbuka terhadap metode-metode baru ini. Dalam menciptakan pengalaman imersif, kolaborasi antara dosen dan mahasiswa sangat diperlukan. Ide-ide baru, umpan balik, dan kreativitas dari kedua belah pihak akan menghasilkan lingkungan belajar yang lebih inovatif dan membuat mahasiswa lebih terlibat. Mengingat semua ini, pembelajaran imersif bukan hanya masa depan pendidikan, tetapi juga peluang untuk memberikan pengalaman belajar yang lebih berkualitas (Pustikayasa, 2023).

Saat mempersiapkan sesi pembelajaran dengan elemen imersif, cobalah untuk berfokus pada tujuan pembelajaran dan bagaimana teknologi dapat mendukung pencapaian tersebut. Selalu ingat, inti dari proses ini adalah meningkatkan pengalaman belajar, bukan sekadar fokus pada teknologi semata. Menggunakan teknologi dengan bijak dan kreatif bisa memperkaya pemahaman mahasiswa, membuat mereka lebih siap menghadapi tantangan di dunia nyata.

11.2 Peran VR dan AR dalam Transformasi Pembelajaran

Pernahkah kamu membayangkan seberapa berbeda rasanya belajar ketika kamu bisa benar-benar “masuk” ke dalam materi pembelajaran? Itulah yang coba diwujudkan oleh teknologi Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR). Dengan VR dan AR, mahasiswa dan dosen tidak hanya berinteraksi lewat buku atau presentasi biasa, tapi bisa merasakan pengalaman belajar yang jauh lebih nyata dan mendalam. Teknologi ini membuka kesempatan bagi kita untuk melihat, menyentuh, bahkan “mengalami” konsep-konsep yang sebelumnya hanya bisa dibayangkan.

Misalnya, dalam mata kuliah anatomi, mahasiswa bisa menjelajahi tubuh manusia tiga dimensi secara langsung, atau saat belajar sejarah, bisa melihat ulang peristiwa penting seolah-olah mereka berada di tempat kejadian. Interaksi seperti ini mengubah cara kita memahami dan menyerap informasi karena otak kita cenderung mengingat sesuatu yang kita rasakan lebih baik daripada yang hanya kita baca atau dengar (Wibowo, 2025).

Peran VR dan AR dalam pendidikan sebenarnya sangat luas dan memberi dampak yang cukup besar dalam proses pembelajaran. Dengan VR dan AR, pengalaman belajar menjadi lebih menarik dan tidak membosankan. Bayangkan seorang dosen yang mengajar teori mesin, biasanya hanya menjelaskan lewat gambar dan tulisan. Dengan teknologi ini, dosen bisa mengajak mahasiswanya menyaksikan bagaimana sebuah mesin bekerja secara langsung dalam ruang virtual.

Ini membuat penjelasan jadi lebih hidup dan memudahkan mahasiswa memahami konsep yang rumit. Tidak hanya itu, VR dan AR juga mendorong pembelajaran yang lebih interaktif, di mana mahasiswa bisa aktif mencoba dan bereksperimen tanpa takut membuat kesalahan nyata karena semuanya berada di dunia virtual. Hal tersebut membuka peluang baru bagi metode pembelajaran yang inovatif dan lebih efektif, terutama di tengah kondisi yang makin menuntut fleksibilitas seperti sekarang (Andriana, 2023).

Selain itu, VR dan AR memberikan kesempatan kepada mahasiswa dan dosen untuk menjadikan pembelajaran semakin personal dan sesuai dengan kebutuhan masing-masing. Tidak semua orang belajar dengan cara yang sama. Beberapa mahasiswa mungkin lebih mudah memahami materi dengan pengalaman visual, sementara yang lain bisa lebih mengerti lewat praktik langsung. Teknologi ini memungkinkan kombinasi keduanya secara serempak. Jadi, dosen bisa menyajikan materi yang tidak hanya informatif tapi juga engaging.

Misalnya, pelajaran kimia dengan simulasi reaksi kimia yang bisa dilakukan secara virtual tanpa risiko bahaya, atau pelajaran bahasa asing dimana mahasiswa bisa praktik berbicara dalam suasana yang meniru lingkungan

asli bahasa tersebut. Semua itu bisa meningkatkan motivasi belajar dan memperkuat pemahaman secara menyeluruh.

Dalam dunia pendidikan, penggunaan VR dan AR juga membuka peluang bagi kolaborasi yang lebih luas antara universitas dan institusi lain, baik di dalam maupun luar negeri. Mahasiswa dan dosen bisa berbagi ruang belajar virtual tanpa batas geografis, memperkaya wawasan dan pengalaman belajar. Selain itu, teknologi ini juga bisa membantu menjangkau mahasiswa di daerah terpencil yang mungkin kekurangan fasilitas laboratorium atau bahan ajar lengkap.

Dengan VR dan AR, mereka tetap bisa merasakan pengalaman belajar yang setara dengan mahasiswa di kota besar. Jadi, dari sisi aksesibilitas dan pemerataan pendidikan, teknologi ini memberi dampak positif yang nyata. Pada akhirnya, transformasi pembelajaran lewat VR dan AR membawa kita pada cara baru menghargai ilmu pengetahuan dengan sentuhan teknologi yang menghadirkan dunia digital sebagai mitra belajar sehari-hari (Andriana, 2024).

11.3 Sejarah dan Perkembangan Teknologi VR dan AR dalam Pendidikan

Pada awalnya, penggunaan teknologi *virtual reality* (VR) dan *augmented reality* (AR) dalam dunia pendidikan hanyalah sebuah ide yang melampaui angan. Pada tahun 1990-an, komputer dan perangkat digital mulai menunjukkan perkembangan, tapi penggunaannya dalam pembelajaran masih sangat terbatas. Saat itu, teknologi VR masih sangat mahal dan berat, sehingga jarang digunakan di lingkungan pendidikan.

Tantangan utama di masa itu adalah biaya yang tinggi, kekurangan perangkat yang cocok untuk pengguna pendidikan, serta minimnya pemahaman tentang potensi teknologi ini. Banyak yang menganggap VR dan AR masih sebagai teknologi futuristik dan hanya cocok untuk hiburan

atau bidang tertentu seperti militer dan kedokteran. Meski begitu, beberapa institusi mulai bereksperimen dengan simulasi berbasis komputer yang mendekati pengalaman VR, meski jauh dari pengalaman imersif yang kita kenal sekarang (Diva, 2024).

Seiring waktu, perkembangan teknologi semakin pesat. Pada dekade terakhir, kita menyaksikan kemajuan luar biasa dari VR dan AR, terutama dari segi harga dan kualitas perangkat. Kini, headset VR yang awalnya tampak besar dan berat menjadi semakin ringan dan terjangkau. Teknologi AR pun semakin matang dengan munculnya aplikasi yang bisa diakses lewat smartphone dan tablet. Di bidang pendidikan, muncul tren baru yang membuat proses belajar menjadi lebih interaktif dan menyenangkan. Perusahaan teknologi seperti Google, Microsoft, dan Oculus Rift mulai meluncurkan produk serta platform yang dirancang khusus untuk pendidikan.

Penggunaan VR dan AR kini tidak lagi terbatas pada simulasi pelatihan militer atau medis, melainkan meluas ke berbagai bidang, termasuk sejarah, sains, dan seni. Sekarang, guru dan mahasiswa bisa menjelajahi dunia virtual yang membawa mereka ke tempat-tempat bersejarah, menelusuri struktur molekul, atau bahkan berinteraksi langsung dengan objek 3D yang sebelumnya tak bisa dijangkau di dunia nyata (Siregar, 2025).

Perkembangan terbaru dari VR dan AR dalam dunia pendidikan tidak hanya sekadar perangkat keras, tapi juga didukung oleh inovasi perangkat lunak yang memungkinkan penciptaan konten belajar yang lebih menarik. Misalnya, ada platform yang memungkinkan dosen dan mahasiswa membuat konten VR dan AR mereka sendiri tanpa harus menjadi programmer ahli. Tren ke depan menunjukkan bahwa integrasi teknologi ini akan semakin dalam ke dalam kurikulum, tidak hanya sebagai alat pendukung, tetapi sebagai bagian integral dari pengalaman belajar.

Teknologi ini juga mulai digunakan untuk pelatihan praktis, misalnya dalam bidang kedokteran untuk melakukan simulasi operasi atau dalam teknik untuk latihan praktikum secara virtual. Dengan kemajuan ini, harapan besar adalah generasi baru yang lebih terbiasa belajar secara aktif,

visual, dan pengalaman langsung, yang kemudian otomatis meningkatkan kualitas dan efektivitas proses pembelajaran secara keseluruhan.

11.4 Dasar Teknologi Virtual Reality dan Augmented Reality

11.4.1 Komponen Utama dan Arsitektur Teknologi VR dan AR

Pada bagian ini, kita akan mengenal komponen utama yang membentuk teknologi VR dan AR serta fungsi masing-masing dalam pengalaman imersif. Pertama-tama, ada perangkat keras yang terdiri dari headset dan sensor. Headset VR, seperti Oculus Rift atau HTC Vive, memberikan pengalaman visual yang mendalam dengan layar yang terintegrasi dan lensa yang dirancang khusus untuk menciptakan efek kedalaman.

Di sisi lain, AR lebih banyak tergantung pada perangkat mobile atau kacamata pintar seperti Microsoft HoloLens yang menampilkan elemen digital di atas dunia nyata melalui layar kecil atau kaca transparan. Sensor diperlukan untuk melacak gerakan pengguna dan lingkungan sekitar, sehingga pengalaman yang didapat terasa lebih nyata (Astuti, 2025).

Selain perangkat keras, perangkat lunak juga berperan penting dalam menciptakan pengalaman VR dan AR. Game dan aplikasi yang dirancang untuk VR biasanya membutuhkan desain grafis yang rumit, serta algoritma pemrosesan untuk merender gambar dengan cepat dan akurat. Di sisi AR, perangkat lunak menggunakan teknologi pengenalan gambar dan pelacakan posisi untuk menempatkan objek virtual di dunia nyata secara tepat. Dengan kombinasi perangkat keras dan perangkat lunak ini, pengguna dapat belajar, bermain, atau bahkan berinteraksi dengan lingkungan virtual dengan cara yang belum pernah mereka bayangkan sebelumnya.

Arsitektur dasar dari sistem VR dan AR yang meliputi integrasi hardware dan software untuk menciptakan pengalaman yang mulus dan realistis. Arsitektur VR biasanya terdiri dari tiga lapisan: lapisan input, lapisan pemrosesan, dan lapisan output. Lapisan input mencakup sensor yang mendeteksi gerakan tubuh, seperti kontroler atau pengenalan gerakan. Data dari sensor ini kemudian diteruskan ke lapisan pemrosesan yang bertanggung jawab untuk mengolah informasi tersebut dan menghasilkan respons yang sesuai. Akhirnya, lapisan output menampilkan hasil pemrosesan kepada pengguna melalui headset atau layar (Crispin, 2024).

Sementara itu, arsitektur AR sering kali lebih terfokus pada interaksi dengan dunia nyata. Di sini, perangkat mengambil gambar dari lingkungan sekitar, kemudian menggunakan perangkat lunak untuk menganalisis gambar tersebut. Dengan cara ini, elemen digital bisa ditambahkan ke dalam pandangan nyata pengguna. Contohnya adalah ketika kita menggunakan aplikasi AR untuk menempatkan furnitur virtual dalam ruangan kita sebelum membelinya. Pengalaman ini menggabungkan visualisasi dan interaksi, menjadikannya lebih intuitif.

Memahami komponen dan arsitektur ini adalah langkah penting untuk siap menghadapi perkembangan teknologi di masa depan. Dengan informasi ini, kamu bisa lebih menghargai seberapa besar usaha yang diperlukan untuk menciptakan pengalaman yang terasa hidup dan dekat dengan kenyataan. Cobalah menjelajahi aplikasi atau game AR dan VR, dan hitung berapa banyak elemen yang kamu lihat, dari software sampai perangkat keras, yang berkontribusi untuk menciptakan momen seru tersebut.

11.4.2 Perangkat Keras dan Perangkat Lunak yang Dibutuhkan

Perangkat keras utama yang dibutuhkan untuk menikmati teknologi VR dan AR memang berfokus pada headset itu sendiri. Headset ini harus punya layar berkualitas tinggi dan sensor yang akurat supaya gerakan kepala kamu bisa langsung diterjemahkan secara nyata ke dalam dunia virtual. Selain headset, ada juga sensor atau kamera yang dipasang di sekitar ruangan

untuk melacak posisi tubuh dan objek dalam ruang tersebut. Tanpa sensor yang tepat, pengalaman interaksi terasa pasif dan kurang imersif. Kontroler juga nggak kalah penting, karena berkat mereka kamu bisa menggenggam, menunjuk, bahkan 'menyentuh' objek virtual, yang bikin pengalaman jadi jauh lebih nyata dan menyenangkan untuk dicoba, terutama dalam pembelajaran atau simulasi praktis (Setiawan, 2025).

Mengenai perangkat lunak, ini bagian yang sebenarnya “menghidupkan” dunia virtual yang kita lihat. Kamu butuh platform pengembangan yang mampu membuat dan mengelola konten VR dan AR. Software ini seperti jembatan antara ide kreatif dan realitas digital yang bisa dinikmati. Contoh populer adalah Unity dan Unreal Engine, dimana keduanya menawarkan tools lengkap untuk membangun aplikasi VR atau AR dari nol dengan banyak dukungan dari komunitas serta fitur yang terus berkembang.

Selain itu, ada aplikasi tertentu yang sudah dirancang khusus untuk berbagai kebutuhan, mulai dari edukasi, hiburan, sampai pelatihan profesional. Tools pendukung lain yang nggak boleh dilewatkan adalah software pendeteksi posisi dan pemodelan 3D, yang memungkinkan objek dan lingkungan digital memiliki bentuk dan gerakan yang realistis sehingga pengalaman pengguna jadi lebih memukau (Rahmansyah, 2026).

Untuk mahasiswa dan dosen yang mau serius masuk ke dunia VR dan AR, memastikan perangkat keras dan perangkat lunak saling mendukung adalah kunci utama. Mungkin kamu punya headset canggih tapi softwaranya kurang nyaman atau terlalu kompleks, maka proses belajar akan terhambat. Sebaliknya, software yang hebat akan sia-sia kalau hardware nya lambat atau tidak responsif. Jadi, penting banget buat cek spesifikasi secara detail, mulai dari kecepatan prosesor, kapasitas RAM, sampai kualitas layar dan jenis sensor yang digunakan. Memilih perangkat dengan keseimbangan yang pas akan memudahkan adaptasi dan pemanfaatan teknologi VR serta AR secara maksimal dalam kegiatan akademik dan riset.

Jangan lupa juga soal kompatibilitas antara perangkat keras dan lunak. Misalnya, beberapa headset cuma bisa digunakan dengan aplikasi berbasis

Windows, sementara yang lain bisa jalan di platform yang lebih luas termasuk MacOS atau bahkan sistem operasi mobile. Hal ini berpengaruh pada fleksibilitas dan efisiensi kerja dalam tim maupun kelas. Kemudian, aspek dukungan teknis dan pembaruan juga perlu diperhatikan, karena software yang sering update pastinya memberikan fitur baru serta memperbaiki bug yang bisa mengganggu pengalaman pengguna. Jadi, jangan ragu untuk memilih alat yang punya komunitas aktif dan dukungan yang memadai supaya kamu nggak merasa sendirian saat menghadapi kendala teknis.

Perangkat tambahan seperti earphone atau headphone dengan kualitas suara yang baik menjadi hal yang juga sangat mendukung dalam penggunaan AR dan VR. Suara yang immersif sangat membantu agar pengalaman VR dan AR terasa lebih hidup dan membuatmu betah berlama-lama menggunakan teknologi ini. Selain itu, penempatan ruang juga berpengaruh. Ruang yang cukup luas dan aman akan memudahkan sensor dalam melacak gerakan tanpa gangguan, serta menghindari risiko benturan dengan benda di sekitarmu. Jadi, jangan hanya fokus pada hardware dan software saja, tapi pikirkan juga lingkungan fisik tempat kamu memanfaatkan teknologi ini (Andriana, 2024).

Kalau kamu mulai dengan perangkat yang sesuai kebutuhan dasar dulu, jangan takut mencoba dan bereksperimen dengan berbagai aplikasi atau platform yang ada. Saat pengalaman makin bertambah, akan lebih mudah mengetahui mana perangkat yang pas untuk meningkatkan kualitas kerja atau pembelajaran. Intinya, VR dan AR itu seperti alat kreatif yang siap dipakai siapa saja, asal mau belajar dan menemukan kombinasi hardware serta software yang tepat. Semoga kamu bisa menemukan setup yang nyaman dan seru supaya teknologi ini benar-benar terasa manfaatnya setiap hari.

11.4.3 Perbedaan Teknologi VR dan AR dalam Konteks Pembelajaran

Virtual Reality, atau yang sering disingkat VR, adalah teknologi yang menciptakan lingkungan buatan yang sepenuhnya imersif. Ketika seseorang memakai headset VR, mereka seolah-olah masuk ke dunia lain yang tidak nyata, tetapi terasa sangat nyata bagi penggunanya. Dalam konteks pembelajaran, ini sangat cocok untuk simulasi atau pengalaman mendalam yang memerlukan pengguna untuk merasakan kehadiran di tempat tertentu tanpa benar-benar berada di sana. Misalnya, mahasiswa kedokteran dapat menggunakan VR untuk mempelajari anatomi tubuh manusia secara tiga dimensi, baik itu jantung, otak, atau organ lain, sehingga mereka bisa melihat dan memahami secara lebih nyata daripada sekadar teori di buku (Mufit, 2023).

Sementara itu, Augmented Reality, atau AR, berbeda karena teknologi ini menambahkan elemen digital ke dunia nyata melalui perangkat seperti smartphone, tablet, atau headset khusus. Dengan AR, pengguna tetap berada di dunia nyata, tetapi diberikan informasi digital yang memperkaya pengalaman belajar mereka. Contohnya, saat siswa memegang tablet di taman, mereka bisa melihat tampilan tiga dimensi dari berbagai tanaman dan hewan di sekitar mereka yang muncul di layar.

AR ini cocok untuk memperkaya pengalaman belajar di luar ruangan atau lingkungan nyata, dan dapat digunakan untuk menampilkan informasi kontekstual, seperti penjelasan tentang benda-benda di sekitarnya. Jadi, dibandingkan VR yang memisahkan pengguna dari dunia nyata, AR tetap mempertahankan keberadaan dunia nyata namun memperkaya dengan data digital yang relevan.

Satu hal yang paling mencolok dari perbedaan ini adalah tingkat imersi yang ditawarkan. VR mampu membawa pengguna ke dunia virtual yang sepenuhnya terpisah dari kenyataan, sehingga buat pengalaman yang benar-benar mendalam dan seru. Sedangkan AR, meski tidak sepenuhnya menghapus dunia nyata, menambah lapisan informasi digital yang membuat proses belajar jadi lebih menarik dan kontekstual.

Sebagai contoh sederhana, dalam pembelajaran sejarah, VR bisa digunakan untuk membawa mahasiswa ke zaman Romawi kuno, berjalan-jalan di kota kuno tersebut. Sebaliknya, AR bisa membantu mahasiswa melihat artefak sejarah di tempat asalnya di museum, lengkap dengan penjelasan digital yang muncul saat mereka memegang benda tersebut. Jadi, keduanya punya keunggulan tergantung dari jenis pengalaman belajar yang diinginkan.

Selain dari segi pengalaman, teknologi VR dan AR juga berbeda dari sisi perangkat yang digunakan. VR biasanya membutuhkan headset khusus yang menutupi seluruh mata dan terkadang dilengkapi dengan alat pengontrol tangan supaya pengguna bisa berinteraksi di dunia virtual. Sedangkan AR bisa diakses lewat perangkat yang lebih umum seperti smartphone dan tablet, yang sudah kita miliki sehari-hari. Ini berarti, AR lebih mudah diadaptasi dan digunakan secara luas di berbagai lingkungan belajar karena tidak memerlukan perangkat mahal dan khusus. Sebagai plus, AR juga bisa dipadukan dengan fitur GPS dan kamera untuk memberi pengalaman yang lebih dinamis di luar ruangan, cocok untuk pembelajaran lapangan dan kegiatan outdoor (Harahap, 2025).

Perbedaan lain yang tak kalah penting adalah dari segi efektivitas penggunaannya. VR cocok digunakan untuk latihan, simulasi, dan pengalaman yang memerlukan penghantaran pengalaman yang mendalam dan personal. Contohnya, pelatihan kedokteran, teknik mesin, atau pelajaran yang berkaitan dengan situasi berbahaya yang sebaiknya tidak dihadapi secara langsung. Sementara itu, AR lebih efektif untuk memperkaya pengalaman belajar di lingkungan nyata, seperti di kelas, museum, atau lapangan survei. Dengan AR, siswa bisa mendapatkan informasi tambahan tanpa harus meninggalkan lingkungan belajar mereka, membuat proses belajar jadi lebih intuitif dan tidak terlalu menyita waktu.

Kalau mau praktis, penggunaan VR dan AR juga berbeda dalam hal biaya dan infrastruktur. VR cenderung memerlukan perangkat yang lebih mahal dan ruang yang cukup untuk pengguna bergerak, tapi menawarkan pengalaman yang lebih mendalam dan terfokus. Sebaliknya, AR bisa diakses dari perangkat umum yang sudah dimiliki banyak orang, jadi lebih

hemat biaya dan lebih mudah diintegrasikan ke dalam kegiatan belajar harian. Jadi, pilihan antara VR dan AR sebenarnya bergantung pada tujuan pembelajaran, anggaran, dan konteks penggunaannya. Kalau ingin pengalaman imersif yang sangat mendalam, VR adalah pilihan terbaik. Kalau ingin memperkaya pembelajaran di lingkungan nyata dan lebih praktis, AR lebih cocok.

Seiring berkembangnya teknologi, kombinasi antara VR dan AR juga semakin mungkin diterapkan. Misalnya, dengan menggabungkan kedua teknologi ini, pengalaman belajar menjadi lebih lengkap dan menarik. Mahasiswa dan dosen bisa beralih dari simulasi virtual penuh ke pengalaman kontekstual di dunia nyata, sesuai kebutuhan mereka. Kuncinya adalah memahami apa yang tepat untuk digunakan sesuai dengan tujuan pembelajaran dan kondisi penerapan di lapangan. Dengan begitu, teknologi ini bisa benar-benar dimanfaatkan secara optimal untuk meningkatkan kualitas pendidikan dan pengalaman belajar secara keseluruhan.

Bab 12

Etika Kecerdasan Buatan dalam Pendidikan

12.1 Pendahuluan

Teknologi paling transformasional di abad ke-21 dan telah memengaruhi dunia Pendidikan Adalah munculnya kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI). AI menawarkan potensi luar biasa untuk merevolusi cara kita mengajar, belajar, dan mengevaluasi hasil pendidikan. Terpenuhinya personalisasi pembelajaran hingga otomasi tugas administratif, membuka peluang baru yang sebelumnya tidak terbayangkan dalam ekosistem pendidikan.

Namun, seiring dengan kemajuan teknologi ini, muncul pula berbagai pertanyaan etika yang kompleks. Bagaimana kita memastikan bahwa AI digunakan secara bertanggung jawab dalam konteks pendidikan? Bagaimana melindungi privasi data siswa sambil tetap memanfaatkan kekuatan AI untuk peningkatan pembelajaran? Pertanyaan-pertanyaan ini

menjadi semakin mendesak ketika implementasi AI dalam pendidikan semakin meluas.

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa penggunaan AI dalam pendidikan telah meningkat secara eksponensial sejak tahun 2020, dipercepat oleh pandemi COVID-19 yang memaksa lembaga pendidikan untuk beralih ke pembelajaran jarak jauh (UNESCO, 2023). Data menunjukkan bahwa lebih dari 60% institusi pendidikan tinggi di seluruh dunia telah mengadopsi beberapa bentuk teknologi AI dalam operasional mereka, sementara di tingkat sekolah menengah dan dasar, angkanya mencapai sekitar 45% dan terus meningkat.

Peningkatan pesat ini menuntut perlunya kerangka kerja etika yang kuat untuk memandu implementasi AI dalam pendidikan. Tanpa panduan etika yang jelas, ada risiko bahwa teknologi ini dapat memperkuat ketidaksetaraan yang sudah ada, melanggar privasi, atau bahkan mengurangi peran penting pendidik manusia dalam proses pembelajaran. Melalui pendekatan akademik yang sistematis, diharapkan dapat memberikan panduan yang berguna bagi praktisi pendidikan, pengambil keputusan kebijakan, dan peneliti dalam bidang teknologi pendidikan.

12.2 Konsep Dasar Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence) secara Akademik

Secara akademik, kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) didefinisikan sebagai cabang ilmu komputer yang berfokus pada pengembangan sistem mesin yang mampu melakukan tugas yang biasanya memerlukan kecerdasan manusia. Definisi ini mencakup kemampuan seperti pembelajaran, penalaran, pemecahan masalah, persepsi, dan pemahaman bahasa (UNESCO, 2023).

Dalam konteks pendidikan, AI merujuk pada sistem yang dapat mendukung atau meningkatkan proses pengajaran dan pembelajaran. Ini

termasuk aplikasi yang dapat beradaptasi dengan kebutuhan individual siswa, memberikan umpan balik personal, menganalisis pola pembelajaran, dan membantu pendidik dalam membuat keputusan berbasis data.

12.3 Perkembangan AI dalam Pendidikan

AI in Education (AIED) merupakan bidang interdisipliner yang menggabungkan AI dengan ilmu pendidikan, psikologi, dan ilmu kognitif. Menurut studi sistematis yang diterbitkan pada tahun 2026, AIED telah mengalami evolusi signifikan selama dekade terakhir (Létourneau et al., 2025).

Perkembangan AIED dapat dibagi menjadi tiga generasi:

1. **Generasi Pertama (1980-2000):** Sistem tutor intelijen yang berfokus pada domain pengetahuan spesifik dengan aturan yang diprogram secara manual. Contoh termasuk sistem seperti Cognitive Tutor yang dikembangkan di Carnegie Mellon University untuk matematika.
2. **Generasi Kedua (2000-2015):** Sistem yang memanfaatkan machine learning untuk beradaptasi dengan kebutuhan siswa. Contohnya adalah platform seperti Knewton yang menggunakan algoritma adaptif untuk personalisasi pembelajaran.
3. **Generasi Ketiga (2015-Sekarang):** Sistem AIED yang canggih dengan kemampuan pemrosesan bahasa alami, analitik pembelajaran mendalam, dan integrasi dengan teknologi lain seperti augmented reality dan virtual reality. Contohnya termasuk platform seperti Squirrel AI yang menggabungkan AI dengan pendekatan pedagogis yang inovatif.

12.4 Penerapan AI Dalam Dunia Pendidikan

1. Personalized learning dengan Chatbot dan Tutor AI

Salah satu aplikasi AI yang paling menjanjikan dalam pendidikan adalah personalisasi pembelajaran. AI memungkinkan pendekatan yang benar-benar terpusat pada siswa, dengan menyesuaikan konten, kecepatan, dan metode pengajaran sesuai dengan kebutuhan, preferensi, dan kemampuan individual setiap siswa. Beberapa contoh adalah Chatbot edukatif, system tutor intelijen (Mhlanga, 2023; Zawacki-richter et al., 2019).

2. Sistem analitik pembelajaran (learning analytics)

Learning analytics adalah pengukuran, pengumpulan, analisis, dan pelaporan data tentang pembelajar dan konteks mereka. AI memungkinkan menganalisis data yang lebih kompleks dan prediksi yang lebih akurat. Contohnya: prediksi kinerja mahasiswa, analisis pembelajaran social

3. Otomasi penilaian dan umpan balik

AI telah merevolusi proses penilaian lebih efisien, konsisten, dan mendalam. Selain menghemat waktu pendidik tetapi juga dapat memberikan umpan balik yang lebih kaya dan tepat waktu kepada siswa. Contohnya: penilaian esai otomatis, penilaian formatif otomatis.

4. Dukungan aksesibilitas bagi peserta didik berkebutuhan khusus

AI memiliki potensi besar untuk meningkatkan aksesibilitas dalam pendidikan, membantu peserta didik berkebutuhan khusus untuk berpartisipasi lebih penuh dalam pengalaman pendidikan. Teknologi ini dapat memberikan dukungan yang dipersonalisasi

yang sebelumnya tidak mungkin atau sangat memakan waktu bagi pendidik.

12.5 Etika Penggunaan AI di Institusi Pendidikan

12.5.1 Prinsip Etika Dalam Implementasi AI

Implementasi AI dalam pendidikan harus didasarkan pada prinsip-prinsip etika yang kuat untuk memastikan teknologi ini digunakan secara bertanggung jawab dan menghormati hak-hak semua pemangku kepentingan. Berdasarkan kerangka kerja UNESCO dan praktik terbaik global, terdapat beberapa prinsip etika kunci yang harus memandu penggunaan AI di lembaga pendidikan (Adam & Pente, 2023; UNESCO, 2023).

1. Akuntabilitas

Akuntabilitas mengacu pada tanggung jawab yang jelas terkait pengembangan, implementasi, dan penggunaan sistem AI dalam pendidikan.

Prinsip ini mencakup:

- a. Transparansi algoritma: dokumentasi yang jelas tentang bagaimana sistem AI membuat keputusan atau rekomendasi,
- b. Pemantauan dan evaluasi: proses berkelanjutan untuk menilai dampak sistem AI terhadap pembelajaran dan kesejahteraan siswa.
- c. Mekanisme umpan balik: saluran untuk siswa, pendidik, dan orang tua untuk melaporkan masalah atau kekhawatiran terkait sistem AI.

Contoh penerapan akuntabilitas adalah ketika Universitas Stanford mengembangkan kebijakan yang mewajibkan semua peneliti yang menggunakan AI dalam penelitian pendidikan untuk mendaftarkan sistem mereka dan menjalani audit etika secara berkala.

2. Transparansi

Transparansi dalam konteks AI pendidikan berarti bahwa semua pemangku kepentingan memahami bagaimana teknologi AI bekerja dan bagaimana data mereka digunakan.

Aspek transparansi meliputi:

- a. Penjelasan yang dapat dimengerti: Informasi tentang sistem AI disajikan dalam bahasa yang dapat diakses oleh non-ahli teknologi,
- b. Keterbukaan data: Kebijakan yang jelas tentang jenis data yang dikumpulkan, bagaimana data tersebut digunakan, dan dengan siapa data dibagikan.
- c. Keterbukaan algoritma: Dokumentasi tentang logika di balik keputusan atau rekomendasi yang dibuat oleh AI.

Studi menunjukkan bahwa transparansi meningkatkan kepercayaan dan penerimaan terhadap teknologi AI dalam pendidikan. Sebaliknya, kurangnya transparansi dapat menyebabkan skeptisisme dan resistensi terhadap adopsi AI.

3. Keadilan dan non-diskriminasi: Sistem AI harus dirancang dan digunakan dengan cara yang adil dan tidak mendiskriminasi. Prinsip ini sangat penting dalam pendidikan, di mana kesetaraan akses dan peluang adalah fondasi utama.

Aspek keadilan meliputi:

- a. Pencegahan bias algoritma: Upaya proaktif untuk mengidentifikasi dan mengurangi bias dalam data pelatihan dan algoritma,

- b. Inklusivitas desain: Memastikan bahwa sistem AI dapat digunakan oleh siswa dari berbagai latar belakang, termasuk mereka dengan disabilitas.
 - c. Akses yang merata: Kebijakan untuk memastikan bahwa semua siswa memiliki akses yang setara ke teknologi AI, terlepas dari latar belakang sosio-ekonomi mereka.
4. Privasi dan perlindungan data

Privasi adalah salah satu pertimbangan etika paling kritis dalam implementasi AI pendidikan. Sistem AI sering mengumpulkan dan memproses data pribadi yang sensitif tentang siswa, termasuk informasi akademik, perilaku, dan bahkan data biologis.

Prinsip privasi meliputi:

- a. Persetujuan yang tepat: Memperoleh persetujuan yang jelas dan informasi dari siswa dan orang tua sebelum mengumpulkan data.
- b. Minimisasi data: Hanya mengumpulkan data yang benar-benar diperlukan untuk tujuan pendidikan yang ditentukan,
- c. Keamanan data: Implementasi langkah-langkah keamanan yang kuat untuk melindungi data dari akses tidak sah atau pelanggaran.
- d. Hak atas data: Memberi individu kontrol atas data mereka, termasuk hak untuk mengakses, memperbaiki, dan menghapus data pribadi.

12.5.2 Risiko Etika dalam Implementasi AI

Meskipun AI menawarkan banyak manfaat dalam pendidikan, terdapat juga risiko etika yang signifikan yang harus dikelola dengan cermat.

Identifikasi dan mitigasi risiko ini adalah langkah krusial dalam implementasi AI yang bertanggung jawab:

1. Bias algoritma

Bias algoritme terjadi ketika sistem AI menghasilkan hasil yang sistematis dan tidak adil, seringkali karena bias dalam data pelatihan atau asumsi yang tertanam dalam desain algoritme. Dalam konteks pendidikan, bias algoritme dapat memiliki konsekuensi serius seperti diskriminasi dalam evaluasi, rekomendasi yang terbatas, penguatan stereotip. Studi kasus yang menonjol adalah ketika sistem penilaian esai otomatis di Amerika Serikat ditemukan memberikan nilai lebih tinggi untuk esai yang lebih panjang, yang secara tidak adil menguntungkan siswa yang dapat menulis lebih cepat daripada mereka yang lebih berhati-hati dan metodis.

2. Kebocoran data dan pelanggaran privasi

Dengan jumlah data pribadi yang dikumpulkan oleh sistem AI pendidikan, risiko kebocoran data dan pelanggaran privasi menjadi signifikan. Konsekuensinya dapat meliputi: pemaparan informasi sensitive, penggunaan data yang tidak tepat: jejak digital permanen.

Insiden di sebuah universitas besar di Amerika Serikat pada tahun 2024, di mana data ribuan siswa dari sistem pembelajaran adaptif bocor dan dijual kepada pihak ketiga, mengilustrasikan dampak serius dari pelanggaran data dalam pendidikan.

3. Ketergantungan Teknologi

Ketika lembaga pendidikan semakin bergantung pada AI, ada risiko ketergantungan teknologi yang berlebihan. Ini dapat menyebabkan penurunan keterampilan dasar, pengurangan peran pendidik, kerentanan system.

Contoh praktis adalah ketika beberapa sekolah di Finlandia melaporkan penurunan kemampuan siswa dalam penelitian independen dan berpikir kritis setelah mengimplementasikan sistem pembelajaran adaptif yang terlalu terarah.

4. **Plagiarisme dan Kecurangan Akademik:** Kemajuan dalam AI, khususnya dalam generasi teks dan konten, telah menciptakan tantangan baru terkait plagiarisme dan kecurangan akademik. Siswa sekarang dapat menggunakan AI untuk menghasilkan esai dan tugas: Alat seperti GPT-4 dan model bahasa serupa dapat menghasilkan teks yang koheren dan relevan dengan topik, memecahkan masalah kompleks, meniru gaya penulisan: Beberapa alat AI dapat meniru gaya penulisan individu, membuatnya lebih sulit untuk mendeteksi kecurangan.

Universitas Oxford melaporkan peningkatan 35% dalam kasus kecurangan akademik yang melibatkan AI selama tahun akademik 2023-2024, menunjukkan skala masalah ini.

12.5.3 Peran Pendidik dan Institusi Dalam Pengawasan Etika

Pengawasan etika implementasi AI bukan hanya tanggung jawab pengembang teknologi tetapi juga semua pemangku kepentingan dalam ekosistem pendidikan.

Salah langkah paling penting yang dapat diambil lembaga pendidikan adalah menginvestasikan dalam literasi AI untuk pendidik. Hal ini mencakup pemahaman teknologi dasar seperti pelatihan tentang cara kerja AI, kemampuannya, dan batasannya. Kesadaran etika yaitu pemahaman tentang pertimbangan etika dalam penggunaan AI dan cara mengidentifikasi masalah potensial. Keterampilan praktis yaitu kemampuan untuk menggunakan alat AI secara efektif dan etis dalam

pengajaran. Selain literasi AI untuk pendidikan maka lembaga pendidikan perlu mengembangkan kebijakan yang jelas tentang penggunaan AI.

Kebijakan ini harus mencakup:

1. Pedoman penggunaanyaitu aturan yang jelas tentang bagaimana AI dapat dan tidak dapat digunakan oleh siswa dan pendidik,
2. Prosedur persetujuan yaitu proses untuk mengevaluasi dan menyetujui alat AI sebelum implementasi.
3. Mekanisme pengawasan yaitu sistem untuk memantau penggunaan AI dan menangani masalah etika yang muncul.

Contoh praktis adalah kebijakan yang dikembangkan oleh Universitas Helsinki, yang mencakup prinsip-prinsip seperti “penggunaan AI harus meningkatkan, bukan menggantikan, pembelajaran manusia” dan “semua penggunaan AI harus transparan dan dapat dijelaskan”.

Dalam hal pengawasan etika AI dalam pendidikan harus melibatkan berbagai pemangku kepentingan. Pendekatan partisipatif ini bertujuan untuk memastikan bahwa berbagai perspektif dipertimbangkan dalam pengembangan kebijakan dan praktik AI yang etis.

Pemangku kepentingan yang dimaksud Adalah siswa, orang tua, pendidik dan pakar etika.

12.6 Regulasi dan Kerangka Kebijakan Etika AI dalam Pendidikan

12.6.1 Kerangka Regulasi Global

Penggunaan AI dalam Pendidikan harus diatur oleh berbagai kerangka regulasi global, nasional, dan institusional yang bertujuan memastikan bahwa teknologi ini digunakan secara bertanggung jawab dan etis.

Berikut beberapa regulasi yang ada:

1. Rekomendasi UNESCO tentang Etika AI

Pada tahun 2021, UNESCO mengadopsi “Rekomendasi tentang Etika Kecerdasan Buatan”, yang merupakan perjanjian global pertama tentang subjek ini. Rekomendasi ini memberikan kerangka kerja komprehensif untuk pengembangan dan penggunaan AI yang etis, termasuk dalam konteks pendidikan (UNESCO, 2023).

Rekomendasi UNESCO menekankan empat nilai inti:

- a. Respect, protection, and promotion of human rights and fundamental freedoms: AI harus dirancang dan digunakan dengan cara yang menghormati hak asasi manusia, termasuk hak atas pendidikan.
- b. Environmental and ecosystem flourishing: Pengembangan dan penggunaan AI harus mempertimbangkan dampak lingkungan dan berkontribusi pada pembangunan berkelanjutan.
- c. Ensuring diversity and inclusiveness: AI harus mempromosikan inklusi dan keragaman, bukan memperkuat ketidaksetaraan yang ada.
- d. Living in peaceful, just, and interconnected societies: AI harus mendukung perdamaian, keadilan, dan hubungan manusia yang sehat.

Untuk sektor pendidikan khususnya, UNESCO menyoroti pentingnya:

- a. Perlindungan data pendidikan: Data pendidikan harus dilindungi dan digunakan hanya untuk tujuan pendidikan yang ditentukan.
- b. Transparansi algoritma: Sistem AI yang digunakan dalam pendidikan harus transparan dan dapat dijelaskan.

- c. Kapasitas bangunan: Investasi dalam literasi AI untuk pendidik dan siswa.
- 2. Organisasi untuk Kerja Sama dan Pembangunan Ekonomi atau Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)

OECD telah mengembangkan “Prinsip AI” yang diadopsi oleh 42 negara pada tahun 2019. Prinsip-prinsip ini memberikan panduan untuk kebijakan AI yang dapat diandalkan, termasuk dalam konteks pendidikan.

Prinsip-prinsip OECD meliputi:

- a. Inclusive growth, sustainable development, and well-being: AI harus memberikan manfaat bagi individu dan masyarakat.
- b. Human-centered values and fairness: Respek untuk demokrasi, hak asasi manusia, dan kebebasan fundamental.
- c. Transparency and explainability: Sistem AI harus transparan dan hasilnya dapat dijelaskan.
- d. Robustness, security, and safety: Sistem AI harus aman, aman, dan andal.
- e. Accountability: Mekanisme untuk memastikan akuntabilitas atas hasil AI.

Dalam konteks pendidikan, OECD menekankan bahwa AI harus mendukung tujuan pendidikan dan tidak mengurangi peran penting pendidik manusia. Organisasi ini juga menyoroti perlunya pendekatan seumur hidup terhadap pembelajaran tentang AI.

12.6.2 Regulasi Nasional di Berbagai Negara

Selain kerangka kerja global, banyak negara telah mengembangkan regulasi nasional yang spesifik untuk AI dalam pendidikan. Regulasi ini mencerminkan konteks hukum, budaya, dan pendidikan masing-masing negara.

Di Inggris, penggunaan AI dalam pendidikan diatur oleh berbagai kerangka hukum, termasuk mengatur pengumpulan dan penggunaan data pribadi, termasuk data Pendidikan, memberikan kerangka kerja untuk penggunaan teknologi dalam Pendidikan, menetapkan visi untuk penggunaan teknologi, termasuk AI, dalam pendidikan. Secara khusus, Inggris telah mengembangkan “AI Code of Conduct for the Education Sector” yang memberikan panduan praktis untuk lembaga pendidikan dalam mengimplementasikan AI secara etis. Kode ini mencakup prinsip-prinsip seperti transparansi, akuntabilitas, dan perlindungan data.

Singapura, dikenal dengan pendekatan proaktifnya terhadap AI dan teknologi pendidikan. Negara ini telah mengembangkan model AI Governance Framework yang menyediakan panduan untuk sektor swasta dan publik tentang implementasi AI yang bertanggung jawab. National AI Strategy, menguraikan rencana untuk mengintegrasikan AI di berbagai sektor, termasuk pendidikan. EdTech Masterplan, menetapkan visi untuk penggunaan teknologi pendidikan, termasuk AI, dalam sistem pendidikan Singapura. Kementerian Pendidikan Singapura juga telah mengembangkan pedoman khusus untuk penggunaan AI di sekolah, dengan menekankan pentingnya literasi digital dan etika bagi siswa dan pendidik.

Finlandia, telah menjadi pemimpin global dalam pendidikan dan telah mengadopsi pendekatan yang bijaksana terhadap AI di sektor ini. Inisiatif utama meliputi: Finland’s AI Programme yang menetapkan strategi nasional untuk AI, termasuk implikasinya untuk pendidikan. Elements of AI yaitu kursus online gratis yang dikembangkan oleh University of Helsinki dan Reaktor untuk meningkatkan literasi AI di kalangan masyarakat serta Ethics of AI in Education Guidelines yaitu pedoman yang dikembangkan oleh Finnish National Agency for Education tentang penggunaan AI yang etis dalam pendidikan. Finlandia menekankan bahwa AI harus digunakan untuk meningkatkan, bukan menggantikan, peran pendidik dan bahwa pendekatan berpusat pada manusia harus selalu diutamakan.

12.6.3 Kebijakan Nasional Indonesia

Di Indonesia, penggunaan AI dalam pendidikan sedang berkembang dan diatur oleh berbagai kebijakan dan regulasi.

Beberapa inisiatif kunci meliputi:

1. Rencana Induk Riset Nasional (2020-2045).

Rencana Induk Riset Nasional yang dikeluarkan oleh Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional (Kemenristek/BRIN) mengidentifikasi AI sebagai salah satu fokus riset prioritas. Dalam konteks pendidikan, rencana ini menyoroti pentingnya pengembangan kapasitas sumber daya manusia di bidang AI, integrasi AI dalam sistem pendidikan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran dan riset tentang dampak sosial dan etika AI dalam masyarakat.

2. Peran Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikbudristek) (Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, 2023)

Kemendikbudristek memiliki peran sentral dalam mengatur kebijakan terkait teknologi pendidikan, termasuk AI.

Beberapa inisiatif terkait meliputi:

- a. Platform Merdeka Mengajar: Platform digital yang mengintegrasikan berbagai sumber daya pembelajaran, dengan potensi untuk menggabungkan alat AI di masa depan,
 - b. Kurikulum Merdeka: Kurikulum baru yang menekankan pentingnya literasi digital dan teknologi.
 - c. Program Guru Penggerak: Inisiatif untuk meningkatkan kapasitas guru, termasuk dalam pemanfaatan teknologi pembelajaran.
3. Badan Standardisasi Nasional (BSN) telah mulai mengembangkan standar terkait AI, meskipun fokusnya belum secara spesifik pada

pendidikan. Namun, standar umum tentang keamanan data, privasi, dan etika teknologi informasi berlaku untuk implementasi AI dalam pendidikan.

Namun, Indonesia masih menghadapi beberapa tantangan dalam mengembangkan regulasi yang komprehensif untuk AI dalam Pendidikan seperti:

- a. Kesenjangan digital: Akses tidak merata ke teknologi di berbagai wilayah Indonesia,
- b. Kapasitas sumber daya manusia: Kekurangan ahli AI dan pendidik yang terampil dalam teknologi.
- c. Kerangka hukum: Perkembangan regulasi yang belum sepenuhnya mengikuti kemajuan teknologi.

Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, akademisi, dan masyarakat sipil dalam mengembangkan kebijakan yang inklusif dan responsif terhadap kebutuhan pendidikan Indonesia.

12.6.4 Implikasi Kebijakan untuk Institusi Pendidikan

Hadirnya kebijakan dan regulasi tentang AI dalam pendidikan memiliki implikasi langsung bagi lembaga pendidikan pada semua level.

Untuk mematuhi kerangka etika dan hukum, lembaga pendidikan perlu:

1. Mengembangkan kebijakan internal

Lembaga pendidikan perlu mengembangkan kebijakan internal yang jelas tentang penggunaan AI.

Kebijakan ini harus mencakup:

- a. Prosedur pengadaan yaitu proses untuk mengevaluasi dan menyetujui alat AI sebelum pembelian atau implementasi,
- b. Pedoman penggunaan yaitu aturan yang jelas tentang bagaimana AI dapat digunakan oleh siswa dan pendidik.

- c. Perlindungan data yaitu protokol untuk memastikan privasi dan keamanan data siswa.
2. Pelatihan dan Pengembangan Kapasitas

Kepatuhan terhadap regulasi memerlukan pemahaman yang memadai tentang AI dan implikasi etisnya.

Lembaga pendidikan perlu berinvestasi dalam:

 - a. Pelatihan untuk pendidik yaitu program untuk meningkatkan literasi AI dan kesadaran etika di kalangan pendidik,
 - b. Kurikulum untuk siswa yaitu integrasikan literasi AI dan etika digital ke dalam kurikulum.
 - c. Workshop untuk orang tua yaitu sesi untuk mengedukasi orang tua tentang AI dalam pendidikan.
3. Mekanisme Pengawasan dan umpan balik.

Lembaga pendidikan perlu menetapkan mekanisme untuk memantau penggunaan AI dan mengumpulkan umpan balik dari berbagai pemangku kepentingan.

Ini dapat mencakup;

 - a. Komite etika AI yaitu kelompok yang bertanggung jawab untuk meninjau penggunaan AI di lembaga,
 - b. Survei dan fokus grup yaitu metode untuk mengumpulkan masukan dari siswa, pendidik, dan orang tua.
 - c. Audit berkala yaitu penilaian teratur terhadap dampak dan kepatuhan sistem AI.

Dengan langkah-langkah ini, lembaga pendidikan dapat memastikan bahwa mereka tidak hanya mematuhi regulasi yang ada tetapi juga berkontribusi pada pengembangan praktik AI yang etis dan bertanggung jawab dalam pendidikan.

Bab 13

Transformasi Peran Pendidik di Era AI

13.1 Konsep Transformasi Peran Pendidik

Konsep transformasi peran pendidik merupakan suatu proses perubahan mendasar dalam fungsi, identitas, dan praktik profesional pendidik yang dipengaruhi oleh perkembangan teknologi, dinamika sosial, serta tuntutan kompetensi abad ke-21 (Sulistian, 2025). Transformasi ini tidak sekadar menggeser peran teknis dalam kegiatan mengajar, melainkan merekonstruksi posisi pendidik dari pusat penyampaian pengetahuan menjadi fasilitator, mediator, dan pembimbing proses pembelajaran yang berpusat pada peserta didik.

Dalam konteks era digital dan kecerdasan buatan, pendidik dituntut untuk mampu mengintegrasikan teknologi sebagai bagian dari strategi pedagogis, sekaligus mengembangkan kemampuan peserta didik dalam berpikir kritis,

kreatif, dan mandiri (Utami et al., 2026). Perubahan ini didorong oleh kemudahan akses informasi yang luas, sehingga fungsi pendidik tidak lagi sebagai sumber utama pengetahuan, tetapi sebagai kurator dan pengarah pembelajaran yang membantu peserta didik dalam memahami, mengevaluasi, dan memanfaatkan informasi secara bermakna.

Dengan demikian, transformasi peran pendidik mencerminkan adaptasi profesional yang bersifat holistik, mencakup aspek pedagogis, teknologi, sosial, dan humanistik, guna menciptakan proses pendidikan yang relevan, adaptif, dan berorientasi pada pengembangan potensi peserta didik secara optimal.

13.1.1 Definisi Transformasi Peran Pendidik

Transformasi peran pendidik merujuk pada proses perubahan mendasar dalam fungsi, tanggung jawab, dan identitas profesional pendidik sebagai respons terhadap dinamika perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi, serta kebutuhan pembelajaran abad ke-21 (Liani, 2025). Transformasi ini tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga mencakup perubahan paradigma, pendekatan pedagogis, dan orientasi pendidikan secara keseluruhan.

(Siswanto, 2026) Dalam konteks pendidikan modern, pendidik tidak lagi diposisikan sebagai satu-satunya sumber pengetahuan, melainkan sebagai fasilitator yang membimbing peserta didik dalam mengakses, mengolah, dan mengonstruksi pengetahuan secara mandiri. Perubahan ini sejalan dengan perkembangan teknologi informasi dan kecerdasan buatan yang memungkinkan akses informasi menjadi lebih terbuka dan tidak terbatas.

Sebagaimana dijelaskan dalam kajian literatur, perkembangan kecerdasan buatan telah mendorong perubahan peran guru dari penyampai materi menjadi fasilitator digital yang mendampingi proses belajar peserta didik secara lebih interaktif dan adaptif. Dengan demikian, transformasi peran pendidik dapat dipahami sebagai proses adaptasi profesional yang berorientasi pada peningkatan kualitas pembelajaran melalui integrasi teknologi dan pendekatan yang berpusat pada peserta didik.

13.1.2 Perubahan Paradigma Pendidikan: Teacher-Centered ke Student-Centered

Transformasi peran pendidik tidak dapat dipisahkan dari perubahan paradigma pendidikan, yaitu pergeseran dari pendekatan teacher-centered learning menuju student-centered learning (Devanti, Muftiana and Mukmin, 2023). Pada paradigma tradisional, proses pembelajaran didominasi oleh pendidik sebagai pusat informasi, sementara peserta didik berperan pasif sebagai penerima pengetahuan.

Sebaliknya, paradigma student-centered learning menempatkan peserta didik sebagai subjek aktif dalam proses pembelajaran. Pendidik berperan sebagai fasilitator yang menciptakan lingkungan belajar yang memungkinkan peserta didik untuk mengeksplorasi, bertanya, berdiskusi, dan membangun pengetahuan secara mandiri maupun kolaboratif.

Perubahan paradigma pendidikan didukung oleh integrasi teknologi digital dan kecerdasan buatan yang menjadikan pembelajaran lebih fleksibel, personal, dan adaptif. (Risana et al., 2025) Peserta didik dapat belajar sesuai kecepatan, gaya, dan kebutuhannya, sementara pendidik berperan sebagai fasilitator dan mediator yang membimbing proses belajar secara kritis. Selain itu, paradigma ini menekankan pengembangan keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi, sehingga tujuan pendidikan beralih dari sekadar transfer pengetahuan menuju pengembangan kompetensi peserta didik secara holistik.

13.1.3 Faktor Pendorong Transformasi Peran Pendidik

Transformasi peran pendidik tidak terjadi secara spontan, melainkan dipengaruhi oleh berbagai faktor eksternal dan internal yang saling berkaitan.

Berikut adalah faktor-faktor utama yang mendorong perubahan tersebut:

1. Digitalisasi Pendidikan

Digitalisasi pendidikan merupakan salah satu faktor utama yang mendorong transformasi peran pendidik. Perkembangan teknologi

informasi dan komunikasi telah mengubah cara pengetahuan diproduksi, disebarluaskan, dan diakses. Platform pembelajaran digital, sistem manajemen pembelajaran (LMS), serta berbagai aplikasi edukasi telah menciptakan ekosistem pembelajaran yang lebih terbuka dan fleksibel (Thoriq, Kusuma and Muharom, 2025). Dalam konteks ini, pendidik dituntut untuk mampu memanfaatkan teknologi sebagai media pembelajaran, sekaligus mengelola lingkungan belajar digital secara efektif. Digitalisasi juga mendorong munculnya pembelajaran jarak jauh dan hybrid learning, yang semakin memperluas peran pendidik dalam mengelola interaksi pembelajaran di berbagai ruang dan waktu.

2. Perkembangan Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence)

Kecerdasan buatan (AI) menjadi faktor transformasional yang signifikan dalam pendidikan. AI memungkinkan otomatisasi berbagai proses pembelajaran, seperti penilaian, analisis data belajar, serta penyediaan umpan balik secara real-time. Selain itu, AI juga mendukung personalisasi pembelajaran dengan menyesuaikan materi dan strategi pembelajaran berdasarkan kebutuhan individu peserta didik.

(Lusiyanti, Apdillah and Sari, 2025) Penelitian menunjukkan bahwa AI memiliki potensi besar dalam meningkatkan kualitas pembelajaran melalui sistem adaptif, tutor virtual, dan analisis berbasis data. Hal ini mengubah peran pendidik dari sekadar pengajar menjadi pengelola pengalaman belajar yang berbasis data dan teknologi.

Namun demikian, kehadiran AI tidak menggantikan peran pendidik secara keseluruhan, melainkan memperkuat fungsi pendidik dalam aspek yang bersifat humanis, seperti pembinaan karakter, motivasi, dan interaksi sosial.

3. Digitalisasi Pendidikan

Globalisasi juga menjadi faktor penting yang mendorong transformasi peran pendidik. Dalam era global, peserta didik dituntut untuk memiliki kompetensi yang relevan dengan kebutuhan dunia kerja dan masyarakat global, seperti kemampuan berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, dan kolaborasi.

(Gani et al., 2025) Perubahan ini menuntut pendidik untuk tidak hanya mengajarkan konten akademik, tetapi juga mengembangkan keterampilan hidup (life skills) dan kompetensi abad ke-21. Oleh karena itu, pendidik perlu mengadopsi pendekatan pembelajaran yang lebih inovatif, kontekstual, dan berbasis masalah.

Selain itu, globalisasi juga memperluas akses terhadap sumber belajar dari berbagai belahan dunia, sehingga pendidik perlu berperan sebagai kurator informasi yang mampu membantu peserta didik dalam memilah dan mengevaluasi informasi secara kritis.

13.2 Peran Tradisional vs Peran Pendidik di Era AI

13.2.1 Peran Pendidik sebagai Sumber Pengetahuan di Era Tradisional

Dalam sistem pendidikan tradisional, peran utama pendidik adalah sebagai sumber utama pengetahuan dan informasi. Pendidik dipandang sebagai figur otoritatif yang menyampaikan materi pembelajaran secara langsung kepada peserta didik. Pendekatan yang diterapkan dalam paradigma ini adalah teacher-centered, di mana proses pembelajaran berpusat pada

pendidik sebagai penyampai informasi dan peserta didik berperan pasif sebagai penerima.

Pada era ini, pembelajaran umumnya bersifat linier, dengan pendidik menyusun kurikulum dan menyampaikan materi dalam bentuk yang telah ditentukan. Penilaian hasil belajar dilakukan melalui ujian atau tes yang mengukur pemahaman siswa terhadap materi yang disampaikan. Dalam konteks ini, pendidik lebih berfokus pada penguasaan konten atau pengetahuan substansial daripada proses pengembangan keterampilan lainnya, seperti berpikir kritis, kolaborasi, atau kreativitas.

Pendidik bertanggung jawab untuk memastikan bahwa siswa menguasai materi yang telah diajarkan, dengan penekanan pada hafalan dan kemampuan reproduksi informasi. Dalam peran ini, pendidik dianggap sebagai figur sentral yang menentukan arah pembelajaran dan evaluasi.

13.2.2 Pergeseran Menjadi Fasilitator, Mentor, dan Coach di Era AI

Seiring dengan kemajuan teknologi, terutama dengan munculnya kecerdasan buatan (AI), peran pendidik telah mengalami pergeseran signifikan dari sekadar sumber pengetahuan menjadi fasilitator, mentor, dan coach dalam proses pembelajaran (Siswanto, 2026). Pergeseran ini dipicu oleh transformasi pendidikan yang lebih menekankan pendekatan student-centered (berpusat pada siswa), yang memprioritaskan pengalaman belajar yang lebih personal dan responsif terhadap kebutuhan masing-masing siswa.

Dengan kemajuan teknologi, seperti platform pembelajaran digital dan aplikasi berbasis AI, pendidik tidak lagi hanya menyampaikan materi, tetapi lebih berfokus pada pengelolaan dan pengembangan proses belajar. Dalam konteks ini, pendidik berperan sebagai fasilitator yang menciptakan lingkungan belajar yang mendukung eksplorasi mandiri, pemecahan masalah, dan keterlibatan aktif siswa.

Fasilitasi pembelajaran yang didorong oleh AI memungkinkan pendidik untuk lebih mudah mempersonalisasi pengalaman belajar sesuai dengan kecepatan, gaya, dan kebutuhan siswa. Sistem pembelajaran adaptif berbasis AI, misalnya, dapat menyesuaikan materi pembelajaran berdasarkan data analitik, memberikan umpan balik real-time, dan membantu siswa yang membutuhkan perhatian lebih atau tantangan tambahan.

Selain itu, pendidik juga berperan sebagai mentor dan coach yang mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi. Sebagai mentor, pendidik membantu siswa untuk mengeksplorasi minat, mengatasi hambatan belajar, dan mengembangkan keterampilan hidup. Sebagai coach, pendidik memberikan bimbingan dalam proses belajar mandiri, mengarahkan siswa untuk mengidentifikasi dan mencapai tujuan pribadi mereka dalam pembelajaran.

13.2.3 Perbandingan Karakteristik Peran Lama dan Baru

Di era tradisional, peran pendidik berfokus pada teacher-centered dengan pembelajaran berbentuk ceramah, di mana siswa bersifat pasif dan evaluasi hanya berbasis tes standar. Sebaliknya, di era AI, peran pendidik bertransformasi menjadi fasilitator dalam student-centered learning, di mana siswa aktif mengeksplorasi pengetahuan. Teknologi seperti AI memungkinkan personalisasi pembelajaran, evaluasi berbasis data, dan pembelajaran yang lebih interaktif serta berbasis proyek, dengan pendidik memberikan umpan balik yang tepat sasaran dan mendukung perkembangan keterampilan abad ke-21 (Furmaisuri et al., 1805).

1. Peran Pendidik di Era Tradisional

- a. Teacher-Centered Approach: Proses pembelajaran berfokus pada pendidik yang menjadi sumber utama pengetahuan.
- b. Penekanan pada Pengajaran dan Penyampaian Materi: Pendidik bertugas menyampaikan informasi yang telah disusun dalam kurikulum yang kaku.

- c. Keterbatasan Interaksi: Siswa memiliki peran pasif, hanya menerima informasi yang disampaikan oleh pendidik tanpa banyak kesempatan untuk aktif berpartisipasi dalam pembelajaran.
 - d. Evaluasi Berbasis Tes Tradisional: Penilaian dilakukan berdasarkan penguasaan materi yang biasanya dinilai melalui ujian atau tes standar.
 - e. Pendekatan Konvensional dalam Mengajar: Pembelajaran biasanya berbentuk ceramah yang terbatas pada transfer pengetahuan dari pendidik ke peserta didik.
2. Peran Pendidik di Era AI
- a. Student-Centered Approach: Proses pembelajaran berfokus pada kebutuhan dan gaya belajar siswa, dengan pendidik sebagai fasilitator yang menciptakan lingkungan belajar yang lebih fleksibel.
 - b. Penggunaan Teknologi untuk Personalisasi Pembelajaran: Pembelajaran didorong oleh alat teknologi canggih, seperti platform pembelajaran berbasis AI, yang memungkinkan materi dan metode disesuaikan dengan kebutuhan individu.
 - c. Interaksi yang Lebih Aktif: Siswa berperan aktif dalam mengeksplorasi pengetahuan, mengembangkan keterampilan berpikir kritis, dan bekerja dalam kolaborasi.
 - d. Evaluasi Berbasis Data dan Analitik: Penilaian dilakukan berdasarkan analisis data pembelajaran yang terus-menerus, memungkinkan umpan balik instan dan penyesuaian materi yang lebih tepat sasaran.
 - e. Pendekatan Inovatif dalam Mengajar: Pembelajaran lebih interaktif dan berbasis proyek, yang melibatkan penggunaan

teknologi dan alat bantu digital untuk memfasilitasi eksplorasi dan pembelajaran mandiri.

13.3 Kompetensi Pendidik di Era Kecerdasan Buatan

Kompetensi pendidik di era kecerdasan buatan (AI) mengacu pada serangkaian keterampilan dan pengetahuan yang diperlukan untuk mengelola pembelajaran yang didorong oleh teknologi, serta memastikan bahwa pendidik dapat memanfaatkan teknologi secara efektif untuk meningkatkan kualitas pendidikan. Di era AI, pendidik tidak hanya dituntut untuk menguasai materi pembelajaran, tetapi juga untuk mengembangkan kemampuan teknis dan pedagogis yang memungkinkan mereka untuk beradaptasi dengan cepat terhadap perubahan yang ditimbulkan oleh kemajuan teknologi.

Kompetensi ini mencakup literasi digital dan literasi AI, yang penting untuk memastikan bahwa pendidik dapat memahami, mengoperasikan, dan memanfaatkan alat digital serta AI untuk tujuan pendidikan. Selain itu, kompetensi pedagogik berbasis teknologi memungkinkan pendidik untuk merancang dan menyampaikan pembelajaran yang memanfaatkan teknologi dengan cara yang relevan dan inovatif.

Kemampuan analisis data pembelajaran menjadi kunci dalam memahami kemajuan siswa, menyesuaikan strategi pembelajaran, dan memberikan umpan balik yang lebih akurat dan tepat waktu. Terakhir, keterampilan berpikir kritis dan adaptif memungkinkan pendidik untuk mengevaluasi dan merespons tantangan serta peluang yang muncul dalam pembelajaran berbasis AI, menjadikan mereka lebih efektif dalam mengelola proses belajar yang kompleks dan dinamis.

Kompetensi pendidik di era kecerdasan buatan mencakup keterampilan dalam literasi digital dan AI, di mana pendidik harus memahami dan

mengintegrasikan teknologi untuk mendukung pembelajaran. Pemahaman ini memungkinkan pendidik memanfaatkan teknologi untuk meningkatkan efektivitas pengajaran dan mempersonalisasi pengalaman belajar siswa.

Selain aspek teknis, penguasaan pedagogi berbasis teknologi menjadi urgensi mendasar bagi pendidik masa kini. (Ismanati and Lindra, 2025) Esensinya bukan sekadar memindahkan materi ke platform digital, melainkan bagaimana mengorkestrasi teknologi untuk melahirkan pengalaman belajar yang inovatif dan tepat sasaran. Transformasi ini melampaui efisiensi distribusi informasi; ia membuka ruang bagi pembelajaran yang personal, fleksibel, dan adaptif terhadap keunikan perkembangan setiap peserta didik.

Kemampuan analisis data pembelajaran juga menjadi komponen krusial, mengingat bahwa AI menyediakan data yang dapat dianalisis untuk mengidentifikasi pola belajar siswa, mengukur efektivitas pembelajaran, dan memberikan umpan balik yang lebih tepat. (Hakim, 2025) Pendidik yang kompeten dalam analisis data dapat membuat keputusan berbasis data yang lebih informasional dan strategis, yang memungkinkan penyesuaian instruksional yang lebih tepat.

Pada akhirnya, pendidik membutuhkan nalar kritis dan sikap adaptif sebagai jangkar dalam menghadapi gelombang AI di dunia pendidikan. Kemampuan ini bukan sekadar upaya mengikuti tren, melainkan bentuk kesiapan guru dalam memodifikasi pedagogi agar tetap relevan dengan dinamika industri. Dengan cara inilah, kualitas dan integritas akademik tetap terjaga meski berada di tengah arus perubahan teknologi yang serba cepat.

13.4 Peran Pendidik sebagai Fasilitator Pembelajaran Digital

Di tengah disrupsi teknologi kecerdasan buatan (Artificial Intelligence), paradigma pendidikan mengalami pergeseran fundamental dari model instruksional berpusat pada guru (teacher-centered) menuju model fasilitasi yang berpusat pada pembelajar (learner-centered). Peran pendidik kini tidak lagi sekadar sebagai narasumber tunggal pengetahuan (*sage on the stage*), melainkan sebagai fasilitator pembelajaran digital yang menavigasi ekosistem informasi yang kompleks (Rustiyana et al., 2025).

Fasilitator pembelajaran digital didefinisikan sebagai agen instruksional yang merancang, memandu, dan mengevaluasi proses perolehan pengetahuan dengan mengintegrasikan instrumen digital secara strategis. Dalam konteks AI, fasilitasi melibatkan kemampuan untuk menyelaraskan kecerdasan manusia dengan kemampuan komputasi guna menciptakan pengalaman belajar yang personal dan adaptif.

1. Dimensi Utama Fasilitasi Digital

Peran ini mencakup tiga dimensi utama yang saling beririsan:

- a. Kurasi Konten dan Validasi Informasi, Dengan melimpahnya konten yang dihasilkan AI, pendidik berperan sebagai kurator yang memilah materi berkualitas tinggi. Fasilitator harus membimbing peserta didik untuk membedakan antara data empiris dan halusinasi AI, serta mengembangkan keterampilan literasi informasi kritis.
- b. Orkestrasi Kognitif, Pendidik berfungsi sebagai desainer aktivitas kognitif yang menantang. AI dapat memberikan jawaban instan, namun fasilitator memastikan bahwa proses berpikir tingkat tinggi (Higher Order Thinking Skills-HOTS) tetap terjadi melalui metode diskursif, pemecahan masalah

kompleks, dan pembelajaran berbasis proyek (Project-Based Learning).

- c. Navigasi Etika dan Integritas, Sebagai fasilitator, pendidik bertanggung jawab memberikan landasan moral terkait penggunaan AI. Ini mencakup pemahaman mengenai orisinalitas, atribusi karya, serta bias algoritma yang mungkin muncul dalam sistem digital.

2. Transformasi Metodologis

Sebagai fasilitator digital, pendidik mengadopsi beberapa metodologi transformatif: Perubahan dalam peran pendidik di era kecerdasan buatan (AI) mencerminkan pergeseran dari model tradisional ke model fasilitasi digital (Darmayasa et al., 2025). Dalam model tradisional, penyampaian materi bersifat transmisi satu arah, di mana pendidik memberikan ceramah dan siswa menerima informasi tanpa banyak interaksi. Sebaliknya, di era AI, model fasilitasi digital mengedepankan dialektika dan eksplorasi terbimbing, di mana pendidik berperan sebagai fasilitator yang mengarahkan siswa dalam proses pembelajaran yang lebih interaktif dan partisipatif.

Teknologi, yang sebelumnya hanya berfungsi sebagai alat bantu presentasi statis dalam model tradisional, kini berfungsi sebagai partner kolaborasi dan personalisasi, mendukung siswa dalam pembelajaran yang disesuaikan dengan kebutuhan dan gaya belajar mereka. Selain itu, evaluasi dalam model tradisional berfokus pada hasil akhir, seringkali melalui ujian atau tes, sementara di era digital, evaluasi berorientasi pada proses dan refleksi kritis, memberikan umpan balik yang lebih holistik dan berbasis data untuk mendukung perkembangan keterampilan siswa secara menyeluruh.

3. Pendampingan Sosio-Emosional (The Human Element)

Meskipun AI mampu memberikan tutor privat yang efisien secara teknis, peran pendidik sebagai fasilitator tetap tak tergantikan dalam dimensi afektif. Fasilitator digital membangun empati, motivasi intrinstik, dan ketahanan mental peserta didik. Pendidik memastikan bahwa interaksi manusia tetap menjadi inti dari proses pendidikan, di mana teknologi berfungsi untuk memperkuat, bukan menggantikan, hubungan interpersonal.

Peran pendidik sebagai fasilitator pembelajaran digital di era AI adalah manifestasi dari evolusi pedagogis yang menuntut kecakapan ganda: penguasaan teknologi (*technological pedagogical content knowledge*) dan kearifan insani. Pendidik tidak lagi bertarung melawan kecepatan akses informasi, melainkan memandu peserta didik untuk menggunakan informasi tersebut secara bijak, kreatif, dan etis (Surahman et al., 2025).

13.5 Integrasi AI dalam Praktik Pengajaran

Integrasi Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence*) dalam praktik pengajaran didefinisikan sebagai penggabungan sistem komputasi cerdas ke dalam metodologi instruksional untuk meningkatkan efektivitas transmisi pengetahuan, personalisasi pengalaman belajar, dan optimalisasi beban kerja administratif pendidik. Dalam konteks akademik, integrasi ini bukan sekadar penggunaan alat digital, melainkan sinkronisasi antara algoritma dengan tujuan pedagogis

1. Personalisasi Pembelajaran (*Adaptive Learning*)

Salah satu pilar utama integrasi AI adalah kemampuan untuk menyajikan *Adaptive Learning Environment*. AI berfungsi menganalisis data performa siswa secara *real-time* untuk

menyesuaikan tingkat kesulitan materi, kecepatan penyampaian, dan gaya konten (visual, auditori, atau tekstual). Penggunaan platform Intelligent Tutoring Systems (ITS) yang memberikan umpan balik instan dan jalur pembelajaran yang unik bagi setiap individu, sehingga memitigasi kesenjangan pemahaman di dalam kelas yang heterogen.

2. Augmentasi Perancangan Instruksional

Pendidik memanfaatkan AI generatif untuk melakukan efisiensi dalam perencanaan pembelajaran.

Integrasi pada tahap ini mencakup:

- a. Pengembangan Materi Otomatis: Pembuatan rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP), modul ajar, dan bahan presentasi yang disesuaikan dengan kurikulum tertentu melalui prompt engineering yang presisi.
- b. Desain Multimedia: Transformasi teks menjadi elemen visual, video instruksional, atau simulasi interaktif yang memperkaya pengalaman sensorik peserta didik.

3. Transformasi Interaksi Kelas: AI sebagai Asisten Pengajar

Dalam praktik di ruang kelas, AI berperan sebagai asisten pengajar (Co-Teacher) yang membantu pendidik mengelola interaksi:

- a. Automated Question-Answering: Pemanfaatan chatbot edukasi untuk melayani pertanyaan teknis atau mendasar dari siswa secara 24/7, memungkinkan pendidik fokus pada diskusi konseptual yang lebih mendalam.
- b. Analisis Sentimen dan Keterlibatan: Beberapa teknologi AI dapat menganalisis tingkat keterlibatan siswa melalui pola interaksi digital, memberikan data kepada pendidik mengenai kapan harus melakukan intervensi terhadap siswa yang menunjukkan tanda-tanda kehilangan motivasi.

4. Otomatisasi Evaluasi dan Umpan Balik (Feedback Loop)

Integrasi AI secara signifikan mengubah beban kerja evaluasi melalui:

- a. Automated Grading: Penilaian otomatis untuk tugas objektif dan, kini, esai deskriptif melalui teknologi Natural Language Processing (NLP) yang mampu menilai struktur logika dan koherensi argumen.
- b. Learning Analytics: Pendidik menggunakan dasbor analitik untuk melihat peta kekuatan dan kelemahan kelas secara holistik, sehingga strategi pengajaran berikutnya dapat disusun berdasarkan bukti data empiris (data-driven instruction).

5. Framework Integrasi: Model TPACK-AI

Secara teoretis, integrasi yang efektif harus mengikuti kerangka kerja TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) yang diperluas dengan elemen AI. Pendidik tidak hanya dituntut menguasai konten (Content) dan metode mengajar (Pedagogy), tetapi juga memahami AI-Knowledge, yaitu pemahaman tentang kemampuan, batasan, dan bias yang melekat pada sistem AI yang digunakan.

Integrasi AI yang berhasil adalah kondisi di mana teknologi menjadi "transparan" artinya, fokus pembelajaran tetap pada capaian kompetensi siswa, sementara AI bekerja di latar belakang untuk memperlancar proses kognitif dan administratif.

13.6 Tantangan Transformasi Peran Pendidik

Transformasi peran pendidik dari instruktur konvensional menjadi fasilitator berbasis AI tidak terlepas dari berbagai hambatan sistemik dan individual. Tantangan-tantangan ini bersifat multidimensional, mencakup aspek teknis, pedagogis, hingga etis yang memerlukan strategi mitigasi komprehensif.

Transformasi peran pendidik dari instruktur konvensional menjadi fasilitator berbasis AI menghadapi hambatan multidimensional yang kompleks.

Berikut adalah intisari tantangan tersebut:

1. Kesenjangan Literasi Digital dan Tekno-Pedagogis

Hambatan utama terletak pada disparitas kemampuan pendidik dalam mengoperasikan serta mengintegrasikan AI ke dalam kurikulum. Tantangan ini bukan sekadar teknis (pengoperasian perangkat), melainkan strategis: bagaimana pendidik memahami analisis data dan manajemen pembelajaran otomatis untuk mendukung keputusan pedagogis yang tepat

2. Keterbatasan Infrastruktur dan Aksesibilitas.

Keterbatasan infrastruktur dan aksesibilitas menjadi tantangan signifikan dalam efektivitas peran pendidik. Ketimpangan akses terhadap perangkat keras canggih dan jaringan internet yang stabil—terutama antara daerah perkotaan dan pedesaan—menciptakan jurang digital yang menghambat pemerataan transformasi peran pendidik di seluruh wilayah.

3. Resistensi Psikologis dan Budaya Organisasi

Transformasi sering terhambat oleh resistensi internal berupa kenyamanan terhadap metode konvensional dan kecemasan akan

degradasi peran profesi. Perbedaan literasi antar-generasi pendidik memperumit adopsi teknologi, sehingga memerlukan rekonstruksi budaya kerja yang mendukung adaptabilitas dan inovasi berkelanjutan.

4. Risiko Dehumanisasi dan Ketergantungan Teknologi

Penggunaan AI yang eksekutif berisiko mereduksi interaksi sosial-emosional yang merupakan inti dari pendidikan karakter. Tantangan bagi pendidik adalah menjaga keseimbangan agar teknologi tetap menjadi instrumen pendukung (tool), sementara aspek empati, keteladanan moral, dan hubungan interpersonal tetap menjadi domain utama manusia.

5. Dilema Etika dan Keamanan Data

Integrasi AI membawa konsekuensi pada kerentanan privasi data siswa. Pendidik dituntut memiliki kesadaran etis tinggi terhadap penggunaan algoritma yang berpotensi bias dan memastikan bahwa seluruh proses digitalisasi mematuhi regulasi perlindungan data pribadi serta prinsip keadilan akses.

6. Rekonstruksi Model Pembelajaran dan Asesmen

Pendidik menghadapi tantangan dalam merancang ulang sistem penilaian. Di era AI, penilaian hasil akhir (product-based) menjadi rentan terhadap plagiarisme digital. Transformasi ini mengharuskan pendidik beralih ke penilaian proses (process-based) dan penilaian autentik yang lebih mengutamakan nalar kritis serta keterampilan abad ke-21.

13.7 Strategi Adaptasi Pendidik di Era AI

Strategi adaptasi merupakan langkah terencana dan sistematis yang diambil oleh pendidik untuk menyesuaikan kapasitas profesional mereka dengan dinamika ekosistem pendidikan berbasis kecerdasan buatan. Adaptasi ini bukan sekadar respons teknis, melainkan transformasi menyeluruh pada aspek pedagogis, teknologi, dan etika.

1. Pengembangan Kompetensi Tekno-Pedagogis (AI-TPACK)

Strategi fundamental dimulai dengan penguatan kerangka Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) yang dikontekstualisasikan untuk AI.

Pendidik harus mampu menyinergikan tiga domain pengetahuan:

- a. Literasi Alat AI: Memahami fungsionalitas berbagai alat AI generatif dan analitik.
- b. Integrasi Kurikuler: Mengidentifikasi di mana AI dapat memperkuat materi ajar tanpa mendistorsi tujuan pembelajaran primer.
- c. Metodologi Adaptif: Menggunakan AI untuk menciptakan jalur pembelajaran yang dipersonalisasi (personalized learning pathways) sesuai dengan kecepatan belajar masing-masing peserta didik.

2. Redesain Pedagogi: Dari Instruksi ke Kolaborasi

Pendidik perlu mengadopsi strategi pembelajaran yang memosisikan AI sebagai "co-pilot" atau mitra kolaboratif, bukan pengganti.

Strategi ini meliputi:

- a. Pembelajaran Berbasis Inkuiri yang Diperkuat: Mendorong siswa menggunakan AI untuk riset awal, kemudian pendidik

memandu proses verifikasi, sintesis, dan penalaran kritis atas output AI tersebut.

- b. Flipped Classroom 2.0: Memanfaatkan tutor AI untuk penguasaan konsep di luar kelas, sehingga durasi tatap muka dapat dioptimalkan sepenuhnya untuk diskusi mendalam, proyek kolaboratif, dan pembimbingan afektif.

3. Transformasi Metodologi Asesmen

Adaptasi pada sistem penilaian merupakan prioritas untuk menjaga integritas akademik.

Strategi yang diterapkan adalah:

- a. Asesmen Otentik dan Proses: Mengalihkan fokus penilaian dari hasil akhir (teks/esai) ke pemantauan proses berpikir, refleksi lisan, dan demonstrasi keterampilan praktis yang sulit direplikasi secara otomatis oleh AI.
- b. Evaluasi Berbasis Data (Learning Analytics): Menggunakan alat analitik AI untuk memantau progres siswa secara real-time, memungkinkan pendidik memberikan intervensi dini yang lebih akurat dan tepat sasaran.

4. Pengembangan Literasi Etis dan Integritas Digital

Strategi adaptasi tidak lengkap tanpa landasan etika. Pendidik harus berperan sebagai kompas moral dalam penggunaan teknologi melalui:

- a. Penyusunan Kode Etik Kelas: Menetapkan batasan yang jelas mengenai penggunaan AI yang diperbolehkan dan yang dianggap sebagai pelanggaran akademik.
- b. Edukasi Bias dan Validasi: Mengajarkan peserta didik untuk bersikap skeptis secara konstruktif terhadap data yang dihasilkan mesin, serta mengenali potensi bias algoritma yang dapat memengaruhi objektivitas informasi.

5. Pembelajaran Profesional Berkelanjutan (Lifelong Learning)

Mengingat laju perkembangan AI yang eksponensial, strategi adaptasi menuntut komitmen pada pembelajaran mandiri yang kontinu. Pendidik disarankan untuk bergabung dalam komunitas praktik (communities of practice) untuk berbagi praktik terbaik, mengikuti pelatihan bersertifikat tentang teknologi pendidikan, dan terus melakukan eksperimen pedagogis di ruang kelas.

Keberhasilan adaptasi pendidik di era AI ditentukan oleh kemampuan untuk mempertahankan "Human-in-the-loop", di mana teknologi meningkatkan efisiensi komputasi, namun keputusan pedagogis dan empati kemanusiaan tetap berada sepenuhnya di bawah kendali pendidik.

Bab 14

Pendidikan Inklusif Berbasis Teknologi Cerdas

14.1 Hakikat Pendidikan Inklusif Berbasis Teknologi Cerdas

Pendidikan inklusif merupakan pendekatan pendidikan yang menempatkan setiap peserta didik sebagai individu yang memiliki hak sama untuk memperoleh layanan pembelajaran yang bermutu. Hakikat pendidikan inklusif terletak pada pengakuan terhadap keberagaman kemampuan, latar belakang sosial, budaya, bahasa, ekonomi, serta kondisi fisik dan psikologis peserta didik (P. B. Purba et al., 2023).

Dalam konteks ini, sekolah tidak hanya berfungsi sebagai tempat transfer pengetahuan, tetapi juga sebagai ruang sosial yang menghargai perbedaan. Pendidikan inklusif menolak segala bentuk diskriminasi karena setiap anak memiliki potensi untuk berkembang sesuai dengan kapasitasnya (J. Simarmata et al., 2026). Oleh karena itu, sistem pendidikan perlu dirancang

secara fleksibel agar mampu memenuhi kebutuhan belajar semua peserta didik.

Pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas hadir sebagai respons terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam dunia Pendidikan (Muttaqin et al., 2026). Teknologi cerdas merujuk pada pemanfaatan sistem digital yang mampu menyesuaikan, menganalisis, dan mendukung proses pembelajaran secara adaptif (Labuem *et al.*, 2025). Contoh teknologi cerdas dalam pendidikan meliputi kecerdasan buatan, aplikasi pembelajaran adaptif, pembaca layar, perangkat pengenalan suara, serta sistem analitik pembelajaran. Kehadiran teknologi tersebut dapat membantu guru memahami kebutuhan peserta didik secara lebih tepat dan objektif. Dengan demikian, teknologi cerdas dapat menjadi sarana strategis untuk memperkuat prinsip keadilan dalam pendidikan inklusif (J. S. Simarmata et al., 2026).

Hakikat utama pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas adalah menciptakan pembelajaran yang aksesibel, adaptif, dan berpusat pada peserta didik. Aksesibilitas berarti setiap peserta didik, termasuk peserta didik berkebutuhan khusus, dapat mengikuti kegiatan belajar tanpa hambatan yang berarti (Mukmin et al., 2026). Adaptivitas menunjukkan kemampuan sistem pembelajaran untuk menyesuaikan materi, metode, tempo, dan evaluasi berdasarkan karakteristik peserta didik.

Pembelajaran yang berpusat pada peserta didik menempatkan kebutuhan, minat, dan potensi individu sebagai dasar pengambilan keputusan pedagogis (Ramadhani et al., 2022). Prinsip tersebut menjadikan teknologi bukan sekadar alat bantu, melainkan bagian integral dari transformasi pendidikan yang humanis.

Dalam praktiknya, teknologi cerdas dapat mendukung identifikasi kebutuhan belajar peserta didik secara lebih sistematis. Sistem analitik pembelajaran mampu merekam pola belajar, tingkat pemahaman, kesulitan, serta perkembangan akademik peserta didik (R. A. Purba, Simarmata, et al., 2024). Data tersebut dapat digunakan guru untuk merancang intervensi pembelajaran yang lebih tepat sasaran. Peserta didik

yang mengalami hambatan membaca, mendengar, berbicara, atau bergerak juga dapat terbantu melalui perangkat asistif yang sesuai. Oleh sebab itu, pemanfaatan teknologi cerdas dapat memperluas peluang partisipasi peserta didik dalam proses pembelajaran.

Peran guru tetap menjadi faktor utama dalam keberhasilan pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas (N. Suleman et al., 2025). Teknologi tidak dapat menggantikan fungsi pedagogis, sosial, dan emosional guru dalam membimbing peserta didik. Guru perlu memiliki kompetensi digital, pemahaman tentang pendidikan inklusif, serta kemampuan memilih teknologi yang relevan dengan kebutuhan pembelajaran. Selain itu, guru harus mampu memastikan bahwa penggunaan teknologi tidak menimbulkan ketimpangan baru bagi peserta didik yang memiliki keterbatasan akses. Dengan kompetensi tersebut, guru dapat mengintegrasikan teknologi secara etis, efektif, dan bermakna.

Penerapan pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas juga memerlukan dukungan kebijakan, infrastruktur, dan budaya sekolah yang inklusif (Prihatmojo et al., 2023). Pemerintah dan lembaga pendidikan perlu menyediakan perangkat, jaringan internet, platform pembelajaran, serta pelatihan yang memadai. Sekolah harus membangun lingkungan yang menerima keberagaman dan mendorong kolaborasi antara guru, peserta didik, orang tua, serta tenaga pendukung lainnya. Selain itu, perlindungan data pribadi peserta didik harus menjadi perhatian penting dalam penggunaan teknologi cerdas. Dengan dukungan yang menyeluruh, pendidikan inklusif dapat berjalan secara berkelanjutan dan bertanggung jawab (R. A. Purba, Baharuddin, et al., 2024).

Dengan demikian, pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas merupakan konsep pendidikan yang mengintegrasikan nilai kemanusiaan, keadilan, dan inovasi teknologi. Hakikatnya tidak hanya terletak pada penggunaan perangkat digital, tetapi juga pada upaya menciptakan sistem pembelajaran yang ramah terhadap semua peserta didik. Teknologi cerdas berperan sebagai sarana untuk memperluas akses, meningkatkan kualitas

layanan, dan menyesuaikan pembelajaran dengan kebutuhan individu (Sitopu et al., 2022).

Namun, keberhasilan penerapannya sangat bergantung pada kesiapan guru, dukungan sekolah, kebijakan pendidikan, serta kesadaran etis dalam penggunaannya. Oleh karena itu, pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas perlu dikembangkan sebagai strategi penting menuju pendidikan yang adil, adaptif, dan bermutu.

14.2 Landasan Teoretis dalam Pendidikan Inklusif Berbasis Teknologi Cerdas

Landasan teoretis dalam pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas berangkat dari pemahaman bahwa pendidikan harus memberikan kesempatan belajar yang setara bagi seluruh peserta didik (Sartika et al., 2022). Pendidikan inklusif menempatkan keberagaman sebagai bagian alami dari proses pendidikan, bukan sebagai hambatan dalam pembelajaran (Subakti, Damayanti, et al., 2022).

Dalam perspektif teoretis, setiap peserta didik memiliki karakteristik, kebutuhan, kemampuan, dan potensi yang berbeda. Perbedaan tersebut menuntut adanya sistem pembelajaran yang fleksibel, responsif, dan berorientasi pada keadilan. Oleh karena itu, pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas perlu dibangun atas dasar teori pendidikan yang menghargai hak, martabat, dan perkembangan individu.

Teori humanistik menjadi salah satu landasan penting dalam pendidikan inklusif karena menekankan penghargaan terhadap manusia sebagai pribadi yang utuh. Dalam teori ini, peserta didik dipandang memiliki kebutuhan emosional, sosial, intelektual, dan aktualisasi diri yang harus difasilitasi secara seimbang. Pendidikan inklusif sejalan dengan pandangan humanistik karena berusaha menciptakan lingkungan belajar yang aman, menghargai,

dan memberdayakan semua peserta didik. Teknologi cerdas dapat mendukung prinsip tersebut melalui penyediaan pengalaman belajar yang personal dan sesuai dengan kebutuhan individu (Kato et al., 2022). Dengan demikian, pemanfaatan teknologi dalam pendidikan inklusif harus tetap berorientasi pada nilai kemanusiaan, bukan sekadar efisiensi teknis.

Teori konstruktivisme juga menjadi dasar teoretis yang relevan dalam pengembangan pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas. Konstruktivisme memandang bahwa pengetahuan dibangun secara aktif oleh peserta didik melalui pengalaman, interaksi, dan refleksi. Dalam konteks pendidikan inklusif, teori ini menegaskan pentingnya memberikan ruang bagi peserta didik untuk belajar sesuai dengan cara, tempo, dan kemampuan masing-masing. Teknologi cerdas dapat menyediakan lingkungan belajar adaptif yang memungkinkan peserta didik mengeksplorasi materi secara mandiri maupun kolaboratif. Oleh sebab itu, pembelajaran inklusif perlu dirancang agar peserta didik menjadi subjek aktif dalam proses pembentukan pengetahuan (Mukmin et al., 2024).

Teori sosiokultural memberikan landasan bahwa pembelajaran berlangsung melalui interaksi sosial dan dipengaruhi oleh konteks budaya peserta didik. Pendidikan inklusif memerlukan lingkungan belajar yang mendorong kerja sama, komunikasi, dan saling menghargai antarindividu. Dalam teori ini, peran guru, teman sebaya, keluarga, dan masyarakat sangat penting dalam mendukung perkembangan belajar peserta didik. Teknologi cerdas dapat memperluas ruang interaksi melalui platform kolaboratif, media komunikasi digital, dan sumber belajar yang mudah diakses. Dengan demikian, pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas harus memperhatikan dimensi sosial dan budaya agar pembelajaran tidak terlepas dari kehidupan nyata peserta didik (Saputro et al., 2022).

Teori pembelajaran adaptif menjadi landasan utama dalam pemanfaatan teknologi cerdas untuk pendidikan inklusif. Teori ini menekankan pentingnya penyesuaian materi, strategi, tingkat kesulitan, dan evaluasi berdasarkan kebutuhan serta capaian belajar peserta didik. Sistem berbasis kecerdasan buatan dapat menganalisis data belajar untuk memberikan

rekomendasi pembelajaran yang lebih tepat. Peserta didik yang memiliki hambatan tertentu dapat memperoleh dukungan melalui fitur personalisasi, umpan balik otomatis, dan teknologi asistif. Oleh karena itu, teori pembelajaran adaptif memperkuat prinsip bahwa setiap peserta didik berhak memperoleh layanan pendidikan yang sesuai dengan kondisi dan potensinya (Sitompul et al., 2024).

Landasan teoretis lainnya adalah teori keadilan sosial yang menekankan pentingnya pemerataan akses, partisipasi, dan hasil belajar dalam pendidikan. Pendidikan inklusif tidak hanya bertujuan menerima peserta didik yang beragam, tetapi juga memastikan bahwa mereka dapat berpartisipasi secara bermakna dalam proses pembelajaran. Teknologi cerdas memiliki potensi untuk mengurangi hambatan belajar apabila digunakan secara adil dan bertanggung jawab. Namun, penggunaan teknologi juga dapat menimbulkan kesenjangan baru apabila akses perangkat, jaringan, dan literasi digital tidak merata. Dengan demikian, penerapan teknologi cerdas dalam pendidikan inklusif harus disertai kebijakan yang menjamin keadilan, perlindungan, dan keberlanjutan (Saputro et al., 2022).

Berdasarkan berbagai landasan teoretis tersebut, pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas harus dipahami sebagai integrasi antara teori pendidikan, nilai kemanusiaan, dan inovasi digital. Teori humanistik menegaskan pentingnya penghargaan terhadap martabat peserta didik, sedangkan konstruktivisme menekankan keaktifan peserta didik dalam membangun pengetahuan. Teori sosiokultural memperkuat pentingnya interaksi dan konteks sosial, sementara teori pembelajaran adaptif mendukung personalisasi pembelajaran melalui teknologi.

Teori keadilan sosial memastikan bahwa penggunaan teknologi tidak hanya efektif, tetapi juga adil dan inklusif. Oleh karena itu, landasan teoretis tersebut menjadi dasar penting dalam merancang pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas yang bermutu, etis, dan berorientasi pada kebutuhan semua peserta didik (Subakti, Rahayu, et al., 2024).

14.3 Tujuan dan Manfaat dalam Pendidikan Inklusif Berbasis Teknologi Cerdas

Tujuan pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas adalah mewujudkan layanan pendidikan yang adil, adaptif, dan bermutu bagi seluruh peserta didik (Cendana et al., 2025). Pendidikan inklusif menekankan bahwa setiap peserta didik memiliki hak yang sama untuk memperoleh pengalaman belajar tanpa diskriminasi. Teknologi cerdas digunakan untuk membantu sistem pendidikan mengenali kebutuhan, kemampuan, dan gaya belajar peserta didik secara lebih tepat (P. B. Purba, Purba, et al., 2024).

Dengan dukungan teknologi, proses pembelajaran dapat dirancang agar lebih responsif terhadap keberagaman karakteristik peserta didik. Oleh karena itu, tujuan utama pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas adalah menciptakan pembelajaran yang mampu mengakomodasi semua peserta didik secara optimal (Widyastuti et al., 2022).

Tujuan berikutnya adalah meningkatkan aksesibilitas pembelajaran bagi peserta didik dengan beragam kebutuhan. Aksesibilitas menjadi aspek penting karena tidak semua peserta didik memiliki kemampuan fisik, sensorik, kognitif, sosial, dan emosional yang sama (Mubarak et al., 2024). Teknologi cerdas dapat menyediakan berbagai fitur pendukung, seperti teks otomatis, pembaca layar, pengenalan suara, penerjemah bahasa, serta media pembelajaran interaktif (Utami et al., 2022). Fitur tersebut memungkinkan peserta didik untuk mengikuti pembelajaran sesuai dengan kondisi dan kemampuannya. Dengan demikian, teknologi cerdas berperan dalam mengurangi hambatan belajar yang sebelumnya membatasi partisipasi peserta didik (Soesana et al., 2022).

Pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas juga bertujuan mengembangkan pembelajaran yang bersifat personal dan adaptif. Pembelajaran personal berarti proses pendidikan disesuaikan dengan kebutuhan, minat, kemampuan, dan perkembangan masing-masing peserta

didik. Sistem teknologi cerdas dapat menganalisis data belajar untuk memberikan rekomendasi materi, latihan, dan umpan balik yang sesuai (Salamun et al., 2023). Hal ini membantu peserta didik belajar dengan tempo yang lebih tepat tanpa harus selalu mengikuti pola pembelajaran yang seragam. Oleh sebab itu, pembelajaran adaptif dapat meningkatkan efektivitas proses belajar sekaligus memperkuat potensi individu peserta didik.

Manfaat pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas dapat dirasakan oleh peserta didik, guru, sekolah, dan orang tua. Bagi peserta didik, teknologi cerdas membantu meningkatkan kemandirian, motivasi, dan keterlibatan dalam proses pembelajaran. Bagi guru, teknologi cerdas menyediakan data dan informasi yang berguna untuk merancang strategi pembelajaran yang lebih tepat sasaran. Bagi sekolah, penerapan teknologi cerdas dapat mendukung terciptanya sistem pembelajaran yang lebih terorganisasi, efisien, dan inklusif. Bagi orang tua, teknologi memungkinkan pemantauan perkembangan belajar anak secara lebih terbuka dan berkelanjutan.

Manfaat lain dari pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas adalah meningkatnya kualitas interaksi dan kolaborasi dalam pembelajaran. Teknologi digital memungkinkan peserta didik berkomunikasi, berdiskusi, dan bekerja sama melalui berbagai platform pembelajaran (Ramadhani et al., 2021). Interaksi tersebut penting untuk membangun sikap saling menghargai, empati, dan penerimaan terhadap keberagaman. Dalam lingkungan inklusif, peserta didik tidak hanya belajar materi akademik, tetapi juga belajar hidup bersama secara sosial. Dengan demikian, teknologi cerdas dapat memperkuat fungsi pendidikan sebagai sarana pembentukan kompetensi akademik dan karakter sosial (Syam et al., 2022).

Pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas juga bermanfaat dalam mendukung pengambilan keputusan pendidikan yang berbasis data. Guru dan lembaga pendidikan dapat menggunakan data pembelajaran untuk mengidentifikasi hambatan, memantau kemajuan, dan mengevaluasi efektivitas strategi pembelajaran (Abi Hamid et al., 2024). Analisis data memungkinkan intervensi dilakukan secara lebih cepat, tepat, dan terukur.

Namun, pemanfaatan data harus dilakukan secara etis dengan memperhatikan keamanan, privasi, dan perlindungan informasi peserta didik. Oleh karena itu, manfaat teknologi cerdas harus diimbangi dengan tanggung jawab moral dan profesional dalam penggunaannya (Subakti, Masrur, et al., 2024).

Tujuan dan manfaat pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas menunjukkan pentingnya integrasi antara nilai keadilan pendidikan dan kemajuan teknologi. Tujuannya tidak hanya untuk meningkatkan hasil belajar, tetapi juga untuk memastikan bahwa setiap peserta didik dapat berpartisipasi secara bermakna dalam proses Pendidikan (P. B. Purba et al., 2023). Manfaatnya tampak pada peningkatan akses, personalisasi pembelajaran, efektivitas pengajaran, kolaborasi sosial, serta pengambilan keputusan berbasis data.

Meskipun demikian, keberhasilan penerapannya memerlukan kesiapan guru, dukungan infrastruktur, kebijakan yang inklusif, dan literasi digital yang memadai. Dengan pengelolaan yang tepat, pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas dapat menjadi strategi penting dalam membangun sistem pendidikan yang adil, humanis, dan berkelanjutan (P. B. Purba, Rumtutuly, et al., 2024).

14.4 Jenis-Jenis Pendekatan dalam Pendidikan Inklusif Berbasis Teknologi Cerdas

Pendekatan dalam pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas merupakan strategi pedagogis yang dirancang untuk mengakomodasi keberagaman peserta didik secara adil dan efektif. Pendekatan ini menempatkan teknologi sebagai sarana pendukung dalam menciptakan pembelajaran yang aksesibel, adaptif, dan berpusat pada peserta didik (Subakti, Utami, et al., 2022). Setiap pendekatan memiliki karakteristik

tertentu sesuai dengan kebutuhan belajar, hambatan, potensi, dan lingkungan peserta didik. Dalam praktiknya, pendekatan tersebut tidak berdiri sendiri, tetapi dapat saling melengkapi untuk menghasilkan layanan pendidikan yang lebih komprehensif. Oleh karena itu, pemahaman terhadap jenis-jenis pendekatan menjadi penting agar pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas dapat diterapkan secara tepat (Marpaung et al., 2023).

Pendekatan individual merupakan salah satu pendekatan utama dalam pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas. Pendekatan ini menekankan pentingnya penyesuaian pembelajaran berdasarkan kemampuan, kebutuhan, minat, dan perkembangan masing-masing peserta didik. Teknologi cerdas dapat membantu guru memetakan profil belajar peserta didik melalui data hasil belajar, pola interaksi, dan tingkat penguasaan materi (Subakti et al., 2026). Berdasarkan informasi tersebut, guru dapat menyusun strategi pembelajaran yang lebih personal dan sesuai dengan kondisi peserta didik. Dengan demikian, pendekatan individual memungkinkan setiap peserta didik memperoleh pengalaman belajar yang lebih relevan dan bermakna.

Pendekatan adaptif juga memiliki peran penting dalam mendukung keberhasilan pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas (Subakti et al., 2025). Pendekatan ini berfokus pada kemampuan sistem pembelajaran untuk menyesuaikan materi, metode, tempo, tingkat kesulitan, dan bentuk evaluasi sesuai dengan kebutuhan peserta didik. Sistem berbasis kecerdasan buatan dapat memberikan rekomendasi pembelajaran, umpan balik otomatis, serta latihan yang disesuaikan dengan capaian belajar peserta didik (A. Purba et al., 2022). Peserta didik yang membutuhkan penguatan dapat memperoleh materi tambahan, sedangkan peserta didik yang telah menguasai materi dapat diberikan tantangan lebih lanjut. Oleh sebab itu, pendekatan adaptif mendukung terciptanya pembelajaran yang fleksibel, responsif, dan berorientasi pada perkembangan individu (Harianja et al., 2022).

Pendekatan kolaboratif merupakan pendekatan yang menekankan kerja sama antara peserta didik, guru, orang tua, tenaga pendukung, dan lingkungan sekolah. Dalam pendidikan inklusif, kolaborasi diperlukan karena kebutuhan peserta didik sering kali bersifat kompleks dan memerlukan dukungan dari berbagai pihak. Teknologi cerdas dapat memfasilitasi kolaborasi melalui platform komunikasi, ruang diskusi digital, sistem pemantauan perkembangan belajar, dan media pembelajaran bersama (J. Simarmata et al., 2023). Melalui pendekatan ini, setiap pihak dapat berperan aktif dalam mendukung proses belajar peserta didik secara berkelanjutan. Dengan demikian, pendekatan kolaboratif memperkuat ekosistem pendidikan yang inklusif, partisipatif, dan saling mendukung.

Pendekatan universal atau Universal Design for Learning merupakan pendekatan yang berorientasi pada perancangan pembelajaran yang dapat diakses oleh sebanyak mungkin peserta didik sejak awal (R. A. Purba, Simarmata, et al., 2024). Pendekatan ini menekankan penyediaan berbagai cara dalam menyajikan informasi, mengekspresikan pemahaman, dan membangun keterlibatan belajar.

Teknologi cerdas dapat mendukung pendekatan universal melalui media multisensori, teks alternatif, audio, video interaktif, simulasi, dan fitur aksesibilitas digital. Dengan desain pembelajaran yang fleksibel, peserta didik tidak dipaksa mengikuti satu bentuk pembelajaran yang seragam. Oleh karena itu, pendekatan universal dapat mengurangi hambatan belajar dan meningkatkan partisipasi peserta didik dalam kelas inklusif (Mansyur et al., 2024).

Pendekatan berbasis teknologi asistif juga menjadi bagian penting dalam pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas. Pendekatan ini menggunakan perangkat atau aplikasi yang dirancang untuk membantu peserta didik dengan hambatan fisik, sensorik, komunikasi, atau kognitif. Contoh teknologi asistif meliputi pembaca layar, alat bantu dengar digital, perangkat pengenalan suara, papan komunikasi alternatif, dan aplikasi konversi teks ke suara. Penggunaan teknologi asistif memungkinkan peserta didik memperoleh akses yang lebih setara terhadap materi,

interaksi, dan evaluasi pembelajaran. Dengan demikian, pendekatan ini berfungsi sebagai sarana kompensatoris yang membantu peserta didik mengatasi hambatan dalam proses Pendidikan (N. Suleman et al., 2025).

Pendekatan berbasis data merupakan pendekatan yang memanfaatkan informasi hasil pembelajaran untuk meningkatkan mutu layanan pendidikan inklusif. Data yang diperoleh dari teknologi cerdas dapat digunakan untuk mengidentifikasi kebutuhan peserta didik, memantau perkembangan belajar, dan mengevaluasi efektivitas strategi pembelajaran. Guru dapat mengambil keputusan pedagogis secara lebih objektif berdasarkan bukti yang tersedia, bukan hanya berdasarkan pengamatan umum.

Namun, penggunaan data harus dilakukan secara etis dengan memperhatikan privasi, keamanan, dan martabat peserta didik. Oleh karena itu, pendekatan berbasis data perlu diterapkan secara bertanggung jawab agar mampu mendukung pendidikan inklusif yang adil, efektif, dan berkelanjutan (J. Simarmata et al., 2024).

14.5 Proses Pembentukan Karakteristik Peserta Didik dalam Pendidikan Inklusif Berbasis Teknologi Cerdas

Proses pembentukan karakteristik peserta didik dalam pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas merupakan upaya sistematis untuk mengembangkan potensi individu secara menyeluruh (Cecep et al., 2021). Karakteristik peserta didik mencakup aspek kognitif, afektif, sosial, emosional, fisik, bahasa, dan moral yang terbentuk melalui pengalaman belajar. Dalam pendidikan inklusif, keberagaman karakteristik dipandang sebagai kenyataan alamiah yang harus diterima dan difasilitasi secara adil (Panggabea et al., 2021). Teknologi cerdas berperan sebagai sarana pendukung untuk mengenali, memahami, dan mengembangkan

karakteristik peserta didik berdasarkan kebutuhan masing-masing. Oleh karena itu, proses pembentukan karakteristik peserta didik harus dilaksanakan secara terencana, adaptif, dan berorientasi pada nilai kemanusiaan (Suhelayanti et al., 2023).

Tahap awal dalam pembentukan karakteristik peserta didik adalah identifikasi kebutuhan, potensi, dan hambatan belajar secara komprehensif. Guru perlu memahami latar belakang peserta didik, kemampuan akademik, gaya belajar, kondisi sosial-emosional, serta kebutuhan khusus yang dimiliki (Salim et al., 2023). Teknologi cerdas dapat membantu proses ini melalui asesmen digital, analisis data belajar, observasi berbasis aplikasi, dan sistem pemetaan profil peserta didik. Hasil identifikasi tersebut menjadi dasar dalam merancang strategi pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik individu. Dengan demikian, proses pembelajaran tidak bersifat seragam, tetapi disesuaikan dengan kondisi nyata setiap peserta didik.

Setelah identifikasi dilakukan, proses pembentukan karakteristik peserta didik dilanjutkan melalui perancangan pembelajaran yang adaptif dan inklusif. Pembelajaran adaptif memungkinkan materi, metode, media, tempo, dan evaluasi disesuaikan dengan tingkat kemampuan peserta didik (Mubarak et al., 2024). Teknologi cerdas dapat memberikan rekomendasi pembelajaran, umpan balik otomatis, serta sumber belajar yang relevan berdasarkan perkembangan peserta didik. Dalam konteks ini, peserta didik memperoleh kesempatan untuk belajar sesuai dengan kebutuhan dan kapasitasnya. Oleh sebab itu, pembelajaran adaptif berkontribusi terhadap pembentukan karakteristik peserta didik yang mandiri, percaya diri, dan aktif dalam belajar (A. R. Suleman et al., 2022).

Pembentukan karakteristik peserta didik juga berlangsung melalui interaksi sosial yang sehat dalam lingkungan inklusif. Pendidikan inklusif mendorong peserta didik untuk saling mengenal, bekerja sama, menghargai perbedaan, dan membangun sikap empati. Teknologi cerdas dapat memperluas ruang interaksi melalui forum digital, platform kolaboratif, media komunikasi, dan proyek pembelajaran berbasis teknologi (Rofiki et al., 2024). Interaksi tersebut membantu peserta didik mengembangkan

keterampilan sosial, kemampuan komunikasi, serta sikap toleran terhadap keberagaman. Dengan demikian, lingkungan inklusif berbasis teknologi cerdas dapat membentuk peserta didik yang terbuka, kooperatif, dan bertanggung jawab secara sosial.

Aspek emosional dan moral juga menjadi bagian penting dalam proses pembentukan karakteristik peserta didik. Peserta didik perlu dibimbing agar mampu mengenali emosi, mengendalikan diri, mengambil keputusan secara etis, dan menghormati hak orang lain. Teknologi cerdas dapat mendukung pembelajaran sosial-emosional melalui simulasi, permainan edukatif, refleksi digital, serta sistem pemantauan perkembangan perilaku (Musyadad et al., 2022). Namun, peran guru tetap sangat penting dalam memberikan keteladanan, penguatan nilai, dan pendampingan yang bersifat humanis. Oleh karena itu, integrasi teknologi dalam pendidikan inklusif harus tetap diarahkan pada pembentukan pribadi yang berkarakter, bukan hanya pada peningkatan kemampuan akademik (S. Purba et al., 2023).

Proses pembentukan karakteristik peserta didik memerlukan evaluasi yang berkelanjutan dan berbasis data. Evaluasi tidak hanya menilai hasil belajar akademik, tetapi juga perkembangan sikap, keterampilan sosial, kemandirian, kreativitas, dan kemampuan beradaptasi. Teknologi cerdas dapat membantu guru memantau perkembangan peserta didik secara lebih sistematis melalui rekam jejak belajar dan analisis capaian individu. Data tersebut dapat digunakan untuk memperbaiki strategi pembelajaran serta memberikan intervensi yang lebih tepat. Dengan demikian, evaluasi berbasis teknologi mendukung pembentukan karakteristik peserta didik secara objektif, terarah, dan berkesinambungan (A. M. Purba et al., 2025).

Proses pembentukan karakteristik peserta didik dalam pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas merupakan proses yang kompleks dan berkelanjutan (Prihatmojo et al., 2022). Proses tersebut dimulai dari identifikasi kebutuhan, perancangan pembelajaran adaptif, penguatan interaksi sosial, pembinaan emosional-moral, hingga evaluasi perkembangan peserta didik. Teknologi cerdas berperan sebagai alat

pendukung yang membantu guru memahami dan mengembangkan potensi peserta didik secara lebih tepat (Salehudin et al., 2024).

Meskipun demikian, keberhasilan proses ini tetap bergantung pada kompetensi guru, dukungan lingkungan sekolah, keterlibatan orang tua, dan kebijakan pendidikan yang inklusif. Dengan pengelolaan yang tepat, pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas dapat membentuk peserta didik yang mandiri, empatik, adaptif, dan siap berpartisipasi dalam kehidupan Masyarakat (Kholifah et al., 2021).

14.6 Tantangan dalam Aksesibilitas Pendidikan Inklusif Berbasis Teknologi Cerdas

Tantangan dalam aksesibilitas pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas merupakan persoalan penting yang perlu diperhatikan dalam pengembangan sistem pendidikan modern. Pendidikan inklusif menuntut adanya kesempatan belajar yang setara bagi seluruh peserta didik, termasuk peserta didik berkebutuhan khusus. Namun, pemanfaatan teknologi cerdas tidak selalu secara otomatis menjamin terciptanya akses pendidikan yang adil (Triyono et al., 2023). Aksesibilitas dipengaruhi oleh ketersediaan perangkat, jaringan internet, literasi digital, dukungan kebijakan, dan kesiapan sumber daya manusia (Net et al., 2024). Oleh karena itu, tantangan aksesibilitas harus dipahami secara menyeluruh agar teknologi cerdas benar-benar dapat mendukung pendidikan inklusif.

Salah satu tantangan utama adalah kesenjangan akses terhadap perangkat digital dan jaringan internet (Kholifah et al., 2024). Tidak semua peserta didik memiliki perangkat yang memadai untuk mengikuti pembelajaran berbasis teknologi cerdas. Perbedaan kondisi ekonomi keluarga, letak geografis, dan kualitas infrastruktur menyebabkan akses terhadap teknologi menjadi tidak merata. Peserta didik di daerah terpencil sering menghadapi

hambatan berupa jaringan internet yang lemah, biaya koneksi yang tinggi, dan keterbatasan fasilitas pendukung. Dengan demikian, kesenjangan digital dapat memperbesar ketidakadilan pendidikan apabila tidak diatasi melalui kebijakan yang tepat.

Tantangan berikutnya berkaitan dengan keterbatasan literasi digital peserta didik, guru, dan orang tua (Jaedun et al., 2024). Teknologi cerdas memerlukan kemampuan untuk mengoperasikan perangkat, memahami aplikasi, mengelola informasi, dan menggunakan media digital secara bertanggung jawab. Guru yang belum memiliki kompetensi digital memadai dapat mengalami kesulitan dalam memilih, mengintegrasikan, dan mengevaluasi teknologi yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik. Orang tua juga membutuhkan pemahaman digital agar mampu mendampingi anak dalam proses pembelajaran. Oleh sebab itu, peningkatan literasi digital menjadi syarat penting dalam memperluas aksesibilitas pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas.

Selain itu, tantangan aksesibilitas muncul dari keterbatasan desain teknologi yang belum sepenuhnya ramah terhadap keberagaman peserta didik (Kholifah et al., 2023). Beberapa platform pembelajaran belum menyediakan fitur aksesibilitas yang memadai, seperti pembaca layar, teks alternatif, transkripsi otomatis, pengaturan kontras, dan navigasi sederhana. Peserta didik dengan hambatan penglihatan, pendengaran, motorik, atau kognitif dapat mengalami kesulitan apabila teknologi tidak dirancang secara inklusif (Salehudin et al., 2023). Kondisi ini menunjukkan bahwa inovasi teknologi harus mempertimbangkan prinsip desain universal sejak tahap perencanaan. Dengan demikian, teknologi cerdas perlu dikembangkan agar dapat digunakan oleh peserta didik dengan berbagai kebutuhan.

Tantangan lain yang perlu diperhatikan adalah kesiapan guru dalam menerapkan pembelajaran inklusif berbasis teknologi cerdas (Hasibuan et al., 2022). Guru tidak hanya dituntut mampu menggunakan teknologi, tetapi juga memahami prinsip pendidikan inklusif, asesmen kebutuhan individu, dan strategi pembelajaran adaptif. Tanpa kesiapan pedagogis yang memadai, teknologi cerdas dapat digunakan secara mekanis dan tidak

memberikan dampak signifikan terhadap pembelajaran. Guru juga perlu memiliki kepekaan etis dalam memanfaatkan data peserta didik agar tidak menimbulkan pelabelan atau diskriminasi. Oleh karena itu, pengembangan profesional guru harus menjadi bagian integral dari upaya meningkatkan aksesibilitas pendidikan inklusif.

Aspek keamanan data dan privasi peserta didik juga menjadi tantangan penting dalam penggunaan teknologi cerdas (Soesana et al., 2022). Sistem berbasis teknologi cerdas sering mengumpulkan data belajar, perilaku, kemampuan, dan perkembangan peserta didik secara digital. Data tersebut bermanfaat untuk personalisasi pembelajaran, tetapi juga berisiko disalahgunakan apabila tidak dikelola secara aman (R. A. Purba et al., 2022). Peserta didik berkebutuhan khusus dapat menjadi kelompok yang rentan apabila informasi pribadinya tidak dilindungi dengan baik. Dengan demikian, penerapan teknologi cerdas harus disertai regulasi, etika penggunaan data, dan sistem keamanan yang kuat.

Tantangan dalam aksesibilitas pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas mencakup aspek infrastruktur, ekonomi, literasi digital, desain teknologi, kompetensi guru, serta perlindungan data (Syam et al., 2024). Tantangan tersebut menunjukkan bahwa teknologi cerdas bukanlah solusi tunggal yang dapat menyelesaikan seluruh persoalan pendidikan inklusif (Rofiki et al., 2024).

Teknologi hanya akan efektif apabila diterapkan dalam ekosistem pendidikan yang adil, terencana, dan berorientasi pada kebutuhan peserta didik (Cendana et al., 2026). Pemerintah, sekolah, guru, orang tua, pengembang teknologi, dan masyarakat perlu bekerja sama untuk mengurangi hambatan aksesibilitas tersebut. Dengan strategi yang tepat, pendidikan inklusif berbasis teknologi cerdas dapat menjadi sarana untuk memperluas kesempatan belajar yang setara, bermutu, dan berkelanjutan (Zainuri et al., 2024).

Daftar Pustaka

- Abdullah, S., Saputra, M. I., & Sahara, R. (2023). Integration Model of Academic Information Systems and Learning Management Systems with REST Web Services Using External Databases. *Journal of Information and Organizational Sciences*, 47(2), 373–384. <https://doi.org/10.31341/jios.47.2.7>
- Abdullahi, A. Y., M. I. Bello, S. A.Sani, A.Ibraim, & M. A. Baballe. (2023). Studying Cloud Computing Technology Comparatively. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8274638>
- Abi Hamid, M., Subakti, H., Sari, A. C., Jumarlis, M., Suleman, N., Mansyur, M. Z., Nurlily, L., Rabiula, A., Rela, I. Z., & Nasbey, H. (2024). *Media Pembelajaran Di Era Digital: Perkembangan, Konsep, dan Fungsi. Yayasan Kita Menulis*.
- Abuata, B., Ana', N.A. and Abdullah, M. (2026) 'Understanding the determinants of cloud-based electronic banking system acceptance in the Jordanian banking sector', *International Journal of Business Information Systems*, 51(4), pp. 453–477. Available at: <https://doi.org/10.1504/IJBIS.2026.152780>.
- Abubakar, U., Ogunlade, O. O., & Ibrahim, H. A. (2024). The influence of technology-integrated curriculum resources on student engagement and academic achievement in higher education. *Advances in Mobile Learning Educational Research*, 4(2), 1208–1223. <https://doi.org/10.25082/AMLER.2024.02.014>

- Adam, C., & Pente, P. (2023). Ethical principles for artificial intelligence in K-12 education. *Computers and Education Artificial Intelligence*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100131>
- Adams, J., & Zhang, L. (2024). Artificial intelligence in education: Transforming pedagogy and learning outcomes. *Computers & Education*, 178, 104524. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104524>
- Adiputra, D. K., & Hidayah, N. (2025). Transformasi pembelajaran abad 21. Goresan Pena.
- Al-Sherideh, A. S., Maabreh, K., Maabreh, M., Mousa, M. R. A., & Asassfeh, M. (2023). Assessing the Impact and Effectiveness of Cybersecurity Measures in e-Learning on Students and Educators: A Case Study. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 14(5). <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2023.0140516>
- Alawida, M. et al. (2026) 'Do cybersecurity insurance applications in the UAE align with international and national security standards?', *Journal of Transportation Security*, 19(1), p. 13. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12198-026-00335-0>.
- Ally, M. (2008). Foundations of educational theory for online learning. Athabasca University Press. <https://www.aupress.ca/books/120146-theory-and-practice-of-online-learning/>
- Anbarasan, P., Bhagya Rathna R, Prem Shankar Gupta, Sharada Prasanna Rout, Nishi Fatma, Deepika Varshney, Samiuddin, & Pramod Kumar. (2025). DIGITAL TRANSFORMATION IN HIGHER EDUCATION: A BLEND OF SOCIAL SCIENCE, MANAGEMENT, AND POLICY PERSPECTIVES. *Lex Localis - Journal of Local Self-Government*, 23(S5), 2156–2175. <https://doi.org/10.52152/801549>
- Anderson, T. (2020). Teori dan Praktik Pembelajaran Online. Jakarta: Prenada Media.

- Anderson, T. (Ed.). (2020). The theory and practice of online learning (3rd ed.). Athabasca University Press. <https://www.aupress.ca/books/120310-the-theory-and-practice-of-online-learning/>
- Andriana, S. D., & Damayanti, F. (2023). Desain Metaverse : The Future of Tourism Pariban Berbasis Augmented Reality Menggunakan Metode Markerless User Defined Target. *JURNAL UNITEK*, 16(2), 172–182. <https://doi.org/10.52072/unitek.v16i2.668>
- Andriana, S. D., & Rismayanti. (2024). Metaverse Optimization: Exploration of the Potential of Ecotourism in Geopark Merangin Jambi Based on Virtual Reality. *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, 4(2), 837–846. <https://doi.org/10.47709/brilliance.v4i2.5091>
- Anshari, M., Hamdan, M., Ahmad, N., Ali, E., & Haidi, H. (2023). Perkembangan kecerdasan buatan dalam pendidikan: Peluang dan tantangan di era digital. *Jurnal Teknologi Pendidikan Indonesia*, 9(2), 115–128.
- Arifah, F.N. et al. (2025) Pemanfaatan Machine Learning dalam Teknologi Informasi. Yayasan Kita Menulis.
- Arsyad, A. (2017). Media Pembelajaran. Jakarta: Rajawali Pers.
- Ashari, I. F. et al. (2024) Internet of Things (IoT) dan Multimedia: Integrasi dan Aplikasi. Yayasan Kita Menulis.
- Ashton, K. (2009). That 'Internet of Things' Thing. *RFID Journal*.
- Askerov, T., Abdullayev, V., Abuzarova, V., Niu, Y., & Singh, K. (2024). Data processing in internet of things networks. *LatIA*, 2, 91. <https://doi.org/10.62486/latia202491>
- Astuti, N. D., Sulastri, A., & Puspito, W. G. (2025). Pendidikan di era digital. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Avila, D., F. Miller, J., & S. Iyengar, S. (2024). Current Challenges in IoT Security and Forensics: Strategies for a Secure Connected Future. In

- Key Issues in Network Protocols and Security. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1007766>
- Azis, A., Ningsih, L., & Wisesty, U. N. (2026). Pengembangan jaringan dan sistem ujian LMS berbasis Moodle di Lingkungan MAN 4 Sukabumi. *Charity*, 9(1). <https://doi.org/10.25124/charity.v9i1.9507>
- Baharuddin, M.R. et al. (2025) Pembelajaran Interaktif Berbasis Teknologi. Yayasan Kita Menulis.
- Bai, H. (2024). Design and Application of Decision Support System for Educational Management Based on Big Data. *Journal of Electrical Systems*, 20(6s), 1645–1655. <https://doi.org/10.52783/jes.3084>
- Baker, R., & Inventado, P. (2014). Educational Data Mining and Learning Analytics.
- Balla, E., & Kiri, L. (2024). Increasing the Effectiveness of the Educational Process Through the Integration of Technology and the Use of Modern Methodologies in Humanities. *Journal of Educational and Social Research*, 14(6), 132. <https://doi.org/10.36941/jesr-2024-0161>
- Banjarnahor, A.R., Aksa, A., et al. (2025) Manajemen Operasional: Konsep, Desain, dan Implementasi. Yayasan Kita Menulis.
- Banjarnahor, A.R., Andrew, A., et al. (2025) Strategi Pemasaran Digital Internasional. Yayasan Kita Menulis.
- Bates, A. W. (2019). Pengajaran di Era Digital. Jakarta: Kencana.
- Bates, A. W. (2019). Teaching in a digital age: Guidelines for designinteaching and learning (2nd ed.). <https://opentextbc.ca/teachinginadigitalage/>
- Beynon, J., & Mackay, H. (2025). Computers and Exploratory Learning in the Classroom. In J. Beynon & H. Mackay, *Computers into Classrooms* (1st ed., pp. 19–25). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003710851-2>

- Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Teaching for quality learning at university* (4th ed.). Open University Press.
- Brown, C., & Davis, D. (2024). Intelligent tutoring systems and student engagement: A review of AI-driven education tools. *Journal of Educational Technology & Society*, 27(1), 45-60. <https://doi.org/10.1111/jets.208723>
- Buyya, R., Broberg, J., & Goscinski, A. (2011). *Cloud Computing: Principles and Paradigms*. Wiley.
- Calderon, R. J. E., Cardenas, V. T. M., Delos Santos, M. J. S., Divinagracia, R., & Balais, M. A. (2025). Design and implementation of a secure network infrastructure for enhanced digital learning at Mandaluyong high school. *IET Conference Proceedings*, 2024(30), 254–261. <https://doi.org/10.1049/icp.2025.0264>
- CAST. (2018). *Universal Design for Learning Guidelines version 2.2*. CAST.
- Cecep, H., dkk (2021). *Dasar-Dasar Ilmu Pendidikan*. Yayasan Kita Menulis.
- Çela, E., Potluri, R. M., & Vajjhala, N. R. (2024). A Comprehensive Meta-Analysis of IoT Integration for Data-Driven Decision Making in Education: In S. G. Thandekkattu & N. R. Vajjhala (Eds.), *Advances in Business Information Systems and Analytics* (pp. 27–50). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-5498-8.ch002>
- Cendana, W. et al. (2024) *Merdeka Literasi Digital Menyongsong Generasi Emas 2045*. Yayasan Kita Menulis.
- Cendana, W., Gianistika, C., Sartika, E., Brata, D. P. N., Pratiwi, W. O., Irdiyansyah, I., Inda, N., Ahsan, M., Yutapratama, N., & Priakusuma, A. (2026). *Dasar-dasar Profesionalisme Guru: Pembelajaran, Asesmen, Literasi, dan Inovasi Pendidikan*. Yayasan Kita Menulis.
- Cendana, W., dkk (2025). *Pembelajaran Holistik: Integrasi Meaningful, Joyful, Deep dan Mindful Learning*. Yayasan Kita Menulis.

- Chassignol, M., Khoroshavin, A., Klimova, A., & Bilyatdinova, A. (2024). Artificial Intelligence trends in education: A narrative overview. *Procedia Computer Science*, 230, 16-24. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.01.002>
- Chauhan, B. M., Purushottam Kumar Maurya, Ch Bhavani,. (2024). AI-Driven Energy Management Systems for Smart Buildings. *Power System Technology*, 48(1), 322–337. <https://doi.org/10.52783/pst.280>
- Chávez-Márquez, I. L., Ordóñez Parada, A. I., & Flores Morales, C. R. (2023). Digital Competencies in University Students through Educational Innovations: A Review of the Current Literature. *Apertura*, 15(2), 74–87. <https://doi.org/10.32870/Ap.v15n2.2398>
- Chee, H., Ahn, S., & Lee, J. (2025). A Competency Framework for AI Literacy: Variations by Different Learner Groups and an Implied Learning Pathway. *British Journal of Educational Technology*, 56(5), 2146–2182. <https://doi.org/10.1111/bjet.13556>
- Chikane. (2024). Exploring the Integration of Data Analytics and IoT: A Comprehensive Study. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, 202–203. <https://doi.org/10.48175/IJARST-16936>
- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2016). *E-learning and the science of instruction* (4th ed.). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119239086>
- Coates, H., James, R., & Baldwin, G. (2005). A critical examination of LMS. *Tertiary Education and Management*, 11(1), 19–36. <https://doi.org/10.1080/13583883.2005.9967137>
- Costa, R. et al. (2026) 'Sustainability Schemes in the Cosmetic Industry: Scope, Credibility, and Value Chain Coverage', *Sustainability*, 18(5), p. 2404. Available at: <https://doi.org/10.3390/su18052404>.
- Crispin, A. R. (2024). *Virtual/Augmented Reality: Konsep, Implementasi dan Pengujian*. PUBLIS PENERBIT UNPRI PRESS, 1(2).

- Dabbagh, N., & Ritland, B. B. (2005). *Online learning: Concepts, strategies, and application*. Pearson.
<https://archive.org/details/onlinelearningco00dabb>
- Dai, Z., Zhang, Q., Zhao, L., Zhu, X., & Zhou, D. (2023). Cloud-Edge Computing Technology-Based Internet of Things System for Smart Classroom Environment. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 18(08), 79–96.
<https://doi.org/10.3991/ijet.v18i08.28299>
- Darmawan, D. (2014). *Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Darmayasa, D. et al. (2025) *Pendidikan Di Era Digital: Tantangan dan Peluang*. PT. Star Digital Publishing, Yogyakarta-Indonesia.
- Dehbi, A. (2024). Smart Evaluation: A New Approach Improving the Assessment Management Process through Cloud and IoT Technologies. *International Journal of Information and Education Technology*, 14(1), 107–118.
<https://doi.org/10.18178/ijiet.2024.14.1.2030>
- Demartini, C. G., Sciascia, L., Bosso, A., & Manuri, F. (2024). Artificial Intelligence Bringing Improvements to Adaptive Learning in Education: A Case Study. *Sustainability*, 16(3), 1347.
<https://doi.org/10.3390/su16031347>
- Devanti, D., Muftiana, W. and Mukmin (2023) ‘Tranformasi guru profesional penerapan pendekatan student centered learning (scl)’, pp. 15–29.
- Dhir, S., Maheshwari, A., & Sharma, S. (2024). Improving Teaching-Learning Through Smart Classes Using IoT: In M. Bhatia & M. T. Mushtaq (Eds.), *Advances in Educational Technologies and Instructional Design* (pp. 107–131). IGI Global.
<https://doi.org/10.4018/979-8-3693-2169-0.ch006>

- Diva, N. S. (2024). Augmented Reality dalam Pendidikan Dasar: Systematic Literature Review Dan Analisis Bibliometrik.
- Dougiamas, M., & Taylor, P. (2003). Moodle: Using Learning Communities to Create an Open Source Course Management System.
- Ellis, R. K. (2009). Field guide to learning management systems. ASTD.
- Elugbaju, W. K., Nnenna Ijeoma Okeke, & Olufunke Anne Alabi. (2024). SaaS-Based reporting systems in higher education: A digital transition framework for operational resilience. *International Journal of Applied Research in Social Sciences*, 6(10), 2512–2532. <https://doi.org/10.51594/ijarss.v6i10.1663>
- Fahrudin, A., & Santoso, B. (2023). Implementasi teknologi asistif berbasis kecerdasan buatan dalam pendidikan inklusif di Indonesia. *Jurnal Rehabilitasi dan Pendidikan Khusus*, 12(2), 145–158.
- Fajrillah, F. et al. (2020) MOOC: Platform Pembelajaran Daring di Abad 21. Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Fauzi, M. S., Rosadi, M. E., & Hamzah, M. L. (2023). Tantangan dan peluang implementasi paradigma kecerdasan buatan dalam pendidikan di Indonesia. *Jurnal Teknologi Pendidikan Modern*, 10(2), 85–98.
- Fernández-Batanero, J. M., Montenegro-Rueda, M., Fernández-Cerero, J., & López Meneses, E. (2024). Adoption of the Internet of Things in higher education: Opportunities and challenges. *Interactive Technology and Smart Education*, 21(2), 292–307. <https://doi.org/10.1108/ITSE-01-2023-0025>
- Fitria, T. N. (2024). Using an Institution Platform of E-Learning in English Language Teaching (ELT) Process at ITB AAS Indonesia. *International Journal of Computer and Information System (IJCIS)*, 5(1), 22–36. <https://doi.org/10.29040/ijcis.v5i1.150>
- Flury, C., & Geiss, M. (Eds.). (2023). *How Computers Entered the Classroom, 1960–2000: Historical Perspectives*. De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110780147>

- Folorunsho, S. O., Adenekan, O. A., Ezeigweneme, C., Somadina, I. C., & Okeleke, P. A. (2024). Enhancing security and transparency in telecommunications through blockchain technology implementation. *Engineering Science & Technology Journal*, 5(8), 2520–2547. <https://doi.org/10.51594/estj.v5i8.1442>
- Fotia, L. et al. (2026) ‘Artificial Intelligence for High-Availability Systems: A Comprehensive Review’, *Computers*, 15(4), p. 231. Available at: <https://doi.org/10.3390/computers15040231>.
- Fu, X., Pan, L. and Liu, S. (2025) ‘Caching or re-computing: Online cost optimization for running big data tasks in IaaS clouds’, *Journal of Network and Computer Applications*, 235, p. 104080. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2024.104080>.
- Furmaisuri, R. et al. (1805) ‘Evolusi Peran Guru Dari Era Konvensional Ke Era Teknologi Dalam Meningkatkan Kemajuan Proses Pembelajaran’, pp. 1881–1892.
- Gaftandzhieva, S., Hussain, S., Hilcenko, S., Doneva, R., & Boykova, K. (2023). Data-driven Decision Making in Higher Education Institutions: State-of-play. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 14(6). <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2023.0140642>
- Gagné, R. M., Wager, W. W., Golas, K. C., Keller, J. M., & Russell, J. D. (2005). *Principles of instructional design* (5th ed.). Wadsworth/Thomson Learning.
- Gani, I.P. et al. (2025) *Media Pembelajaran Inovatif Abad-21*. PT. Green Pustaka Indonesia.
- Garrison, D. R., & Vaughan, N. D. (2008). *Blended learning in higher education*. Jossey-Bass. <https://doi.org/10.1002/9781118269558>
- Gijon, F. M., Aguirre Hidalgo, V., & Arellano Vega, A. I. (2025). The Role of Open-Source Software as a Technological Alternative for Blended

- Learning in LMS Systems. *International Journal of Engineering Pedagogy (ijEP)*, 15(2), 4–14. <https://doi.org/10.3991/ijep.v15i2.50169>
- Govea, J., Ocampo Edye, E., Revelo-Tapia, S., & Villegas-Ch, W. (2023). Optimization and Scalability of Educational Platforms: Integration of Artificial Intelligence and Cloud Computing. *Computers*, 12(11), 223. <https://doi.org/10.3390/computers12110223>
- Gunarto, E., Huriyah, H., & Rosidin, D. N. (2023). Manajemen Pembelajaran Berbasis Smart Classroom untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa SMA. *JIEM (Journal of Islamic Education Management)*, 7(1), 63. <https://doi.org/10.24235/jiem.v7i1.13295>
- Hakim, A.F. (2025) ‘Pemanfaatan Learning Analytics dalam Pengambilan Keputusan Manajerial Di Sekolah : Peluang dan Tantangan Di Era Transformasi Digital’.
- Haleem, A., Javaid, M., Qadri, M. A., & Suman, R. (2022). Understanding the role of artificial intelligence in personalized learning: A review. *Sustainable Operations and Computers*, 3, 343–349. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.05.003>
- Harahap, R. D., Judijanto, L., Hasibuan, L. R., & Sutrisno, S. (2025). Aplikasi Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality: Inovasi untuk Mendukung Pendekatan Deep Learning. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Harianja, J. K., dkk (2022). Tipe-Tipe Model Pembelajaran Kooperatif. Yayasan Kita Menulis.
- Hasibuan, F. A., dkk(2022). Pengembangan Media dan Teknologi Pembelajaran. Yayasan Kita Menulis.
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Routledge.
- Hidayat, R., & Abdillah. (2019). *Ilmu Pendidikan: Konsep, Teori dan Aplikasinya*. Medan: Lembaga Peduli Pengembangan Pendidikan Indonesia.

- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). Artificial Intelligence in Education. Center for Curriculum Redesign.
- Horton, W. (2012). E-learning by design (2nd ed.). Pfeiffer. <https://www.wiley.com/en-us/E+Learning+by+Design%2C+2nd+Edition-p-9780470900024>
- Hrastinski, S. (2008). Asynchronous and synchronous e-learning. *Educause Quarterly*, 31(4), 51–55. <https://er.educause.edu/articles/2008/11/asynchronous-and-synchronous-elearning>
- Hsieh, H.-J. (2023). Blended Learning with Mobile Learning Tools in Financial Curricula: Challenges, Opportunities, and Implications for Student Engagement and Achievement. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 22(12), 368–388. <https://doi.org/10.26803/ijlter.22.12.18>
- Hwang, G. J., Xie, H., Wah, W., & Gašević, D. (2020). Vision, challenges, roles and research issues of Artificial Intelligence in Education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 1, 100001. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100001>
- Irfan, A.P. et al. (2026) Sistem Informasi Modern untuk Era Digital. Yayasan Kita Menulis.
- Ismaniati, C. and Lindra, A.T. (2025) Sistem Pembelajaran Modern: Integrasi Teknologi, Model Inovatif, dan Kompetensi Global. Deepublish.
- Jaedun, A., Nurtanto, M., Mutohhari, F., Saputro, I. N., & Kholifah, N. (2024). Perceptions of vocational school students and teachers on the development of interpersonal skills towards Industry 5.0. *Cogent Education*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2375184>
- Jamaludin, J. et al. (2022) Transformasi Digital Era Disrupsi Industri 4.0. Yayasan Kita Menulis.

- Jiang, M. (2023). The Impact and Potential of Educational Technology: A Comprehensive Review. *Research and Advances in Education*, 2(7), 32–49. <https://doi.org/10.56397/RAE.2023.07.05>
- Joy, J., Krishna, M. C., Helen Josephine, V. L., Das, E. J., Siva Muniappan, S., & Dutta, U. (2023). Innovative Constraints Formulation in Timetable Planning for Efficient Resource Allocation in Academic Institutions: In M. Makua & M. Akinlolu (Eds.), *Advances in Higher Education and Professional Development* (pp. 228–249). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-7059-6.ch010>
- Judijanto, L., Hindarto, D., Wahjono, S. I., & Djunarto. (2023). Edge of Enterprise Architecture in Addressing Cyber Security Threats and Business Risks. *International Journal Software Engineering and Computer Science (IJSECS)*, 3(3), 386–396. <https://doi.org/10.35870/ijsecs.v3i3.1816>
- Kaban, R. et al. (2026) *Artificial Intelligence dalam Transformasi Pendidikan: Konsep, Implementasi, dan Tantangan*. Yayasan Kita Menulis.
- Kaban, R. et al. (2026) *Transformasi Digital: Strategi, Tren, dan Dampak*. Yayasan Kita Menulis.
- Kaban, R., Ansya, Y.A., et al. (2026) *Ekosistem Transformasi Sistem Informasi: Teknologi, Data, dan Tata Kelola di Era Digital*. Yayasan Kita Menulis.
- Kaban, R., Nugraheni, M., et al. (2026) *Artificial Intelligence dalam Transformasi Pendidikan: Konsep, Implementasi, dan Tantangan*. Yayasan Kita Menulis.
- Kaban, R., Yendrianof, D., et al. (2026) *Transformasi Digital: Strategi, Tren, dan Dampak*. Yayasan Kita Menulis.
- Karraz, G. (2023). Effectiveness of Cloud Computing in Education. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.7967435>

- Kasneci, E., dkk (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274.
- Kato, I., Subakti, H., Siallagan, T., Hasan, M., Brata, D. P. N., Al Haddar, G., Panjaitan, M. M. J., Purba, B., Haruna, N. H., & Haruna, H. (2022). *Manajemen Pusat Sumber Belajar*. Yayasan Kita Menulis.
- Kean, C. W., Zaki, F. A. Md., & Khor, K.-C. (2024). Development of a Comprehensive Dashboard for Monitoring Student Performances. 2024 5th International Conference on Artificial Intelligence and Data Sciences (AiDAS), 18–23. <https://doi.org/10.1109/AiDAS63860.2024.10730606>
- Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan T. R. (2023). *Roadmap Literasi Digital dan AI untuk Pendidikan 2023–2025*.
- Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. (2022). *Transformasi Digital Pendidikan di Indonesia*. Jakarta: Kemendikbudristek.
- Kholifah, N., Majid, N. W. A., Subakti, H., Putri, G. E., Suyitno, & Zuhri, M. T. (2023). Contribution of Local Product Purchase Policy to Improvement of the 21st Century Learning. *WSEAS Transactions on Systems*, 22, 231–241. <https://doi.org/10.37394/23202.2023.22.24>
- Kholifah, N., Nurtanto, M., Kassymova, G. K., Subakti, H., & Hamid, M. A. (2024). Evidence of positive influence: soft skills competence and organizational culture on innovative work behavior. *Journal of Education and Learning*, 18(4), 1158–1165. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v18i4.21018>
- Kholifah, N., Subakti, H., Saputro, A. N. C., Nurtanto, M., Ardiana, D. P. Y., Simarmata, J., & Chamidah, D. (2021). *Inovasi pendidikan*. Yayasan Kita Menulis.
- Kizil, I., Kizil, F. S., & Jang, B. G. (2025). Enhancing Distance Education Resilience: Developing a Scale for Effective Implementation During

- Global Crises. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 26(3), 22–40.
<https://doi.org/10.19173/irrodl.v26i3.8472>
- Kominfo RI. (2021). *Roadmap Literasi Digital 2021-2024*. Kementerian Komunikasi dan Informasi RI.
- Kotu, V., & Deshpande, B. (2019). *Data Science: Concepts and Practice*. Morgan Kaufmann.
- Kumar, B. S., M. S. Hemawathi, P. Dhanasekaran, Vishnu Kumar Kaliappan, & D. Sivaganesan. (2024). Maximizing Learning Outcomes while Minimizing Costs: A Cost-Effective Approach to M-Learning. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (ijIM)*, 18(11), 4–14. <https://doi.org/10.3991/ijim.v18i11.49095>
- Kurniawan, D. P. K., Hafidin Rosyadi, M. Z., Rudianto, R., Alif Kurnia, Y., & Akhsan Rofiqi, M. (2025). RANCANG BANGUN WIRELESS MESH NETWORK DI KAMPUS POLITEKNIK NSC SURABAYA UNTUK MENINGKATKAN AKSESIBILITAS INTERNET. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 9(6), 9268–9273.
<https://doi.org/10.36040/jati.v9i6.15518>
- Kusumawati, R., & Setiawan, A. (2023). Tantangan pedagogis di era AI: Mempertahankan interaksi humanis dalam pembelajaran digital. *Jurnal Etika Pendidikan Indonesia*, 8(2), 110-124.
- Labuem, S. et al. (2025) *Inovasi Media Pembelajaran Digital*. Yayasan Kita Menulis.
- Labuem, S. et al. (2025) *Pendidikan Inklusif: Tantangan dan Peluang*. Yayasan Kita Menulis.
- Laroiya, S. (2024). LEARNING MANAGEMENT SYSTEM. *INTERANTIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND MANAGEMENT*, 08(04), 1–5.
<https://doi.org/10.55041/IJSREM31611>

- Lau, J. Y. F. (2024). Revisiting the origin of critical thinking. *Educational Philosophy and Theory*, 56(7), 724–733. <https://doi.org/10.1080/00131857.2024.2320199>
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2020). *Management Information Systems*. Pearson.
- Lavhe, R. (2025). Academic Management through a Web-Based Student Profile System. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 13(5), 7347–7354. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2025.71890>
- Létourneau, A., Martineau, M. D., Charland, P., Karran, J. A., Boasen, J., & Léger, P. M. (2025). A systematic review of AI-driven intelligent tutoring systems (ITS) in K-12 education. *Npj Science of Learning*. <https://doi.org/10.1038/s41539-025-00320-7>
- Liani, A.M. (2025) *Profesionalisme Guru Di Era Transformasi Pendidikan*. CV. Ruang Tentor.
- Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI Literacy? Competencies and Design Considerations. *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–16. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376727>
- Luckin, R. (2020). *Machine learning and human intelligence: The future of education for the 21st century*. UCL Press.
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education*. Pearson.
- Lusiyanti, L., Apdillah, D. and Sari, K. (2025) *Kecerdasan Buatan dalam Pendidikan: Meningkatkan Kualitas Pembelajaran dengan Teknologi*. Dira Media Kreasindo.
- Ma, L. (2025). Research on the Path to High-Quality Development in Higher Education. *Journal of Modern Educational Theory and Practice*, 2(7). <https://doi.org/10.70767/jmetp.v2i7.757>

- MacCallum, K., Parsons, D., & Mohaghegh, M. (2023). Identifying the components of foundational Artificial Intelligence (AI) literacy - Early results from a Delphi study. *ASCILITE Publications*, 157–166. <https://doi.org/10.14742/apubs.2023.672>
- Mansyur, M. Z. et al. (2024) Belajar dan Pembelajaran di Abad 21. Yayasan Kita Menulis.
- Mansyur, M. Z., dkk (2024). Belajar dan Pembelajaran di Abad 21. Yayasan Kita Menulis.
- Marpaung, M. F. R., dkk (2023). Teknologi Dalam Pembelajaran. Yayasan Kita Menulis.
- Mas'ud, H. et al. (2025) Manajemen Teknologi Informasi: Strategi dan Implementasi. Yayasan Kita Menulis.
- Maslej, N., Fattorini, L., Perrault, R., Parli, V., & Reuel, A. (2024). Artificial Intelligence Index Report 2024. Cornell University. <https://doi.org/https://doi.org/10.48550/arXiv.2405.19522>
- Maslennikova, A., Rotelli, D., & Monreale, A. (2023). Session-Based Time-Window Identification in Virtual Learning Environments. *Journal of Learning Analytics*, 10(3), 7–27. <https://doi.org/10.18608/jla.2023.7911>
- Maulidi, A. K., Syifa, F. T., & Wibisono, G. (2023). Pemanfaatan Sensor Arus untuk Efektifitas Penggunaan Daya Listrik pada Ruangan Kelas Menggunakan Internet of Things. *Journal of Telecommunication, Electronics, and Control Engineering (JTECE)*, 5(1), 41–49. <https://doi.org/10.20895/jtece.v5i1.836>
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- McBrayer, J. S., Pannell, S., Stephen F. Austin State University, USA, Summer.Pannell@sfasu.edu, Uriegas, B., Stephen F. Austin State University, USA, uriegasb@sfasu.edu, Fallon, K., Georgia Southern University, USA, kf10548@georgiasouthern.edu, Sullivan, P., &

- Georgia Southern University, USA, ps02449@georgiasouthern.edu. (2023). Computer-Based Formative Assessment Practices of Core Academics Within a One-To-One Computing Environment. *International Journal of Instruction*, 16(2), 871–886. <https://doi.org/10.29333/iji.2023.16246a>
- Mei, S., She, S., Liu, X., & Li, F. (2024). The influence mechanism of Real-Time Online Education Platform on Learner User Behavior. In Review. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3821536/v1>
- Mhlanga, D. (2023). Open AI in Education, the Responsible and Ethical Use of ChatGPT Towards Lifelong Learning. SSRN Scholarly Paper. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4354422>
- Miao, F., & Holmes, W. (2023). Guidance for generative AI in education and research. UNESCO.
- Mishra, B., Mishra, S. and Kertesz, A. (2026) 'A Controller-Orchestrated Architecture for Scalable MQTT Messaging: Design and Evaluation Using Mosquitto', IEEE Access, pp. 1–1. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2026.3686909>.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- Mo, D., & Mo, B. (2024). Research on the optimization of teaching content for cloud computing technology in secondary school labor education curriculum. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 9(1), 20242180. <https://doi.org/10.2478/amns-2024-2180>
- Mollick, E., & Mollick, L. (2023). Assigning AI: Seven approaches for students, with prompts. arXiv preprint arXiv:2306.10052.
- Moore, M. G., & Kearsley, G. (2012). Distance education: A systems view of online learning (3rd ed.). <https://www.cengage.com>
- Mota, G. D. A., dkk(2023). Smart sensors and Internet of Things (IoT) for sustainable environmental and agricultural management. *Caderno*

- Pedagógico, 20(7), 2692–2714. <https://doi.org/10.54033/cadpedv20n7-014>
- Mubarak, M., Mukmin, M., Subakti, H., Ihsan, M., Rosita, R., Rosadi, K., Angranti, W., Rohman, T., Ika, I., & Taufik, M. (2024). Implementasi Teknologi dalam Pendidikan Agama Islam di Era Society 5.0. Yayasan Kita Menulis.
- Mufit, F., Hendriyani, Y., Kom, M., & Dhanil, M. (2023). Augmented Reality dan Virtual Reality Berbasis Konflik Kognitif, sebagai Media Pembelajaran Abad ke-21-Rajawali Pers. PT. RajaGrafindo Persada.
- Mujiarto, M. et al. (2024) Inovasi Media Pembelajaran: Pendekatan Kreatif untuk Guru. Yayasan Kita Menulis.
- Mukmin, M., dkk (2024). Pengelolaan Pengajaran. Yayasan Kita Menulis.
- Mukmin, M., dkk (2026). Pembelajaran PAI dan Budi Pekerti Berbasis Deep Learning. Yayasan Kita Menulis.
- Mulenga, R., & Shilongo, H. (2024). Hybrid and Blended Learning Models: Innovations, Challenges, and Future Directions in Education. *Acta Pedagogia Asiana*, 4(1), 1–13. <https://doi.org/10.53623/apga.v4i1.495>
- Munir. (2017). Pembelajaran Digital. Bandung: Alfabeta.
- Murthy, Y. S., Sai, K. P., & Murthy, C. R. S. (2024). Integrating IoB in Smart Education: Innovative Approaches to Behavioral Data Analytics and Pedagogy. In M. Ouaisa, M. Ouaisa, H. Lamaazi, M. El Hamlaoui, & K. K. Reddy C. (Eds.), *Advances in Educational Technologies and Instructional Design* (pp. 237–270). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-8151-9.ch009>
- Musyadad, V. F., dkk (2022). Pendidikan Karakter. Yayasan Kita Menulis.
- Muttaqin, M. et al. (2026) Artificial Intelligence dalam Pendidikan: Konsep, Implementasi, dan Etika di Era Digital. Yayasan Kita Menulis.
- Muttaqin, M., dkk(2026). Artificial Intelligence dalam Pendidikan: Konsep, Implementasi, dan Etika di Era Digital. Yayasan Kita Menulis.

- Nasution, E. J. A. H., Molefe, L., & Utami, R. T. (2025). Platform E-Learning Adaptif Meningkatkan Aksesibilitas bagi Berbagai Demografi Pembelajar: Adaptive E-Learning Platform Enhances Accessibility for Diverse Learner Demographics. *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan Dan Teknologi Informasi*, 3(2), 177–186. <https://doi.org/10.33050/mentari.v3i2.774>
- Navarrete-Sanchez, M. A., dkk (2025). IoT-Based Classroom Temperature Monitoring and Missing Data Prediction Using Raspberry Pi and ESP32. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 6(1), 234–245. <https://doi.org/10.18196/jrc.v6i1.24345>
- Nayak, P., Mundolli, A., Nayak, B. R., M S, A., & Kumar, A. (2025). TCP/IP Protocol. *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management*, 09(12), 1–9. <https://doi.org/10.55041/IJSREM55053>
- Net, W. W. W. P., dkk (2024). Determining Green Entrepreneurial Innovation of Higher Education Students: SEM Analysis Approach. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 14(2), 158–166. <https://doi.org/10.47750/pegegog.14.02.20>
- Ni, Q., & Zeng, Y. (2025). Research on Smart Campus System Architecture Design and Data Security Protection Strategy. *Frontiers in Computing and Intelligent Systems*, 11(3), 98–100. <https://doi.org/10.54097/f6sy7t88>
- Noor, Z. et al. (2025) Penerapan Artificial Intelligence (AI) dalam Teknik Industri menuju Industrial 5.0. Yayasan Kita Menulis.
- Norton, P. (2006). *Introduction to Computers*. McGraw-Hill.
- Novoderyozhkin, K. Yu., dkk (2025). Analyzing Integrated Solutions for Monitoring and Management of Infocommunication Networks and IT Assets. *2025 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/IEEECONF64229.2025.10948081>

- Nuraini, H., Sholeh Hidayat, & Lukman Nulhakim. (2024). Lecturers' Perceptions of the Use of E-Learning in Supporting Performance in the English Language Education Study Program. *EDUTEC : Journal of Education And Technology*, 8(2). <https://doi.org/10.29062/edu.v8i2.891>
- Nurdyansyah, & Fahyuni, E. F. (2016). *Inovasi Model Pembelajaran*. Sidoarjo: Nizamia Learning Center.
- OECD. (2020). *Pendidikan di Era Digital*. Jakarta: Pusat Studi Pendidikan.
- OECD. (2023). *OECD digital education outlook 2023: Towards an effective digital education ecosystem*. OECD Publishing.
- Ogunlola, O. Y., Salaja, F. O., Oronti, A., Abereowo, O., & Alese, B. K. (2023). Student Registration System Utilizing Role Based Access Control Model. *International Conference for Internet Technology and Secured Transactions (ICITST-2023)*, 332–336. <https://doi.org/10.20533/ICITST.2023.0027>
- Oktavianus, A. J. E., Naibaho, L., & Rantung, D. A. (2023). Pemanfaatan Artificial Intelligence pada Pembelajaran dan Asesmen di Era Digitalisasi. *JURNAL KRIDATAMA SAINS DAN TEKNOLOGI*, 5(02), 473–486. <https://doi.org/10.53863/kst.v5i02.975>
- Orugunta, M. (2025). Cloud Technologies in Digital Education: Scaling for Global Learning. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, 11(2), 1099–1109. <https://doi.org/10.32628/CSEIT25112443>
- Osmani, S., & Tartari, D. (2024). The Impact of Digital Technology on Learning and Teaching: A Case Study of Schools in Durrës, Albania. *Journal of Educational and Social Research*, 14(6), 193. <https://doi.org/10.36941/jesr-2024-0165>
- Ouyang, F., & Jiao, P. (2021). Artificial Intelligence in Education: The three paradigms. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100020. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100020>

- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychologist*, 38(1), 1–4.
- Panggabean, S., Widyastuti, A., Damayanti, W. K., Nurtanto, M., Subakti, H., Chamidah, D., Sianipar, L. K., Ardiana, D. P. Y., Purba, F. J., & Cecep, H. (2021). *Konsep dan Strategi Pembelajaran*. Yayasan Kita Menulis.
- Patterson, D. A., & Hennessy, J. L. (2017). *Computer Organization and Design: The Hardware/Software Interface*. Morgan Kaufmann.
- Peram, P. (2024). Cloud-Enabled Personalization: Transforming Educational Paradigms through Adaptive Learning Technologies. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 12(9), 1338–1346. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2024.64346>
- Permana, B. A. C., Djamaluddin, M., & Saputra, S. W. (2023). Penerapan Sistem Absensi Siswa Menggunakan Teknologi Internet Of Things. *Infotek: Jurnal Informatika Dan Teknologi*, 6(1), 170–176. <https://doi.org/10.29408/jit.v6i1.7511>
- Picauly, V. E. (2024). Transformasi Pendidikan di Era Digital: Tantangan dan Peluang. *Indonesian Research Journal on Education*, 4(3). <https://doi.org/10.31004/irje.v4i3.1278>
- Pitasari, D., Marlina Ulfa, & Ansor. (2026). Inovasi Pembelajaran Melalui Teknologi Informasi: Konsep E-Learning, Pengembangan Model Pembelajaran Internet. *Indonesian Journal Of Education*, 2(3), 486–491. <https://doi.org/10.71417/ije.v2i3.1465>
- Pogoh, D. S., dkk (2025). The Implementation of Internet of Things (IOT) In Education to Improve The Quality of Learning. *Jurnal Syntax Admiration*, 5(12), 5980–5986. <https://doi.org/10.46799/jsa.v6i1.1978>
- Ponde, P. (2024). Security and Privacy Considerations in Cloud-Based Education: In P. N. Mahalle (Ed.), *Advances in Educational*

- Technologies and Instructional Design (pp. 175–194). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-6705-6.ch007>
- Ponde, P. (2024). Security and Privacy Considerations in Cloud-Based Education: In P. N. Mahalle (Ed.), *Advances in Educational Technologies and Instructional Design* (pp. 175–194). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-6705-6.ch007>
- Popenici, S. A., & Kerr, S. (2017). Exploring the impact of artificial intelligence on teaching and learning in higher education. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 12(1), 1-13. <https://doi.org/10.1186/s41039-017-0062-8>
- Pratama, R. A., & Nugroho, A. S. (2024). Keamanan data dan privasi dalam penggunaan platform edukasi berbasis AI di Indonesia. *Jurnal Hukum Teknologi dan Informasi*, 6(1), 45-59.
- Pratiwi, H. S., & Santosa, P. I. (2023). Implementasi machine learning dalam personalisasi pembelajaran di era digital. *Jurnal Sistem Informasi Indonesia*, 8(2), 112-125.
- Prensky, M. (2010). *Mengajar Generasi Digital*. Jakarta: Indeks.
- Pressman, R. S. (2014). *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. McGraw-Hill.
- Pribadi, B. A., Chung, K. S., & Korean National Open University, South Korea, kchung0825@mail.knou.ac.kr. (2023). Designing Online Learning: Comparative Study between Indonesian Open University and Korea National Open University. *International Journal of Instruction*, 16(2), 643–660. <https://doi.org/10.29333/iji.2023.16234a>
- Prihatmojo, A., dkk (2022). *Pengantar Landasan Pendidikan*. Yayasan Kita Menulis.
- Prihatmojo, A., dkk (2023). *Etika dan Profesi Keguruan*. Yayasan Kita Menulis.
- Pulk, K., & Koris, R. (2025). *Generative AI in Higher Education: The Good, the Bad, and the Ugly*. Edward Elgar.

- Purba, A. M., Jusriati, J., Aliah, H., Sari, I. M., Agustin, P. D., Nasriandi, N., Al Haddar, G., Subakti, H., Bouti, S., & Andriany, L. (2025). Pembelajaran dan Pengajaran Bahasa: Prinsip, Strategi, dan Tantangan. Yayasan Kita Menulis.
- Purba, A., Widyastuti, A., Soesana, A., Salamun, S., Suesilowati, S., Lestari, R., Purba, S., Soputra, D., Subakti, H., & Fauzi, A. (2022). strategi pembelajaran (suatu Pengantar). Yayasan Kita Menulis.
- Purba, A.M.V., Andriana, S.D., et al. (2026) Pengenalan Sistem Cerdas. Yayasan Kita Menulis.
- Purba, A.M.V., Pradipta, R., et al. (2026) Pengetahuan Dasar Komputer. Yayasan Kita Menulis.
- Purba, P. B., Purba, F. J., Rahayu, M., Qur'ani, B., Yudhistira, D., Ashari, H., Subakti, H., Siswadi, S., & Simarmata, J. (2024). Teknologi Pengembangan Media Pembelajaran. Yayasan Kita Menulis.
- Purba, P. B., Rumtutuly, F., Tasrim, I. W., Hanafi, I., Subakti, H., Kholifah, N., Karwanto, K., Sari, I. N., Amelia, U., & Famella, S. (2024). Perilaku Kepemimpinan Organisasi Dalam Dunia Pendidikan. Yayasan Kita Menulis.
- Purba, P. B., Subakti, H., Sasferi, N., Munfarikhatin, A., Gusmana, I., Walukow, D. S., & Lahinda, J. (2023). Desain Pembelajaran Pendidikan Menengah Yang Efektif dalam Kurikulum Merdeka. Yayasan Kita Menulis.
- Purba, P.B. et al. (2025) Strategi Pembelajaran Berbasis Teknologi. Yayasan Kita Menulis.
- Purba, R. A., dkk (2024). Teknologi Informasi dalam Pendidikan Teknologi Kejuruan: Konsep dan Aplikasi. Yayasan Kita Menulis.
- Purba, R. A., dkk (2024). Pendidikan Berbasis Platform Digital: Teori dan Aplikasi. Yayasan Kita Menulis.

- Purba, R. A., Subakti, H., Hasan, M., Siregar, R. S., Panjaitan, M. M. J., Tamrin, A. F., Soesana, A., Yuniwati, I., Utomo, E. S., & Sastri, L. (2022). *Model dan Aplikasi Pembelajaran: Inovasi Pembelajaran Di Situasi Tidak Normal*. Yayasan Kita Menulis.
- Purba, S., Subakti, H., Hasan, M., Handican, R., Pratiwi, I. I., Sari, M., Simanjuntak, M., Pohan, M. M., Arhesa, S., & Yustita, A. D. (2023). *Politik dan Pemasaran Pendidikan*. Yayasan Kita Menulis.
- Purwani, R., Fathoni, A., Sarilan, S., & Siswanto, H. (2024). Transformasi Administrasi Pendidikan untuk Mengoptimalkan Efisiensi dan Kualitas Layanan Pendidikan pada Era Digital. *Jurnal Keilmuan Dan Keislaman*, 53–58. <https://doi.org/10.23917/jkk.v4i1.261>
- Pustikayasa, I. M., Permana, I., Kadir, F., Zebua, R. S. Y., Karuru, P., Husnita, L., ... & Suryani, I. (2023). *Transformasi Pendidikan: Panduan Praktis Teknologi di Ruang Belajar*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Putra, A. S., & Handayani, T. (2023). Dampak pembelajaran adaptif berbasis AI terhadap motivasi belajar siswa sekolah menengah. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, 10(1), 32-46.
- Rahayu, M. et al. (2024) *Strategi Pembelajaran Interaktif di Era Digital*. Yayasan Kita Menulis.
- Rahmadani, E. et al. (2024) *Literasi Kependidikan*. Yayasan Kita Menulis.
- Rahmah, S. A., & Elyas, A. H. (2024). EFEKTIVITAS CLOUD COMPUTING DALAM PENYIMPANAN DATA BERBASIS SEKOLAH. *Djtechno: Jurnal Teknologi Informasi*, 5(3), 789–796. <https://doi.org/10.46576/djtechno.v5i3.5694>
- Rahmansyah, F. (2026). *Dasar dan Aplikasi Simulasi Digital pada Sistem Otomasi Industri*. Deepublish.
- Rahmawati, R., Nursalim, N., Alfiah, A., Hasyim, A., & Fawait, A. B. (2024). Impact of Using Big Data Analysis in Increasing Personalization of Learning. *Journal of Computer Science Advancements*, 2(2), 54–72. <https://doi.org/10.70177/jsca.v2i2.906>

- Rai, H., Malik, N. and Varma, A. (2026) 'Generative AI and management education: a knowledge management perspective', *Journal of Knowledge Management*, pp. 1–28. Available at: <https://doi.org/10.1108/JKM-01-2025-0102>.
- Ramadani, F., Sari, M. P., & Utama, Y. (2024). Otomatisasi administrasi pendidikan: Strategi mengurangi beban kerja guru melalui kecerdasan buatan. *Jurnal Manajemen Pendidikan Indonesia*, 6(1), 88-102.
- Ramadhan, G. J. M. (2024). Optimalisasi Jaringan dan Infrastruktur TI untuk Mendukung Proses Belajar Mengajar di Sekolah. *Journal of Knowledge and Collaboration*, 1(1), 1–6. <https://doi.org/10.59613/vpc49n04>
- Ramadhani, Y. R., Subakti, H., Masri, S., Brata, D. P. N., Salamun, S., Walukow, D. S., Haeruman, L. D., Sianipar, L. K., Sanjaya, L. A., & Fidhyallah, N. F. (2022). Pengantar strategi pembelajaran. Yayasan Kita Menulis.
- Ramadhani, Y. R., Tanjung, R., Saputro, A. N. C., Utami, N. R., Purba, P. B., Purba, S., Kato, I., Gumelar, G. R., Cecep, H., & Darmawati, D. (2021). *Dasar-Dasar Perencanaan Pendidikan*. Yayasan Kita Menulis.
- Rao, T. V. N., Rajan, P., Santhoshi, N., & Anusha, G. (2025). Smart Learning Platforms: The Integration of AI and Data Science in Educational Settings. In J. Moore, S. Gupta, M. Sharma, A. Garg, & H. Josephine V. L. (Eds.), *Advances in Computational Intelligence and Robotics* (pp. 299–332). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-2185-1.ch011>
- Ren, L., Stephens, J. M., & Lee, K. (2026). The Impact of AI on Learners' Self-Efficacy: A Meta-Analysis. *Behavioral Sciences*, 16(1), 158. <https://doi.org/10.3390/bs16010158>
- Resilient Educator. (2023, February 27). Teaching Critical Thinking Skills. Resilienteducator.Com.

- Risana, F. et al. (2025) 'Transformasi Metode Pembelajaran Pendidikan Agama Islam : Dari Konvensional Ke Pendekatan Student-Centered Learning', 10.
- Rizal, M. et al. (2023) Konsep dan Implementasi Internet of Things. Yayasan Kita Menulis.
- Rizki, M., Sujatmiko, S., & Kusuma, W. (2024). Learning analytics untuk deteksi dini risiko akademik siswa di tingkat sekolah menengah. *Jurnal Teknologi Pendidikan Modern*, 11(1), 56-70.
- Rodafinos, A., Barkoukis, V., Tzafilkou, K., Ourda, D., A Economides, A., & Perifanou, M. (2024). Exploring the Impact of Digital Competence and Technology Acceptance on Academic Performance in Physical Education and Sports Science Students. *Journal of Information Technology Education: Research*, 23, 019. <https://doi.org/10.28945/5309>
- Rofiki, I., Subakti, H., Yudhistira, D., Yurfiah, Y., Sinaga, E. M., Suleman, N., Kunusa, W. R., Simarmata, J., Nurlely, L., & Pikoli, M. (2024). Strategi dan Perencanaan Pembelajaran. Yayasan Kita Menulis.
- Rojabi, M. A., & Amalia, A. (2026). Virtual & Augmented Reality. Afdan Rojabi Publisher.
- Rojas, M. P., & Chiappe, A. (2024). Artificial Intelligence and Digital Ecosystems in Education: A Review. *Technology, Knowledge and Learning*, 29(4), 2153–2170. <https://doi.org/10.1007/s10758-024-09732-7>
- Romiszowski, A. J. (2004). How's the e-learning baby?. *Educational Technology*. <https://www.researchgate.net/publication/228346178>
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2020). Artificial intelligence: A modern approach (4th ed.). Pearson.
- Russell, S., & Norvig, P. (2021). Artificial Intelligence: A Modern Approach. Pearson.

- Rustiyana, R. et al. (2025) Paradigma Baru Pendidikan Kontemporer: Teori, Isu, dan Relevansinya Pendidikan Abad 21.
- Sahara, R., Abdullah, S., Saputra, M. I., & Hassolthine, C. R. (2023). Integration Design of Academic Information Systems And Learning Management Systems Using Web Services Rest-Based External Database. *Jurnal Ilmiah FIFO*, 14(2), 205. <https://doi.org/10.22441/fifo.2022.v14i2.010>
- Sajja, R., Sermet, Y., Cikmaz, M., Cwiertny, D., & Demir, I. (2023). Artificial Intelligence-Enabled Intelligent Assistant for Personalized and Adaptive Learning in Higher Education (arXiv:2309.10892). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.10892>
- Sajja, R., Sermet, Y., Cwiertny, D., & Demir, I. (2025). Integrating AI and Learning Analytics for Data-Driven Pedagogical Decisions and Personalized Interventions in Education. *Technology, Knowledge and Learning*. <https://doi.org/10.1007/s10758-025-09897-9>
- Salamun, S., Subakti, H., Simarmata, N. I. P., Purwanti, E., Pratiwi, I. I., Pohan, M. M., Anwar, K., Zebua, A. M., Kunusa, W. R., & Tasrim, I. W. (2023). Manajemen Sumber Daya Manusia Bidang Pendidikan. Yayasan Kita Menulis.
- Salehudin, M., Suparmi, S., Nurdaniati, N., Panggih, P., & Subakti, H. (2024). Pendampingan Kepemimpinan Kepala Sekolah Sebagai Pemimpin Pembelajaran Pada Program Sekolah Penggerak Kota Bontang. *As-Sidanah: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(1), 17–33. <https://doi.org/10.35316/assidanah.v6i1.17-33>
- Salehudin, M., Zurqoni, Z., Robingatin, R., Syobah, S. N., Janah, F., Rorimpandey, W. H. F., & Subakti, H. (2023). Mobile Learning With Discord Application as Creative Teaching. *TEM Journal*, 12(3), 1697–1705. <https://doi.org/10.18421/TEM123-51>
- Salim, N. A., Subakti, H., Khairunnisa, Y., Rohman, A., & Hidayat, T. (2023). Analisis Pengelolaan Kelas di Kelas IV SD Negeri 008 Samarinda Ulu Tahun Pembelajaran 2022/2023. *Pendas Mahakam*, 8(1), 38–49.

- Sanghani, V., & Kumar, M. (2025). Ensuring Data Security and Availability in Modern Data Centers. 2025 IEEE Symposium on Product Compliance Engineering - (SPCE Portland), 1–7. <https://doi.org/10.1109/SPCEPortland68561.2025.11293630>
- Saprizal, A. M., Gregorius Amori, Syarifuddin, & Zaid. (2025). ANALISIS IMPLEMENTASI TOPOLOGI STAR DAN HYBRID STUDI KASUS JARINGAN MULTIMEDIA SARI MULIA. KOMNET: Jurnal Komputer, Jaringan Dan Internet, 3(1), 116–120. <https://doi.org/10.34128/5zdpsf83>
- Saputro, A. N. C., Kuswandi, S., Purba, S., Aswan, N., Ermawati, E. A., Yuniwati, I., Kato, I., Yustita, A. D., Rahmawati, I., & Lestari, H. (2022). Manajemen Mutu Terpadu Untuk Pendidikan. Yayasan Kita Menulis.
- Sari, D. C., Purba, D. W. dan Hasibuan, M. S. (2019) Inovasi Pendidikan Lewat Transformasi Digital. Yayasan Kita Menulis.
- Sari, R. P., & Dwiyanto, A. (2023). Analisis kesenjangan digital dalam adopsi kecerdasan buatan pada sekolah menengah. Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan, 10(1), 45–58.
- Sartika, S. H., Subakti, H., Salamun, S., Chamidah, D., Firdian, F., Nirbita, B. N., Kuswandi, S., Arianti, I., Simarmata, J., & Mansyur, M. Z. (2022). Teknologi dan Media dalam Pembelajaran. Yayasan Kita Menulis.
- Satrio, D. et al. (2025) Manajemen Pengembangan Organisasi. Yayasan Kita Menulis.
- Sekti, B. A. et al. (2025) Pengantar Kecerdasan Buatan untuk Pemula. Yayasan Kita Menulis.
- Selwyn, N. (2016). Pendidikan dan Teknologi Digital. Jakarta: Kencana.
- Setiawan, B., Winarno, A., Iasha, V., & Barokah, A. (2025). Virtual Reality dalam Pembelajaran Sains. PT. Pena Persada Kerta Utama.
- Shah, S. A., Khiyal, M. S. H., & Awan, M. D. (2024). Integrating Semantic Web Technologies in Higher Education: A Decision Support System

- for University Selection. In Review. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4135589/v1>
- Sharma, S.K. et al. (2026) Introduction to Cloud Computing: A Comprehensive Guide for Beginners and Professionals. Naaz Publication.
- Shidarta, & Martinelli, I. (2023). Should Indonesia Block ChatGPT? E3S Web of Conferences, 426, 02046. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342602046>
- Shtayyat, A., & AlShaikh-Hasan, M. (2025). Enhancing Cybersecurity in E-Learning System Infrastructure: Analyzing Challenges and Implementing Solutions. In A. Y. Aldweesh (Ed.), Complexities and Challenges for Securing Digital Assets and Infrastructure (pp. 157–174). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-1370-2.ch008>
- Shwedeh, F., Aldabbagh, T., Aburayya, A., & Uppilappatta, H. (2023). The Impact of Harnessing Total Quality Management Studies on the Performance of Smart Applications: A study in Public and Private Sectors in the UAE. *Migration Letters*, 20(S12), 83–108. <https://doi.org/10.59670/ml.v20iS12.5843>
- Siddiqui, S. T. (2024). Wireless Sensor Network for Smart Education: Design, Architecture, and Implementation. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 12(5), 4945–4950. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2024.62672>
- Siemens, G. (2005). Connectivism: A learning theory for the digital age. *IJITDL*, 2(1), 3–10. http://www.itdl.org/Journal/Jan_05/article01.htm
- Siemens, G. (2005). Konektivisme: Teori Pembelajaran di Era Digital. (Terjemahan).
- Siemens, G. (2013). Learning Analytics: The Emergence of a Discipline. *American Behavioral Scientist*.
- Silberschatz, A., Galvin, P. B., & Gagne, G. (2018). Operating System Concepts. Wiley.

- Simarmata, J. et al. (2024) Pengantar MOOC dan Pembelajaran Mandiri. Yayasan Kita Menulis.
- Simarmata, J. et al. (2025) Pendidikan di Era Digital: Tantangan bagi Generasi Z. Yayasan Kita Menulis.
- Simarmata, J. S., Ansya, Y. A., Yusuf, M., Subakti, H., Indrayani, P., Wellya, M., Fatma, F., Riana, A. D., Mukmin, M., & Saragih, D. Y. (2026). Inovasi Teknologi Berkelanjutan untuk Generasi Z. Yayasan Kita Menulis.
- Simarmata, J., Riyanti, R., Ansya, Y. A., Suhada, S., Nggilu, A., Sihotang, D. O., Hanifati, S. N., Sari, M., Butsiarah, B., & Tarigan, I. M. B. (2026). Pengajaran dan Pendidikan. Yayasan Kita Menulis.
- Simarmata, J., Salamun, S., et al. (2024) Literasi Digital dalam Pembelajaran Daring. Yayasan Kita Menulis.
- Simarmata, J., Sondakh, D. E., et al. (2024) Literasi Digital dan Teknologi Informasi. Yayasan Kita Menulis.
- Simarmata, J., Subakti, H., Suttrisno, S., Tang, J., Ritonga, M. W., Pratiwi, I. I., Purba, S., Fitriyani, E., Neri, N., & Sihotang, D. O. (2023). Pengantar Pendidikan Kejuruan. Yayasan Kita Menulis.
- Simarmata, J., Suttrisno, S., Sukamto, K., Tangio, J. S., Nggaruaka, T., Pikoli, M., Sumanik, N. B., Fatoni, M., Subakti, H., & Yuniwati, I. (2024). E-Learning dan Blended Learning. Yayasan Kita Menulis.
- Simarmata, J.S. et al. (2026) Inovasi Teknologi Berkelanjutan untuk Generasi Z. Yayasan Kita Menulis.
- Singh Sidhu, G., Sayem, M. A., Taslima, N., Anwar, A. S., Chowdhury, F., & Rowshon, M. (2024). AI AND WORKFORCE DEVELOPMENT: A COMPARATIVE ANALYSIS OF SKILL GAPS AND TRAINING NEEDS IN EMERGING ECONOMIES. *International Journal of Business and Management Sciences*, 04(08), 12–28. <https://doi.org/10.55640/ijbms-04-08-03>

- Siregar, D., Andriana, S. D., Diansyah, T. M. & Hidayat, D. (2025). Metaverse Tourism Development: Accessible Tourism Banyak Island Aceh Using Immersive Technology Based on Mixed Reality. *Journal of Computer Science*, 21(8), 1741-1748. <https://doi.org/10.3844/jcssp.2025.1741.1748>
- Siswanto, D.H. (2026) Heutagogi dan Inovasi Pendidikan: Evolusi Paradigma Pembelajaran Kontemporer. Lengg Geni Pustaka.
- Sitompul, R. S., Yudhistira, D., Agustina, M. T., Soputra, D., Ruchiyat, M. G., Kato, I., Subakti, H., Windayani, N. L. I., Sibarani, S., & Mahatmaharti, R. A. K. (2024). Manajemen Pendidikan Karakter Anak Usia Dini. Yayasan Kita Menulis.
- Sitopu, J. W. et al. (2022) Aplikasi Pembelajaran Digital. Yayasan Kita Menulis.
- Sitopu, J. W., dkk(2022). Aplikasi pembelajaran digital. Yayasan Kita Menulis.
- Sobry, S. C., dkk (2024). Broadband Services Quality of Experience on Public Higher Educational Institution Users: A Research Direction. *Information Management and Business Review*, 16(3(I)S), 872–879. [https://doi.org/10.22610/imbr.v16i3\(I\)S.3887](https://doi.org/10.22610/imbr.v16i3(I)S.3887)
- Soesana, A., dkk (2022). Pengembangan Media Pembelajaran di Era Society 5.0. Yayasan Kita Menulis.
- Sohaib, U., Mohammed Nawaz Khan, Syed Hussain Quadri, & Mrs. Heena Yasmin. (2025). Learning Management System. *International Journal of Information Technology and Computer Engineering*, 13(2s), 139–145. <https://doi.org/10.62647/IJITCE2025V13I2sPP139-145>
- St Aisyah, R. et al. (2025) Manajemen Rantai Pasok Agribisnis. Yayasan Kita Menulis.
- Stallings, W. (2018). *Computer Organization and Architecture: Designing for Performance*. Pearson.

- Structural Learning. (2026, April 24). Computational Thinking: 4 Skills Every Pupil Needs. <https://www.Structural-Learning.Com/Post/Computational-Thinking>.
- Subakti, H. et al. (2024) Desain Pembelajaran Abad 21. Yayasan Kita Menulis.
- Subakti, H. et al. (2025) Belajar dan Pembelajaran Abad 21. Yayasan Kita Menulis.
- Subakti, H., Damayanti, W. K., Hasan, M., Simarmata, J., & Harianja, J. K. (2022). Model-Model Program Pendidikan Luar Sekolah (PLS). Yayasan Kita Menulis.
- Subakti, H., Masrur, M., Susanti, S. S., Umurohmi, U., Tawakkal, M. I., Pratiwi, I. I., Suesilowati, S., Yudhistira, D., Pramana, C., & Lestari, L. (2024). Komunikasi Pendidikan. Yayasan Kita Menulis.
- Subakti, H., Nasir, M., & Salehudin, M. (2026). Implementation of Digital Textbooks in Islamic Religious Education to Develop Critical Thinking Skills of University Students. 7(1), 155–173.
- Subakti, H., dkk (2025). Sekolah Masa Depan: Mengintegrasikan AI dan Pembelajaran Interaktif. Yayasan Kita Menulis.
- Subakti, H., Rahayu, M., Simarmata, J., Sartika, S. H., Tangio, J. S., Syawaluddin, S., & Mutmainnah, M. (2024). Desain Pembelajaran Abad 21. Yayasan Kita Menulis.
- Subakti, H., Utami, N. R., Sulaeman, D., Soputra, D., Hardiyanti, S. A., Avicenna, A., Panjaitan, M. M. J., Arianti, I., Susanti, S. S., & Chamidah, D. (2022). Teori Pembelajaran. Yayasan Kita Menulis.
- Subroto, D. E., Supriandi, Wirawan, R., & Rukmana, A. Y. (2023). Implementasi Teknologi dalam Pembelajaran di Era Digital: Tantangan dan Peluang bagi Dunia Pendidikan di Indonesia. Jurnal Pendidikan West Science, 1(07), 473–480. <https://doi.org/10.58812/jpdws.v1i07.542>
- Sugiyono. (2018). Metode Penelitian Pendidikan. Bandung: Alfabeta.

- Suhelayanti, S., Al Haddar, G., Yurfiah, Y., Purwanti, E., Sari, M., Syamsiah, Z., Subakti, H., Juliana, J., Munthe, A. P., & Sastri, L. (2023). *Penilaian Pembelajaran MI/SD*. Yayasan Kita Menulis.
- Suleman, A. R., Hasibuan, A., Soesana, A., Saputro, A. N. C., Fauzi, A., Amruddin, A., Susilawaty, A., Suwandi, A., Sugiarto, A., & Faried, A. I. (2022). *Indonesia Kuat dengan Merdeka Belajar*. Yayasan Kita Menulis.
- Suleman, N., dkk (2025). *Transformasi Kognitif dalam Pembelajaran*. Yayasan Kita Menulis.
- Sulistian, E. (2025) 'Transformasi Peran Guru Sekolah Dasar Sebagai Fasilitator Pembelajaran Abad ke-21', 6, pp. 289–295.
- Surahman, S. et al. (2025) *Kompetensi Guru Di Era Digital: Menjadi Pendidik Cakap Teknologi dan Inovatif*. Penerbit Kbm Indonesia.
- Suryadi, A. (2020). *Transformasi Digital dalam Pendidikan*. Jakarta: RajaGrafindo Persada.
- Suryadi, A., Wahyudi, T., & Permana, I. (2023). Pengembangan berpikir komputasional melalui paradigma AI as Tutee pada siswa sekolah menengah. *Jurnal Informatika Pendidikan*, 8(3), 201-215.
- Susanto, A., Setiyadi, D., Ruhmadi, E., & Tamsir, T. (2023). Transformation of learner learning: Improving reasoning skills through artificial intelligence (AI). *Journal of Education, Religious, and Instructions*, 1(2), 37-46. <https://doi.org/10.5555/joeri.v1i2.74>
- Sutrisno, A., Dalail, M. M., & Amini, I. (2023). Implementation of ICT-Based Teacher Administration System to Improve Teaching and Learning Activities. *Jurnal SMART (Studi Masyarakat, Religi, Dan Tradisi)*, 9(1), 105–115. <https://doi.org/10.18784/smart.v9i1.1886>
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285.

- Syam, S. et al. (2024) Transformasi Kurikulum: Menyongsong Era Pendidikan Baru di Indonesia. Yayasan Kita Menulis.
- Syam, S., Marbun, T., Nasbey, H., Saputro, A. N. C., Simarmata, J., Sumanik, N. B., Suleman, N., Subakti, H., & Zainuri, H. (2024). Transformasi Kurikulum: Menyongsong Era Pendidikan Baru di Indonesia. Yayasan Kita Menulis.
- Syam, S., Subakti, H., Kristianto, S., Chamidah, D., Suhartati, T., Haruna, N. H., Harianja, J. K., Sitopu, J. W., Yurfiah, Y., & Purba, S. (2022). Belajar dan pembelajaran. Yayasan kita menulis.
- Tanenbaum, A. S., & Bos, H. (2015). Modern Operating Systems. Pearson.
- Tanniewa, A.M. et al. (2025) Sistem Informasi Manajemen: Konsep dan Implementasi. Yayasan Kita Menulis.
- Tedyyana, A., Ghazali, O., & Purbo, O. (2024). Model Design of Intrusion Detection System on Web Server Using Machine Learning Based. Proceedings of the 11th International Applied Business and Engineering Conference, ABEC 2023, September 21st, 2023, Bengkalis, Riau, Indonesia. Proceedings of the 11th International Applied Business and Engineering Conference, ABEC 2023, September 21st, 2023, Bengkalis, Riau, Indonesia. <https://doi.org/10.4108/eai.21-9-2023.2342879>
- Theresiawati, T., Seta, H. B., & Arista, A. (2023). Implementing quality function deployment using service quality and Kano model to the quality of e-learning. International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE), 12(3), 1560. <https://doi.org/10.11591/ijere.v12i3.25511>
- Thoriq, M., Kusuma, A. and Muharom, F. (2025) ‘Transformasi Peran Pendidik dan Tren Pembelajaran Digital di Era Teknologi’, 2(1), pp. 45–54.
- Tripathi, S. S. (2024). Review of Security Practices for Cloud Based Online Learning Platform. International Journal for Research in Applied

- Science and Engineering Technology, 12(6), 1639–1647.
<https://doi.org/10.22214/ijraset.2024.63374>
- Tripathi, S. S. (2024). Review of Security Practices for Cloud Based Online Learning Platform. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 12(6), 1639–1647.
<https://doi.org/10.22214/ijraset.2024.63374>
- Triyono, M. B., Mutohhari, F., Kholifah, N., Nurtanto, M., Subakti, H., & Prasetya, K. H. (2023). Examining the Mediating-Moderating Role of Entrepreneurial Orientation and Digital Competence on Entrepreneurial Intention in Vocational Education. *Journal of Technical Education and Training*, 15(1), 116–127.
<https://doi.org/10.30880/jtet.2023.15.01.011>
- Trung, T., Dung, H. V., & Phuong, N. T. (2025). Digital education ecosystem in the context of digital transformation. In S. Kumar Ghosh, M. Trong Nhuan, N. Ngoc Truc, N. Viet Khoi, & B. Thi Thanh Huong, *Green Transformation in the Context of Global Change* (1st ed., pp. 125–133). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003602941-13>
- Turnando, I., Thamrin, A. F., Firmasnyah, H., Nelesti, N., & Hidayat, T. (2025). Tantangan Dan Peluang Implementasi AI di Sekolah Indonesia : Studi Kasus dan Best Practice. 4(1), 1215–1223.
- UNESCO UIS. (2018). A Global Framework of Reference on Digital Literacy Skills for Indicator 4.4.2. UNESCO Institute for Statistic.
- UNESCO. (2021). AI and Education: Guidance for Policy-makers. UNESCO Publishing.
- UNESCO. (2021). Artificial Intelligence and Education. Guidance for PolicyMakers. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO).
<https://unesdoc.unesco.org/%0Aark:/48223/pf0000376709>
- UNESCO. (2021). Laporan Pembelajaran Digital Global. Paris: UNESCO

- UNESCO. (2023). Global Education Monitoring Report 2023: Technology in Education: A Tool on Whose Terms? GEM Report UNESCO.
- UNESCO. (2025). AI in Education: Policies for Empowering Learners and Teachers. UNESCO. <https://www.unesco.org/en/articles/ai-classroom-empowering-teachers-future-learning>
- Utami, N. R., Subakti, H., Salamun, S., Suesilowati, S., Simarmata, J., Kuswandi, S., Ferwati, W., Arvianti, A., Fahmi, A. I., & Mahatmaharti, A. K. (2022). Pengantar Dasar Ilmu Pendidikan. Yayasan Kita Menulis.
- Utami, P. et al. (2026) Transformasi Pembelajaran Abad 21 di Era Digital. Tren Digital Publishing.
- Wardhana, A. S. J. (2025). Menerapkan Keterampilan Digital dalam Pembelajaran. In Strategi Pembelajaran Berbasis Teknologi. Yayasan Kita Menulis.
- Watson, W. R., & Watson, S. L. (2007). LMS definition. TechTrends, 51(2), 28–34. <https://doi.org/10.1007/s11528-007-0026-5>
- Wejang, H., Jamun, Y. M., Hawi, F. M., & Nasar, I. (2025). Interaction of Transformational Leadership and Organizational Culture in Higher Education: A Systematic Review. RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business, 4(3), 1868–1876. <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i3.2231>
- Wibowo, A. (2024). Literasi Digital (Vol. 10). Penerbit Yayasan Prima Agus Teknik.
- Wibowo, M. C. (2025). Kekuatan AR (Augmented Reality) dan VR (Virtual Reality) dalam Bisnis. Penerbit Yayasan Prima Agus Teknik.
- Widyastuti, A., Subakti, H., Gaol, R. L., Sinaga, R., Sari, H., Al Haddar, G., Yurfiah, Y., Saputro, A. N. C., Wibowo, F. C., & Susanti, D. (2022). Media dan sumber belajar. Yayasan kita menulis.

- Wihidayat, S., & Santosa, P. I. (2024). Implementasi AI generatif dalam kurikulum merdeka: Peluang dan ancaman integritas akademik. *Jurnal Sistem Informasi dan Edukasi*, 5(2), 88-102.
- Wilonotomo, W., Ryanindityo, M., Aji, K. P., Wiraputra, A. R., Bawono, S. K., Nurkumalawati, I., Nugroho, T. W. A., & Mulyawan, B. (2025). Investigating the role of information technology system integration, user acceptance and information technology satisfaction and security on efficiency and accuracy of immigration documents processing. *International Journal of Data and Network Science*, 9(3), 633–644. <https://doi.org/10.5267/j.ijdns.2024.8.004>
- Wirapraja, A. et al. (2025) Pengantar Pemrograman Basis Data untuk TI. Yayasan Kita Menulis.
- Wiwi, M. H. et al. (2025) Basis Data Terapan. Yayasan Kita Menulis.
- Woolf, B. P. (2010). *Building Intelligent Interactive Tutors*. Morgan Kaufmann.
- Woolf, B. P., Lane, H. C., Chaudhri, V., & Kolodner, J. (2013). AI Grand Challenges for Education. *AI Magazine*.
- Wu, T., Sarwono, E., & Huang, Y. (2025). Incorporating Computational Thinking Into Virtual Laboratories to Enhance Learning Motivation, Engagement, and Higher-Order Thinking Skills. *Journal of Computer Assisted Learning*, 41(2). <https://doi.org/10.1111/jcal.70017>
- Wulandari, R. A., Sari, R. C., & Saputra, G. A. (2025). Pemanfaatan Teknologi Digital dalam Meningkatkan Efektivitas Proses Pembelajaran di Era Merdeka Belajar. *Jurnal Literasi Digital*, 4(3), 188–196. <https://doi.org/10.54065/jld.4.3.2024.606>
- Xu, N., & Zhou, X. (2025). Guarding the Digital Education Era: Unraveling the Data Security and Privacy Dilemmas in Educational Transformation. *International Journal of Sociologies and Anthropologies Science Reviews*, 5(5), 733–744. <https://doi.org/10.60027/ijsasr.2025.7209>

- Xu, X. (2024). Behavioral Analysis and Educational Management of College Students in Universities by Integrating Multi-source Data. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 9(1), 20242237. <https://doi.org/10.2478/amns-2024-2237>
- Yang, C., Chen, F., & He, J. (2025). A Dynamic Data Classification Strategy and Security Management in Higher Education: A Case Study of Wenzhou Medical University. *Journal of Educational Technology and Innovation*, 7(1). <https://doi.org/10.61414/ftd8dv28>
- Yang, Y. (2024). Educational Big Data Initiates a New Era in Education Development. *Science Insights Education Frontiers*, 25(1), 4009–4011. <https://doi.org/10.15354/sief.24.co367>
- Yazdinejad, A. and Kong, J.D. (2026) 'Breaking interprovincial data silos: how federated learning can unlock Canada's public health potential', *Royal Society Open Science*, 13(3). Available at: <https://doi.org/10.1098/rsos.250959>.
- Zahran, B., Ahmed, N., Alzoubaidi, A. R., & Ngadi, M. A. (2024). Security and Privacy Issues in Network Function Virtualization: A Review from Architectural Perspective. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 15(6). <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2024.0150649>
- Zainuri, H., Subakti, H., Tawakkal, M. I., Umurohmi, U., Saputro, A. N. C., Mukmin, M., Simarmata, J., Pratiwi, I. I., & Iwan, I. (2024). *Revolusi Kurikulum: Membangun Pondasi Pendidikan Abad ke-21*. Yayasan Kita Menulis.
- Zawacki-richter, O., Marín, V. I., & Bond, M. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators ?
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education: Where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(39), 1–27.

- Zebua, D. Y., Lase, E. D., Lahagu, D. K., Zandrato, J. F. C., & Zai, I. T. C. (2026). Integrasi Sistem Informasi Antar Unit Kampus Menggunakan Basis Data Terintegrasi. *Jurnal Komputer Teknologi Informasi Sistem Informasi (JUKTISI)*, 4(3), 2224–2230. <https://doi.org/10.62712/juktisi.v4i3.826>
- Zein, A., Eriana, E. S., & Farizy, S. (2024). Sistem Informasi Pengelolaan Gedung Sekolah Menggunakan Internet Of Things. *Dinamika: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(2), 110–115. <https://doi.org/10.56457/dinamika.v2i2.665>
- Zhang, D., Yang, H., He, Y., & Guo, W. (2025). Modeling the relationships between secondary school students' AI learning attitude, AI literacy and AI career interest. *Education and Information Technologies*, 30(17), 25223–25250. <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13715-1>
- Zhao, X., Cox, A., & Cai, L. (2024). ChatGPT and the digitisation of writing. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11(1), 482. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-02904-x>
- Zubaidi, A., Hamidi, H., & Fuadi, A. (2023). Etika penggunaan kecerdasan buatan dalam pendidikan: Tinjauan peluang dan tantangan di Indonesia. *Jurnal Teknologi Pendidikan Modern*, 10(3), 215–230.

Biodata Penulis



Roberto Kaban merupakan akademisi dan praktisi di bidang Teknologi Informasi dengan fokus pada pengembangan sistem informasi, rekayasa perangkat lunak, serta teknologi web. Ia menempuh pendidikan formal hingga jenjang tertinggi dan memperoleh gelar Doktor (S3) dalam bidang Ilmu Komputer pada tahun 2025 dari Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Sumatera Utara.

Pengalaman profesional Roberto Kaban meliputi berbagai peran di industri teknologi informasi sebagai staf IT, tenaga ahli, dan programmer. Ia terlibat dalam pengembangan, implementasi, dan pemeliharaan sistem informasi sehingga memiliki pemahaman yang kuat terhadap kebutuhan dan tantangan praktis di industri.

Saat ini, ia aktif sebagai fullstack web developer dengan keahlian pada pengembangan aplikasi web, integrasi basis data, dan optimalisasi performa sistem. Ia juga berperan sebagai Dosen Program Studi Teknik Informatika di Institut Teknologi dan Bisnis Indonesia Deli Serdang dan terlibat dalam kegiatan pendidikan, penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat.

Sebagai bagian dari kontribusi keilmuan dan profesional, Roberto Kaban juga aktif membagikan pemikiran, pengalaman, dan pengetahuan melalui media daring. Informasi, tulisan, serta aktivitas akademiknya dapat diakses melalui blog pribadi di <https://kaban.my.id>. Untuk keperluan korespondensi akademik dan profesional, ia dapat dihubungi melalui email roberto.kaban@yahoo.com



Nirsal, Alumni Magister Pendidikan Teknologi dan Kejuruan Universitas Negeri Makassar (UNM) dengan topik tesis tentang Pengembangan Sistem E-Learning Lulus Tahun 2013 Sebelumnya mengikuti Pendidikan Program pada tahun 2005 mengambil program S-1 di Universitas Cokroaminoto Palopo Program Studi Teknik Informatika dan Lulus Tahun 2009. Saat ini aktif sebagai dosen tetap pada Program Studi Informatika, Fakultas Teknik Komputer, Universitas Cokroaminoto Palopo.

Mengampu mata kuliah Riset Teknologi Informasi, Analisis dan Perancangan Sistem, Etika Profesi Informatika, Rekayasa Perangkat Lunak, Sistem Testing dan Implementasi, dan Sistem Basis Data. Saat ini selain aktif dalam bidang pengajaran, juga aktif dalam bidang penelitian dan pengabdian kepada masyarakat, beberapa judul hibah penelitian dan pengabdian kepada masyarakat mendapatkan dana hibah dari Kemdikbudristek – DRTPM.

E-mail: nirsal@uncp.ac.id



Sri Ayu Ashari, S.SI.,M.Pd, Dosen Pendidikan Teknologi Informasi Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo. Penulis lahir diUjung Pandang tanggal 16 Agustus 1993. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Sistem Informasi di STMIK Profesional Makassar dan melanjutkan S2 pada Universitas Negeri Makassar jurusan Pendidikan Teknologi dan Kejuruan.

Mengampu mata kuliah Desain dan Administrasi Jaringan, Desain dan Pengelolaan Jaringan, Cloud Computing, Kecerdasan Buatan dan Pengolahan Citra Digital. Selama ini terlibat aktif sebagai dosen pembimbing dan penguji mahasiswa.

Penulis menekuni bidang Penelitian dan Pengabdian yang lebih berfokus sesuai dengan program studi Pendidikan Teknologi Informasi.

E-mail: sriayu@ung.ac.id



Romulo Aritonang, M.Kom. Dosen Teknik Komputer pada Institut Teknologi dan Bisnis Indonesia mulai tahun 2005 sekarang. Adapun yang menjadi bidang konstrasi pada Jaringan Komputer. Penulis berpengalaman dalam melaksanakan kegiatan pelatihan/ workshop dengan topik seputar jaringan komputer dan implementasinya dalam berbagai kegiatan bisnis.

Memegang sertifikat Mikrotik MTCIPv6E. Dengan menjadi penulis buku ini adalah bentuk nyata dalam pengembangan dunia jaringan komputer.



Alex Sandria Jaya Wardhana, saat ini bertempat tinggal di Kota Yogyakarta, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Telah menyelesaikan tudi Strata Satu (S1) di Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta. Lulus Strata Dua (S2) di Program Studi Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada. Ia adalah dosen tetap Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta.

Mengampu mata kuliah Proteksi Sistem Tenaga Listrik, Pembangkit Tenaga Listrik, Instalasi Listrik Industri serta Instalasi Listrik Residensial. Penelitian teknologi pendidikan yang dilakukan meliputi Pengembangan Media Pembelajaran berbasis Serious-game dan Augmented Reality bagi Mahasiswa Calon Guru, Desain Model Pembelajaran Industrial-Based Learning di Pendidikan Vokasi, serta Pengembangan berbagai Media Pembelajaran Energi Terbarukan untuk Peningkatan Kompetensi Profesional Guru di Bidang Teknik Ketenagalistrikan dan Otomasi Industri. Selain itu, aktif melakukan pengabdian masyarakat berupa Pelatihan Peningkatan Kapabilitas dan Profesionalisme Guru Melalui Implementasi Kurikulum Merdeka, Penggunaan Software Perencanaan Instalasi Listrik, serta Pelatihan Perangkat Pendukung Pembelajaran untuk Kompetensi Guru SMK dalam menghadapi tantangan pendidikan vokasi era digital.

E-mail: alexwardhana@uny.ac.id



Yusron Abda'u Ansyah, menempuh pendidikan Sarjana di Universitas Negeri Medan. Ia memiliki ketertarikan kuat pada bidang penulisan ilmiah, penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat. Selama lebih dari lima tahun, ia secara aktif terlibat dalam berbagai kegiatan akademik dan pengembangan keilmuan, baik secara mandiri maupun kolaboratif.

Dalam perjalanan akademiknya, penulis secara konsisten menghasilkan karya ilmiah yang dipublikasikan pada jurnal nasional terakreditasi serta prosiding nasional dan internasional. Produktivitas ini mencerminkan komitmennya dalam mengembangkan ilmu pengetahuan serta menyebarkan hasil penelitian kepada masyarakat akademik yang lebih luas.

Selain artikel ilmiah, ia juga aktif menghasilkan karya intelektual yang telah memperoleh sertifikat Hak Kekayaan Intelektual (HKI). Ia kerap dipercaya menjadi narasumber dalam berbagai kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat, serta aktif mengikuti seminar nasional dan internasional sebagai upaya peningkatan kompetensi akademik dan profesional.

Buku “Teknologi Komputasi dan Kecerdasan Buatan dalam Pendidikan” merupakan buku ke-150 yang telah dihasilkan oleh penulis. Hingga saat ini, penulis telah menghasilkan 47 artikel ilmiah serta memiliki 93 Hak Kekayaan Intelektual (HKI). Di samping itu, penulis juga aktif berperan sebagai dewan editor pada jurnal nasional dan internasional terakreditasi. Seluruh hasil karya ilmiah tersebut dapat diakses melalui tautan berikut: <https://beacons.ai/ansyaedusci>.

Email: yusronabda@gmail.com



Dr. Sumarlin, S.Kom., M.Kom. merupakan dosen Program Studi Teknik Informatika pada Institut Teknologi dan Bisnis Indonesia sejak tahun 1998 hingga sekarang. Ia memiliki ketertarikan yang kuat dalam bidang aplikasi dan pengembangan jaringan komputer, khususnya pada perancangan, implementasi, serta pengelolaan infrastruktur jaringan dan layanan internet berbasis teknologi modern. Pendidikan formal penulis dimulai dengan

menyelesaikan Sarjana (S1) Teknik Informatika di STMIK Multimedia Prima. Pendidikan lanjut ditempuh pada jenjang Magister (S2) Magister Komputer di Universitas Sumatera Utara, dan selanjutnya menyelesaikan studi Doktorat (S3) Ilmu Komputer di Universitas Sumatera Utara. Latar belakang pendidikan ini memperkuat kompetensi akademik dan profesional penulis dalam bidang ilmu komputer dan teknologi informasi.

Selain sebagai dosen, penulis juga aktif sebagai pengelola bisnis layanan jaringan internet (Internet Service Provider/ISP). Ia sering diundang sebagai narasumber dalam berbagai seminar, pelatihan, dan kegiatan ilmiah yang berkaitan dengan pelaksanaan Ujian Nasional Berbasis Komputer (UNBK) di beberapa kabupaten di Sumatera Utara. Keterlibatan tersebut menunjukkan kontribusi penulis dalam pengembangan teknologi pendidikan berbasis komputer di tingkat regional. Penulisan buku ini merupakan bentuk kontribusi akademik dan sumbangsih pemikiran penulis untuk meningkatkan kualitas pengetahuan mahasiswa, akademisi, serta masyarakat umum dalam bidang ilmu komputer, jaringan komputer, dan teknologi informasi.

Motto penulis adalah “Keraslah pada dunia agar dunia lembut kepadamu.”

Untuk keperluan korespondensi akademik dan profesional, penulis dapat dihubungi melalui email: netcommandiri@gmail.com.

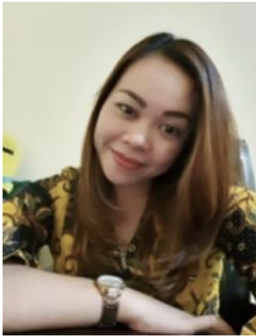


Susmanto, S.Kom., M.Kom Telah Menyelesaikan Studi dengan menempuh pendidikan sarjananya di Perguruan Tinggi Sekolah Tinggi Teknik Poliprofesi Medan (S1) Jurusan Informatika, dan menempuh pendidikan program Magister (S2) di STMIK Eresha Pamulang dengan Jurusan Teknik Informatika. beliau adalah dosen tetap Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Teknik Universitas Serambi Mekkah. Mengampu mata kuliah Sistem informasi, Pemrograman, Jaringan Komputer dan Database dan Kerja Praktek. Selama ini terlibat aktif sebagai dosen

pembimbing mahasiswa dengan konsentrasi Data sains dan multimedia. Selama ini menjabat sebagai ketua program studi teknik komputer pada fakultas teknik Universitas Serambi Mekkah serta aktif dalam organisasi APTIKOM. Telah menulis 3 Buku referensi, yakni data mining for decision support system, Analisis BIG data dengan pemodelan Prediktif, Blockchain dan Cryptocurrency

Konsep rsitektur dan Aplikasi serta mendapatkan Riset Penelitian dan pengabdian kepada masyarakat.

Email : susmanto@serambimekkah.ac.id



Asprina Br Surbakti, lahir di Tanah Karo tepatnya di desa Ajibuhara, pada tanggal 28 November 1988. Berkat Tuhan Penulis dapat Menyelesaikan pendidikan D3-Manajemen Informatika pada tahun 2010 di Politeknik Poliprofesi Medan, S1-Teknik Informatika pada tahun 2011 di STT Poliprofesi Medan, dan menyelesaikan S2-Teknik Informatika pada tahun 2014 di STMIK ERESHA Jakarta dan berkat kemurahan Tuhan penulis dapat berkarya dan bekerja di Institut Teknologi dan Bisnis Indonesia sampai Saat ini.

“Mintalah, maka akan diberikan kepadamu; carilah, maka kamu akan mendapat; ketoklah maka pintu akan dibukakan bagimu. Karena setiap orang yang meminta, menerima dan setiap orang yang mencari, mendapat dan setiap orang yang mengetok, baginya pintu dibukakan. Dream it, Wish it, Do it.”



Dr. Muhammad Abdillah Rahmat adalah dosen tetap di Departemen Teknik Informatika, Universitas Hasanuddin, yang aktif dalam riset dan pengajaran di bidang Kecerdasan Buatan (AI), Computer Vision, dan Teknologi Kendaraan Otonom. Ia menyelesaikan studi doktoralnya di Universitas Hasanuddin dan sebelumnya menyelesaikan pendidikan sarjana di Universitas Halu Oleo serta magister di Universitas Hasanuddin.

Dalam Kegiatan Akademik, dikenal sebagai pendidik yang menekankan pentingnya membangun kesadaran kritis mahasiswa terhadap dampak sosial dan etis dari teknologi cerdas, terutama dalam ranah komunikasi dan interaksi manusia-mesin.

Ia aktif menjadi pembicara dalam berbagai seminar dan pelatihan nasional, serta berkontribusi dalam pengembangan kurikulum AI yang inklusif dan aplikatif.

Ia percaya bahwa AI bukan hanya soal kecanggihan algoritma, tetapi juga bagaimana teknologi tersebut diformulasikan dan dimanfaatkan secara etis untuk kemajuan manusia dan masyarakat.

E-mail: abdi.rahmat@unhas.ac.id



Septiana Dewi Andriana. Sebelumnya mengikuti Pendidikan Program S1 di STT-Harapan Medan dan S2 di STMIK Amikom Yogyakarta. Ia adalah Dosen tetap Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknik dan Komputer, Universitas Harapan Medan. Saat ini penulis juga merupakan Dosen Luar Biasa di Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam UIN Sumatera Utara Medan (sejak tahun 2020). Program Studi MICE Politeknik Negeri Medan

(sejak tahun 2025), dan Fasilitator Koding KA di LPD UMSU (sejak 2025).

Telah mendapatkan beberapa Research Grants dari Kemendiktisaintek dengan judul: "Desain Metaverse : The Future of Tourism Pariban Berbasis Augmented Reality Menggunakan Metode Markerless User Defined Target" (Skema Penelitian PDP 2023), "Optimalisasi Metaverse: Eksplorasi Potensi Ecotourism di Geopark Merangin Jambi Berbasis Virtual Reality" (Skema Penelitian PDP 2024), dan "Pengembangan Metaverse Tourism: Accessible Tourism Pulau Banyak Aceh Menggunakan Teknologi Imersif Berbasis Mixed Reality" (Skema Penelitian Fundamental 2024).

Telah menulis beberapa Buku referensi dengan judul "Pieces Framework: Solusi Mudah untuk Analisis Masalah", "Literasi Informatika", "Manajemen Proyek untuk Keberhasilan Organisasi dan Bisnis dalam Teknologi Informasi", "Pengantar Graphical User Interface (GUI)", "Keamanan Siber", "Penerapan Sistem Informasi Organisasi", "Informatika Masa Depan: Prediksi, Tren dan Inovasi", dan "Pengenalan Sistem Cerdas".

E-mail: septianadewiandriana@unhar.ac.id, septianadandriana@gmail.com



Enni Juliani lahir di Laras, pada 11 Juli 1970. Ia tercatat sebagai lulusan sarjana Keperawatan dari Universitas Indonesia pada tahun 1999, Pendidikan Magister Keperawatan dari Universitas Indonesia pada tahun 2009 dan Pendidikan Doktoral bidang Teknologi Pendidikan Universitas Negeri Jakarta pada tahun 2023. Penulis sudah menjadi dosen tetap sejak tahun 1995 (saat ini) Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan (STIKes) RS Husada Jakarta. Mata kuliah yang diampuh saat ini Strategi Belajar, Pendidikan dan Promosi Kesehatan, Terminologi Kesehatan, Manajemen Keperawatan dan Konsep

Dasar Keperawatan.

Penulis aktif melakukan tri darma pendidikan tinggi, yaitu pendidikan, penelitian dan pengabdian kepada masyarakat. Mengikuti berbagai workshop, seminar dan pelatihan sesuai bidang keilmuannya. Aktif dalam Asosiasi Institusi Pendidikan Vokasi Keperawatan Indonesia Wilayah (AIPVikI Regional 3) DKI Jakarta. Pada tahun 2018 meraih dua hibah Penelitian Dosen Pemula dari Kemenristekdikti RI.



Dalam pendidikan formal, meraih gelar sarjana (S1) Program Studi Informatika di Universitas Cokroaminoto Palopo (UNCP) dan meraih gelar Magister di Universitas Negeri Makassar (UNM) pada bidang Pendidikan Teknologi Kejuruan khususnya Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer.

Sebagai Dosen tetap di Program Studi Informatika Fakultas Teknik Komputer Universitas Cokroaminoto Palopo. Saat ini Penulis aktif serta mengajar matakuliah Grafik 3D, Desain Komunikasi Visual, Desain Grafish, Multimedia dan Konversi, Aplikasi Pengolah Audio & Video, Broadcasting. Diberi amanah menjabat sebagai Kepala Laboratorium Komputer Fakultas Teknik Komputer Universitas Cokroaminoto Palopo, masa jabatan berlangsung hingga 2029.

E-mail: cawanksafwan@gmail.com



Hani Subakti. Lahir di Kota Samarinda, 19 Januari 1989. Saat ini sedang menyelesaikan Program Doktor. Ia adalah dosen yang juga aktif melakukan tridharma perguruan tinggi di antaranya melakukan pengajaran, penelitian, dan Pengabdian kepada Masyarakat.

E-mail: hanisubakti@uwgm.ac.id

Teknologi Komputasi

dan

Kecerdasan Buatan dalam Pendidikan

Perkembangan teknologi digital yang berlangsung sangat cepat telah membawa perubahan besar dalam berbagai sektor kehidupan, termasuk dunia pendidikan. Transformasi ini menuntut hadirnya sistem pembelajaran yang lebih adaptif, inovatif, dan berbasis teknologi. Teknologi komputasi, komputasi awan, Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (Artificial Intelligence), hingga teknologi imersif seperti Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR), kini menjadi bagian penting dalam membangun ekosistem pendidikan modern.

Buku ini membahas:

Bab 1 Pendahuluan Teknologi Komputasi dalam Pendidikan

Bab 2 Konsep Dasar Sistem Komputasi

Bab 3 Dasar Kecerdasan Buatan dalam Pendidikan

Bab 4 Transformasi Pendidikan Digital

Bab 5 Literasi Digital dan Literasi AI

Bab 6 Infrastruktur Komputasi Awan untuk Pendidikan

Bab 7 Jaringan dan Platform Pembelajaran Digital

Bab 8 Sistem Manajemen Pembelajaran Digital

Bab 9 Internet of Things dalam Lingkungan Pendidikan

Bab 10 Generative AI dalam Pengembangan Materi Ajar

Bab 11 Pembelajaran Imersif dengan Virtual Reality dan Augmented Reality

Bab 12 Etika Kecerdasan Buatan dalam Pendidikan

Bab 13 Transformasi Peran Pendidik di Era AI

Bab 14 Pendidikan Inklusif Berbasis Teknologi Cerdas



YAYASAN KITA MENULIS

press@kitamenulis.id

www.kitamenulis.id

ISBN 978-634-260-256-0

