

ARTIFICIAL INTELLIGENCE DALAM PEMBELAJARAN

Penulis

Nur Adliani, Doni Alfaruqy, Rika Sa'diyah,
Suhirwan, Supartono, Andhyka Tyaz Nugraha,
Endi Rochaendi, Asim Supriadi, Yusinta Dwi
Ariyani, & Muhammad Hakiem Sedo Putra

Editor

HARITS SETYAWAN

ARTIFICIAL INTELLIGENCE DALAM PEMBELAJARAN

Penulis

Nur Adliani, Doni Alfaruqy, Rika Sa'diyah,
Suhirwan, Supartono, Andhyka Tyaz Nugraha,
Endi Rochaendi, Asim Supriadi, Yusinta Dwi
Ariyani, & Muhammad Hakiem Sedo Putra

Editor

HARITS SETYAWAN

ARTIFICIAL INTELLIGENCE DALAM PEMBELAJARAN

ISBN

978-634-7583-03-1

105 Hal: 21 x 29.7 cm

Terbitan Pertama: Januari 2026

Penulis

Nur Adliani, Doni Alfaruqy, Rika Sa'diyah, Suhirwan, Supartono,
Andhyka Tyaz Nugraha, Endi Rochaendi, Asim Supriadi, Yusinta
Dwi Ariyani, & Muhammad Hakiem Sedo Putra

Editor

Harits Setyawan

Penerbit

Itera Press

Anggota IKAPI

Redaksi

Gedung Kuliah Umum Lantai 4
Kampus Institut Teknologi Sumatera

Website: press.itera.ac.id

Email: press@itera.ac.id

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari penulis dan/ penerbit

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena berkat dan rahmat-Nya, buku yang berjudul *Artificial Intelligence dalam Pembelajaran dapat diselesaikan*. Buku ini merupakan buah dari pemikiran dan pengalaman yang dituangkan ke dalam tulisan oleh para pendidik di Indonesia dari tingkat Sekolah Dasar hingga Perguruan Tinggi tentang pemanfaatan dan tantangan hadirnya AI dalam dunia pendidikan. Melalui karya-karya inspiratif yang disajikan, buku ini diharapkan akan memperluas wawasan kita sehingga dapat menyikapi AI dalam pembelajaran dengan lebih arif dan bijaksana. Demikian, semoga buku ini dapat membawa manfaat bagi kita semua.

DAFTAR ISI

Pemanfaatan dan Tantangan Pembelajaran Aplikasi Kecerdasan Buatan (AI) dalam Pendidikan dan Praktikum Farmasi Masa Depan Nur Adliani	1
Chat GPT dan Dampaknya Doni Alfaruqy	7
Manusia, Mesin, dan Masa Depan Pembelajaran di Perguruan Tinggi Rika Sa'diyah	9
Menghadapi Kompleksitas Tata Kelola Siber: Transformasi Kurikulum Kebijakan Publik melalui Pendekatan Berbasis Kecerdasan Buatan (AI) Suhirwan & Supartono	16
Kecerdasan Buatan dan Masa Depan Perguruan Tinggi di Indonesia Andhyka Tyaz Nugraha	34
Integrasi Artificial Intelligence dalam Pembelajaran di Sekolah Dasar: Peluang Inovasi dan Tantangan Implementasi Endi Rochaendi	45
Kesiapan Guru dan Siswa dalam Menghadapi Implementasi AI pada Pembelajaran di SD: Studi Perspektif dan Arah Pengembangan Asim Supriadi	64
Adaptive Learning Berbasis AI sebagai Penguat Individualisasi Pembelajaran di SD: Analisis Potensi dan Hambatannya Yusinta Dwi Ariyani	83
Artificial Intelligence dalam Pembelajaran: Peluang, Tantangan, dan Transformasi Pendidikan Muhammad Hakiem Sedo Putra	98

Pemanfaatan dan Tantangan Pembelajaran Aplikasi Kecerdasan Buatan (AI) dalam Pendidikan dan Praktikum Farmasi Masa Depan

Nur Adliani

Perkembangan pesat kecerdasan buatan (Artificial Intelligence, AI) telah membawa revolusi dalam berbagai bidang ilmu pengetahuan, termasuk farmasi. Dalam dunia pendidikan tinggi, AI menjadi salah satu kunci inovasi dalam meningkatkan mutu pembelajaran, riset, dan pelayanan kesehatan. Buku ini disusun untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai bagaimana AI dapat dimanfaatkan dalam pembelajaran dan praktikum farmasi, serta berbagai tantangan dan strategi penerapannya di masa depan. Pendidikan farmasi modern saat ini dihadapkan pada tuntutan globalisasi dan digitalisasi. Mahasiswa farmasi tidak hanya dituntut memahami dasar kimia, biologi, dan farmakologi, tetapi juga harus mampu menguasai teknologi digital, data analitik, dan kecerdasan buatan (AI). AI mampu menganalisis data dalam jumlah besar, memprediksi interaksi obat, mengidentifikasi senyawa bioaktif, hingga membantu proses pembelajaran berbasis simulasi. Oleh karena itu, pemanfaatan AI dalam kurikulum farmasi menjadi sangat relevan untuk mempersiapkan apoteker masa depan yang adaptif terhadap kemajuan teknologi.

A. Konsep Dasar Kecerdasan Buatan dalam Farmasi

Kecerdasan buatan (Artificial Intelligence) adalah kemampuan sistem komputer untuk meniru fungsi kognitif manusia seperti pembelajaran, penalaran, dan pengambilan keputusan. Dalam bidang farmasi, AI memanfaatkan algoritma machine learning dan deep learning untuk menganalisis data biologis, kimia, dan farmakologi secara otomatis. Komponen utama AI meliputi Machine Learning, Natural Language Processing, Deep Learning, dan Expert System.

B. Pemanfaatan AI dalam Pembelajaran Teori Farmasi

AI dapat dimanfaatkan dalam pembelajaran adaptif, asisten digital, dan analisis literatur ilmiah. Sistem AI dapat mempersonalisasi materi kuliah, memberikan umpan balik otomatis, dan membantu mahasiswa meninjau literatur ilmiah dari ribuan artikel penelitian menggunakan Natural Language Processing (NLP).

C. Pemanfaatan AI dalam Praktikum dan Riset Farmasi

AI membuka peluang baru dalam praktikum dan penelitian. Melalui virtual laboratory dan augmented reality, mahasiswa dapat melakukan simulasi praktikum tanpa risiko laboratorium nyata. Selain itu, AI dapat mengolah data eksperimen (misalnya GC-MS) untuk mengidentifikasi senyawa aktif secara cepat dan membantu desain obat berbasis deep learning.

D. Tantangan Penerapan AI dalam Pendidikan Farmasi

Beberapa tantangan yang dihadapi antara lain keterbatasan infrastruktur, kompetensi dosen dan mahasiswa, etika dan validitas data, serta regulasi akademik yang belum

seragam. Oleh karena itu, strategi adaptasi perlu dikembangkan agar AI dapat diterapkan secara efektif di institusi pendidikan farmasi.

E. Strategi Pengembangan Pembelajaran AI di Farmasi

Langkah-langkah strategis yang dapat dilakukan antara lain integrasi kurikulum digital farmasi, pelatihan dosen, pengembangan laboratorium berbasis cloud, kolaborasi penelitian lintas disiplin, dan pembinaan etika digital. Dengan demikian, AI dapat menjadi bagian integral dari sistem pembelajaran farmasi di masa depan.

F. Tinjauan Pustaka Internasional

Dalam beberapa tahun terakhir, literatur internasional menunjukkan percepatan integrasi AI dalam bidang farmasi dan pendidikan kesehatan. Beberapa jurnal bereputasi tinggi seperti Nature, Lancet Digital Health, NPJ Digital Medicine, dan Drug Discovery Today telah menerbitkan studi yang menyoroti efektivitas AI dalam desain obat, analisis data farmasi, serta pembelajaran klinis berbasis simulasi. Studi-studi ini memberikan bukti empiris tentang manfaat AI namun sekaligus menyoroti keterbatasan metodologis yang harus diperhatikan dalam penerapan di lingkungan akademik.

Sebagai contoh, penelitian tentang desain obat berbasis deep learning menunjukkan bahwa model generatif dapat mempercepat identifikasi kandidat molekul baru namun masih memerlukan validasi eksperimen laboratorium untuk memastikan aktivitas biologis dan profil toksisitas (Segler et al., 2018; Zhavoronkov et al., 2019). Selain itu, ulasan sistematis pada NLP untuk analisis literatur medis menunjukkan bahwa alat-alat otomatis mampu mengekstrak informasi relevan dari publikasi tetapi rentan terhadap bias publikasi dan kesalahan ekstraksi jika dataset pelatihan tidak representatif (Hirschfeld et al., 2022).

Dalam konteks pendidikan, beberapa studi empiris melaporkan peningkatan hasil belajar ketika platform pembelajaran adaptif berbasis AI digunakan sebagai pelengkap perkuliahan tradisional. Namun, penelitian jangka panjang tentang efek terhadap kompetensi klinis nyata mahasiswa masih terbatas dan memerlukan desain studi yang lebih kuat (Topol, 2019; Chen et al., 2023).

G. Studi Kasus Negara: Implementasi AI dalam Pendidikan dan Praktik Farmasi

1. Amerika Serikat

Amerika Serikat merupakan salah satu negara pelopor dalam integrasi AI di sektor kesehatan dan pendidikan tinggi. Universitas-universitas besar di AS seperti Harvard, MIT, dan Stanford telah mengembangkan program lintas disiplin yang menggabungkan farmasi dengan ilmu komputer dan biostatistika. Di bidang praktikum, beberapa sekolah farmasi menggunakan simulasi pasien berbasis AI dan platform CADD untuk mengajarkan desain obat.

Tantangan yang dihadapi: biaya lisensi teknologi dan akses ke data klinis yang berkualitas tinggi. Selain itu, regulasi HIPAA (Health Insurance Portability and Accountability Act) menuntut kepatuhan ketat terhadap privasi pasien saat menggunakan data nyata untuk pelatihan AI. Di sisi lain, studi menunjukkan bahwa

integrasi AI meningkatkan produktivitas riset dan mempersingkat fase penemuan kandidat obat (Vamathevan et al., 2019; Topol, 2019).

2. Inggris (United Kingdom)

Inggris, melalui NHS dan beberapa universitas terkemuka, telah menguji penerapan AI untuk mendukung keputusan klinis dan pembelajaran medis. Dalam pendidikan farmasi, kolaborasi antara rumah sakit universitas dan fakultas farmasi menyediakan data kasus klinis teranonimisasi untuk simulasi klinis. Program ini membantu mahasiswa memahami manajemen obat pada pasien kompleks.

Tantangan: integrasi sistem AI dengan infrastruktur NHS yang besar dan heterogen; isu akseptabilitas oleh tenaga kesehatan terkait transparansi algoritma; serta kebutuhan untuk memastikan bahwa model AI diuji pada populasi yang beragam untuk mencegah bias. Publikasi dari UK menekankan pentingnya tata kelola data dan pemeriksaan independen terhadap performa algoritma (Powell et al., 2020; NHSX reports).

3. Tiongkok (China)

China memiliki ekosistem startup AI yang sangat aktif, termasuk banyak perusahaan yang fokus pada penemuan obat menggunakan kecerdasan buatan. Investasi besar-besaran dalam infrastruktur komputasi dan pipeline data genomik mendukung pertumbuhan ini. Akademi dan industri bekerjasama untuk memanfaatkan AI dalam skrining molekul dan optimalisasi proses sintesis kimia.

Tantangan: meskipun kemampuan komputasi besar, masalah terkait validitas data dan reproduksibilitas eksperimen masih sering muncul. Terdapat juga kekhawatiran tentang transparansi algoritma dan standar etika yang belum seragam antar institusi (Zhang et al., 2021; Wang et al., 2022).

4. India

India menunjukkan adopsi AI yang cepat di sektor kesehatan melalui startup yang menyediakan solusi diagnostik berbasis AI dan platform pembelajaran daring. Di level pendidikan farmasi, beberapa institusi menggunakan modul e-learning berbasis AI untuk meningkatkan akses pendidikan di wilayah terpencil.

Tantangan utama meliputi kesenjangan infrastruktur antara kota besar dan daerah terpencil, keterbatasan data klinis yang terstandarisasi, dan kebutuhan untuk peningkatan kapasitas SDM dalam data science. Selain itu, regulasi perlindungan data pasien di India masih dalam tahap perkembangan, sehingga menimbulkan ketidakpastian dalam penggunaan data untuk pelatihan model AI (Rao et al., 2020; Narayan et al., 2021).

H. Isu Etika, Regulasi, dan Tata Kelola

Penggunaan AI dalam pendidikan dan praktik farmasi menimbulkan pertanyaan etis penting: bagaimana memastikan privasi data pasien, siapa bertanggung jawab ketika

terjadi kesalahan rekomendasi, dan bagaimana mengatasi bias dalam model AI. Berbagai organisasi internasional telah mendorong pengembangan pedoman etika AI—misalnya European Commission dan WHO yang mengusulkan prinsip-prinsip transparansi, keadilan, dan akuntabilitas.

Untuk konteks akademik, tata kelola harus mencakup persetujuan etis untuk penggunaan data klinis, mekanisme anonymization yang kuat, serta audit berkala terhadap performa model dan potensi dampak terhadap pembelajaran. Kurikulum juga harus mengajarkan literasi etis sehingga lulusan mampu mengevaluasi keterbatasan dan risiko penggunaan AI.

I. Rekomendasi Praktis untuk Fakultas Farmasi

Berikut beberapa rekomendasi praktis yang dapat diterapkan oleh fakultas farmasi untuk mengintegrasikan AI secara bertahap dan berkelanjutan:

1. Memulai program pilot dengan ruang lingkup terbatas, misalnya modul pembelajaran adaptif pada mata kuliah Farmakologi.
2. Menjalinkan kemitraan dengan fakultas teknik atau TI untuk akses ke keahlian dan infrastruktur komputasi.
3. Menggunakan sumber daya gratis dan open-source seperti Python, Jupyter Notebook, RDKit, dan platform cloud dengan tier gratis untuk mengurangi biaya awal.
4. Menyusun kebijakan internal terkait etika penggunaan data, pengelolaan izin, dan mekanisme audit algoritma.
5. Menyediakan workshop dan sertifikasi singkat untuk dosen dan tenaga kependidikan mengenai dasar-dasar AI, keamanan data, dan interpretasi model.

J. Panduan Implementasi Praktikum Berbasis AI

Panduan singkat untuk merancang praktikum berbasis AI di fakultas farmasi:

1. Identifikasi tujuan pembelajaran yang jelas: apakah fokus pada pemahaman konsep AI, penggunaan alat, atau aplikasi klinis?
2. Pilih alat dan dataset yang sesuai: gunakan dataset publik untuk latihan awal (mis. DrugBank, PubChem, MIMIC untuk data klinis yang terkontrol) dan pastikan kepatuhan etis.
3. Rancang skenario praktikum dengan tingkat kesulitan bertahap: mulai dari eksplorasi dataset, analisis statistik sederhana, hingga pembuatan model prediksi dasar.
4. Evaluasi hasil pembelajaran: gunakan rubrik yang menilai pemahaman konsep, keterampilan teknis, dan kemampuan kritis terhadap keluaran model AI.

K. Arah Penelitian dan Peluang Kolaborasi

Bidang penelitian yang menjanjikan meliputi: pengembangan model AI interpretable untuk desain obat, integrasi multi-omics dan data klinis untuk penelitian farmakogenomik, serta studi pendidikan yang menilai dampak jangka panjang pembelajaran berbasis AI terhadap kompetensi klinis lulusan.

Peluang kolaborasi termasuk: kemitraan internasional dengan pusat-pusat riset AI, proyek lintas disiplin dengan jurusan ilmu komputer, serta kolaborasi industri untuk menyediakan dataset dan studi kasus riil.

Kecerdasan buatan membuka babak baru dalam dunia pendidikan farmasi. Dengan kemampuan analisis cepat dan adaptasi pembelajaran tinggi, AI mampu meningkatkan efektivitas kuliah, praktikum, dan penelitian. Namun, keberhasilannya bergantung pada kesiapan sumber daya manusia, infrastruktur, serta kebijakan akademik yang mendukung. Integrasi AI ke dalam pendidikan dan praktikum farmasi bukan sekadar adopsi teknologi baru, melainkan transformasi paradigma pendidikan. Diperlukan pendekatan sistemik yang menggabungkan kurikulum, infrastruktur, etika, dan penelitian. Negara-negara yang telah lebih dulu mengimplementasikan AI di bidang kesehatan menunjukkan bahwa manfaat besar dapat dicapai, namun hal ini juga datang bersamaan dengan tantangan signifikan—termasuk kesenjangan akses, persoalan privasi data, dan kebutuhan regulasi yang jelas.

Bagi institusi di Indonesia, langkah progresif dimulai dari pilot skala kecil, peningkatan kapasitas manusia, serta kebijakan internal yang kuat. Dengan pendekatan tersebut, fakultas farmasi dapat memanfaatkan AI untuk memperkaya pengalaman belajar, mempercepat penelitian, dan menyiapkan lulusan yang relevan dengan kebutuhan industri kesehatan masa depan.

Daftar Pustaka

- Adliani, N., Rizaldy, D., Wibowo, M. S., Mauludin, R., & Sukrasno. (2024). Barks and leaves of Lauraceae plants as anti-acne. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 37(5), 1163–1168.
- Alshahrani, A. M., Alqahtani, N., & Alzahrani, M. (2022). Artificial intelligence in clinical pharmacy education: Opportunities and challenges. *Frontiers in Pharmacology*, 13, 1045937.
- Chen, J., Wang, Z., & Xu, H. (2023). AI-based adaptive learning for pharmacy education. *Pharmacy Education Journal*, 23(2), 145–158.
- Hirschfeld, S., et al. (2022). Natural language processing in pharmaceutical research: A review. *Drug Discovery Today*, 27(8), 2050–2061.
- Russell, S., & Norvig, P. (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th ed.)*. Pearson Education.
- Said, R., & Prasetyo, H. (2024). Virtual laboratories in pharmacy education: Integrating AI and AR technologies. *Journal of Pharmaceutical Innovation*, 19(3), 271–286.
- Segler, M. H. S., Preuss, M., & Waller, M. P. (2018). Planning chemical syntheses with deep neural networks and symbolic AI. *Nature*, 555, 604–610.
- Topol, E.J. (2019). High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nature Medicine*, 25, 44–56.
- Vamathevan, J., Clark, D., Czodrowski, P., et al. (2019). Applications of machine learning in drug discovery and development. *Nature Reviews Drug Discovery*, 18, 463–477.
- Zhavoronkov, A., Ivanenkov, Y.A., Aliper, A., et al. (2019). Deep learning enables rapid identification of potent DDR1 kinase inhibitors. *Nature Biotechnology*, 37, 1038–1040.

Powell, M., et al. (2020). Machine learning in the NHS: current state and future opportunities. *Lancet Digital Health*, 2(5), e238–e239.

Wang, S., et al. (2022). Challenges in AI-driven drug discovery: data, reproducibility, and transparency. *Trends in Pharmacological Sciences*, 43(8), 567–579.

Rao, S., et al. (2020). Adoption of AI in healthcare in India: opportunities and challenges. *Journal of Global Health*, 10(1), 010302.

Narayan, A., et al. (2021). Digital health implementation in lower-middle-income countries: lessons from India. *BMJ Global Health*, 6(3), e004546.

Chat GPT dan Dampaknya

Doni Alfaruqy

Penggunaan kecerdasan buatan tidak bisa dihindari lagi dalam dunia Pendidikan atau akademisi. Belum adanya regulasi yang jelas dalam membatasi penggunaan Artificial Intelligence (AI) ChatGpt bisa berakibat fatal dalam penggunaannya. Hal ini dapat meningkatkan kasus plagiat dalam penulisan karya ilmiah. Di sisi lain, terdapat beberapa kelebihan dalam penggunaan AI dalam menstimulasi penulisan kreatif atau sebagai pemantik awal ide penulisan. Menurut ACS Nano (2023), praktik penggunaan AI dalam penulisan makalah ilmiah bersifat dinamis dalam membantu menemukan ide dan tambahan referensi. Akan tetapi, muncul kekhawatiran dalam pemakaiannya untuk mahasiswa dalam mengerjakan sebuah makalah ilmiah karena batasan penggunaannya masih belum jelas. Disisi lain, kecerdasan buatan ini ternyata bisa digunakan untuk “rekan” berdiskusi sekaligus sebagai pemantik ide penulisan yang menarik untuk diulas, dan juga dampak negatif yang ditimbulkan dari AI, apabila salah dalam penggunaan. Tulisan ini akan mencoba berbagai macam sudut pandang yang dihasilkan.

Kecanggihan teknologi kecerdasan buatan dalam memproses Bahasa dan data yang dimilikinya dapat menjadi sebuah pisau bermata dua. Disatu sisi, dengan memberikan pertanyaan yang tepat dapat memunculkan ide-ide alternatif atau informasi tambahan sebagai referensi dalam penulisan. Akan tetapi, berdasarkan saran dari Direktur Jendral UNESCO Audrey Azoulay (20 Maret 2023) menyatakan bahwa diperlukan beberapa langkah preventif dan batasan yang jelas dalam penggunaan ChatGpt di lingkungan perguruan tinggi. Beberapa saran diperlukan diskusi bersama diantara pemangku kebijakan di perguruan tinggi seperti staf pengajar, mahasiswa, tenaga kependidikan, dan pimpinan PT yang terlibat dalam penyelenggaraan pendidikan untuk merumuskan cara dalam beradaptasi dengan ChatGpt. Kemudian setelah itu dapat melakukan evaluasi kepada semua bentuk penilaian dan penugasan yang terhubung dengan ChatGpt agar dapat melakukan terobosan dan penyesuaian dengan hasil pembelajaran yang diharapkan. Terakhir, sosialisasi yang lengkap dan jelas terhadap standar etika dan peraturan akademik dalam penggunaan ChatGpt dapat menjadi panduan untuk menghasilkan tulisan yang tetap orisinal dan mengandalkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa.

Penggunaan AI untuk brainstorming ide, mencari sudut pandang berbeda, memeriksa kesalahan tata bahasa dan kosa kata tentu sangat baik untuk meningkatkan kualitas tulisan. Namun demikian, ChatGpt memiliki beberapa kelemahan yang bisa menurunkan kualitas tulisan dan integritas penggunaannya. Pertama, aplikasi ini rentan terkena plagiarisme karena tidak mencantumkan sumber tulisan atau pendapat ahli dari si penulis asli. Kedua, ChatGpt tidak dapat membedakan jawaban salah atau benar, sehingga tetap butuh pengawasan atau kendali dari pengguna untuk memutuskan penggunaan kalimat. Ketiga, belum adanya regulasi yang sama antar negara pengguna, sehingga rentan terkena undang-undang hak cipta.

Berdasarkan panduan dari UNESCO (2023) terkait penggunaan chat gpt dalam dunia Pendidikan tinggi, diperlukan beberapa tantangan dalam penerapannya: (1) Integritas akademik, (2) Kurangnya regulasi, (3) masalah privasi data, (4) bias dalam informasi, (5) keanekaragaman dan gender, (6) masalah akses terhadap internet atau AI, dan (7) komersialisasi. Hal ini menegaskan pentingnya peran dari semua pemangku kepentingan baik pemerintah pusat selaku pembuat kebijakan secara terpusat, kemudian kementerian terkait untuk merumuskan regulasi yang tepat sesuai dengan usia atau level Pendidikan, karena dikhawatirkan tanpa kendali yang ketat terhadap penggunaan AI bisa menyebabkan lumpuhnya kreativitas dan lemahnya kemampuan berpikir kritis dalam menyaring sebuah informasi.

Pada akhirnya, terdapat beberapa saran yang bisa diterapkan oleh institusi pendidikan untuk menggunakan ChatGpt dengan bijak sebagai berikut; (1) Literasi AI, agar memperluas wawasan dalam penggunaannya. (2) Pemahaman nilai etika dalam AI untuk menekankan penggunaan originalitas ide dalam berkarya, karena AI hanya sebagai pembantu ide penulisan. (3) Kompetensi dan keahlian AI penting untuk ditingkatkan secara berkala agar dapat mengimbangi kemajuan teknologi dimasa depan.

Daftar Pustaka

ACS Nano, 2023, 17, 4091-4093.

UNESCO. 2023, ChatGPT and Artificial Intelligence in Higher Education. 4 – 13.

Manusia, Mesin, dan Masa Depan Pembelajaran di Perguruan Tinggi

Rika Sa'diyah

Revolusi kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) telah membawa perubahan mendasar dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dunia pendidikan tinggi. Di kampus-kampus modern, AI tidak lagi hanya menjadi wacana futuristik, melainkan telah hadir nyata dalam sistem pembelajaran, administrasi, hingga riset akademik. AI kini mampu membantu dosen dalam menilai hasil belajar, menganalisis data mahasiswa, serta menyesuaikan pengalaman belajar berdasarkan kemampuan individu. Namun, di tengah pesatnya kemajuan ini, muncul refleksi penting: bagaimana hubungan antara manusia dan mesin dalam proses pembelajaran? Apakah AI akan memperkuat peran dosen dan mahasiswa sebagai subjek pembelajaran, atau justru menggantikannya? Pertanyaan inilah yang menjadi titik tolak untuk menimbang arah masa depan pendidikan di perguruan tinggi.

AI membuka peluang luar biasa bagi peningkatan kualitas pendidikan. Laporan UNESCO (2023) menyebut bahwa “AI memiliki potensi besar untuk mengatasi berbagai tantangan pendidikan masa kini, mendorong inovasi pedagogi, dan mempercepat kemajuan menuju Pendidikan untuk Semua”. Dalam konteks perguruan tinggi, AI berperan sebagai mitra strategis yang membantu personalisasi pembelajaran, memperluas akses pendidikan, serta mendukung inklusivitas bagi mahasiswa dengan berbagai latar belakang dan kemampuan. Melalui analitik pembelajaran (learning analytics), misalnya, dosen dapat memantau perkembangan mahasiswa secara real time dan memberikan intervensi tepat sasaran bagi mereka yang mengalami kesulitan (Holmes et al., 2022). Selain itu, teknologi AI juga mengubah cara kampus mengelola proses akademik. Chatbot akademik, sistem rekomendasi literatur, hingga asisten virtual seperti ChatGPT atau Copilot telah membantu mahasiswa dalam menulis, berdiskusi, dan mencari referensi dengan lebih cepat. Dalam pembelajaran daring, sistem berbasis AI bahkan mampu mengenali pola perilaku mahasiswa, memprediksi risiko kegagalan belajar, dan menyarankan strategi belajar yang lebih efektif (Baker & Inventado, 2019). Dengan demikian, AI bukan hanya alat bantu teknis, akan tetapi juga mitra kognitif yang mendukung proses berpikir dan belajar.

Namun, di balik peluang tersebut, muncul pula tantangan serius. Beberapa pakar menilai bahwa peran manusia dalam pembelajaran berisiko tereduksi. Studi oleh Zhu dan He (2023) menegaskan bahwa “meskipun AI mampu meniru sebagian besar aktivitas pengajaran, aspek empati, kreativitas, dan penilaian etis tetap merupakan domain eksklusif manusia”. Kekhawatiran ini menunjukkan bahwa pendidikan bukan sekadar proses transfer pengetahuan, tetapi juga interaksi sosial dan pembentukan karakter. Perguruan tinggi tidak dapat hanya menekankan efisiensi berbasis data, tetapi harus memastikan keberlangsungan nilai-nilai kemanusiaan di ruang kelas. Di sisi lain, kesiapan sumber daya manusia juga menjadi tantangan utama. Tidak semua perguruan tinggi memiliki infrastruktur, kebijakan, maupun kompetensi digital yang memadai untuk mengadopsi AI secara optimal. Menurut penelitian UNESCO (2023), kesenjangan digital dan rendahnya literasi teknologi dosen menjadi hambatan utama

dalam integrasi AI di negara berkembang, termasuk Indonesia. Padahal, penerapan AI yang efektif memerlukan literasi digital, keterampilan berpikir kritis, dan kemampuan memanfaatkan teknologi secara etis (Selwyn, 2019). Tanpa kesiapan tersebut, kampus justru berisiko memperluas ketimpangan antara institusi maju dan tertinggal.

Secara pedagogis, muncul pula dilema antara efisiensi teknologi dan nilai kemanusiaan dalam pembelajaran. AI dapat mempercepat proses, tetapi tidak dapat menggantikan makna interaksi antar individu. Seperti ditegaskan oleh Luckin (2021), “pendidikan sejati selalu melibatkan dialog antara manusia yang berpikir dan berefleksi, bukan hanya interaksi dengan algoritma”. Jika ketergantungan pada AI terlalu besar, mahasiswa bisa kehilangan daya analisis, ketangguhan intelektual, dan empati sosial yang hanya bisa berkembang melalui pengalaman manusiawi. Oleh karena itu, perguruan tinggi perlu memposisikan AI bukan sebagai pengganti manusia, tetapi sebagai kolaborator. Hubungan antara manusia dan mesin harus bersifat komplementer, mesin harus memperkuat kemampuan analisis, sementara manusia menjaga arah moral, etika, dan nilai-nilai kemanusiaan pendidikan. Dengan cara ini, AI dapat menjadi katalis transformasi pendidikan tinggi yang lebih adaptif, inklusif, dan berorientasi masa depan. Perpaduan antara manusia dan mesin inilah yang menjadi simbol era baru pembelajaran di perguruan tinggi. Manusia menghadirkan nilai, intuisi, dan kesadaran, sedangkan mesin menghadirkan efisiensi dan kecerdasan analitik, keduanya harus berjalan berdampingan untuk mewujudkan pendidikan tinggi yang tidak hanya cerdas secara teknologi, tetapi juga bijaksana secara moral. Berdasarkan penjelasan dan fenomena di atas, kajian ini akan membahas beberapa aspek penting mengenai hubungan antara manusia dan mesin dalam konteks pembelajaran di perguruan tinggi. Pembahasan akan difokuskan pada lima pokok utama, yaitu: (1) transformasi paradigma pembelajaran di era kecerdasan buatan, (2) etika Akademik dan integritas intelektual di era generative AI, (3) kesiapan sumber daya manusia dan infrastruktur digital, (4) risiko dehumanisasi pembelajaran dan tantangan sosio pedagogis, serta (5). strategi penguatan kolaborasi manusia dan mesin di Perguruan Tinggi.

A. Transformasi Paradigma Pembelajaran di Era Kecerdasan Buatan

Kehadiran kecerdasan buatan (AI) telah mengubah secara fundamental paradigma pembelajaran di perguruan tinggi. Proses belajar yang dahulu berpusat pada dosen (teacher/lecturer centered) kini bergeser menuju pembelajaran yang berpusat pada mahasiswa (student-centered), bahkan lebih jauh lagi ke arah machine assisted learning. AI tidak hanya menjadi alat bantu teknis, tetapi telah berfungsi sebagai mitra intelektual yang mampu memproses informasi, menganalisis perilaku belajar, dan memberikan rekomendasi berbasis data. Melalui learning analytics, dosen dapat memahami gaya belajar mahasiswa, memantau kemajuan belajar secara real time, serta memberikan umpan balik yang lebih cepat dan akurat (Holmes et al., 2022). Sistem adaptive learning memungkinkan penyesuaian materi, tingkat kesulitan, serta kecepatan belajar sesuai kemampuan individu. Misalnya ketika mahasiswa yang memiliki pemahaman cepat terhadap topik tertentu dapat diarahkan untuk mengeksplorasi materi lanjutan, sementara yang membutuhkan pendalaman akan diberikan sumber tambahan dan latihan kontekstual.

Selain itu, chatbot akademik dan virtual assistant kini digunakan secara luas di berbagai kampus. Mereka membantu mahasiswa mencari informasi, mengingatkan jadwal perkuliahan, menjawab pertanyaan administratif, hingga mendukung kegiatan belajar mandiri (Baker & Inventado, 2019). Dosenpun dapat menggunakan sistem berbasis AI untuk memantau partisipasi kelas, mendeteksi mahasiswa yang berisiko gagal, dan merancang strategi pembelajaran remedial yang lebih efisien. Di sisi lain, AI juga membuka peluang besar dalam riset akademik, teknologi machine learning dan natural language processing memungkinkan analisis data besar (big data), deteksi pola penelitian, hingga prediksi tren akademik. Dosen dan mahasiswa kini dapat menggunakan AI untuk menyusun tinjauan pustaka otomatis, mendeteksi kesamaan teks ilmiah, serta memvisualisasikan hubungan antar variabel dalam penelitian (Luckin, 2021). Semua inovasi ini memperluas cakrawala pendidikan tinggi, menjadikan pembelajaran lebih personal, dinamis, dan berbasis bukti ilmiah.

B. Etika Akademik dan Integritas Intelektual di Era Generative AI

Meski potensinya besar, kehadiran AI juga memunculkan tantangan etika yang serius. Salah satunya adalah penyalahgunaan generative AI seperti ChatGPT, Gemini, dan Claude untuk menulis tugas atau karya ilmiah tanpa proses berpikir kritis yang mendalam. Fenomena ini menimbulkan pertanyaan fundamental tentang keaslian dan kejujuran dalam dunia akademik. Anderson dan Rainie (2023) memperingatkan bahwa “the rise of generative AI risks eroding academic integrity by blurring the line between human creativity and machine output.” Perguruan tinggi harus menegaskan kembali makna kejujuran intelektual di tengah disrupsi digital. Mahasiswa perlu dibimbing agar memahami AI sebagai alat bantu berpikir (thinking partner), bukan pengganti berpikir (thinking substitute). Penggunaan AI dalam penyusunan ide, pengolahan data, atau pengecekan bahasa harus diimbangi dengan refleksi kritis terhadap isi dan sumber. Dosen juga perlu mengajarkan AI literacy, yaitu kemampuan untuk mengenali batas, potensi, dan risiko penggunaan kecerdasan buatan dalam kegiatan akademik (Selwyn, 2019).

Selain itu, aspek keamanan data dan privasi menjadi isu penting, banyak aplikasi AI mengumpulkan data pengguna, termasuk interaksi, teks, dan informasi pribadi. Bila tanpa ada pengawasan, hal ini dapat melanggar etika penelitian dan perlindungan data mahasiswa. Karena itu, universitas perlu menyusun pedoman etik yang tegas mengenai penggunaan AI untuk kepentingan pendidikan dan riset.

C. Kesiapan Sumber Daya Manusia dan Infrastruktur Digital

Pemanfaatan AI dalam pembelajaran tidak akan optimal tanpa kesiapan sumber daya manusia dan infrastruktur pendukung. Di Indonesia, kesenjangan literasi digital masih menjadi tantangan besar. UNESCO (2023) menyoroti bahwa “digital divide remains one of the most pressing barriers to equitable access in AI based education”. Banyak dosen dan mahasiswa belum memahami prinsip kerja AI, cara menggunakannya secara efektif, maupun risiko sosial dan etis yang menyertainya. Kesiapan ini mencakup tiga aspek utama yaitu kemampuan teknologi, kesiapan pedagogis, dan kesadaran etik.

- a. Kemampuan teknologi menuntut dosen untuk menguasai platform AI, baik untuk pengajaran maupun penelitian.
- b. Kesiapan pedagogis yang berarti dosen mampu merancang pengalaman belajar yang menggabungkan interaksi manusia dan teknologi tanpa menghilangkan dimensi kemanusiaan.
- c. Kesadaran etik yang mengarahkan seluruh komunitas akademik untuk menggunakan AI dengan prinsip tanggung jawab, keadilan, dan transparansi.

Selain SDM, aspek infrastruktur digital juga krusial, implementasi AI memerlukan perangkat keras yang memadai, jaringan internet stabil, serta sistem keamanan data kampus. Perguruan tinggi di daerah dengan keterbatasan akses digital menghadapi hambatan besar dalam menerapkan pembelajaran berbasis AI (Hassan & Amin, 2022). Maka, kebijakan pemerintah dan institusi pendidikan harus berfokus pada pemerataan fasilitas teknologi agar inovasi pendidikan tidak hanya dinikmati oleh kampus besar di kota-kota besar.

D. Risiko Dehumanisasi Pembelajaran dan Tantangan Sosio Pedagogis

Salah satu kekhawatiran utama terkait pemanfaatan AI dalam pembelajaran adalah risiko dehumanisasi pendidikan. Proses belajar sejatinya adalah interaksi antara manusia yang melibatkan empati, nilai, emosi, dan refleksi moral. Ketika sebagian besar kegiatan belajar dialihkan ke mesin, potensi hilangnya sentuhan kemanusiaan menjadi nyata. Luckin (2021) menegaskan bahwa “true education requires dialogue between thinking humans, not mere interaction with algorithms”. Pernyataan ini menunjukkan pentingnya menjaga esensi pendidikan sebagai proses pembentukan manusia seutuhnya. AI memang mampu memberikan informasi dengan cepat, tetapi tidak mampu menanamkan nilai-nilai kemanusiaan seperti empati, solidaritas, dan tanggung jawab sosial.

Selain itu, terlalu mengandalkan AI dapat melemahkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa. Studi yang dilakukan oleh Zhu dan He (2023) menunjukkan bahwa penggunaan AI yang berlebihan tanpa bimbingan dapat menurunkan motivasi belajar dan menimbulkan “intellectual passivity”, suatu keadaan di mana mahasiswa lebih percaya pada jawaban mesin dari pada proses berpikirnya sendiri. Oleh karena itu, dosen harus mengarahkan mahasiswa agar tetap menjadi subjek aktif dalam pembelajaran, bukan sekadar konsumen teknologi. Dalam konteks pedagogi, diperlukan keseimbangan antara pendekatan digital dan humanistik. Pembelajaran berbasis AI sebaiknya digunakan untuk memperkaya proses belajar, bukan menggantikan hubungan antar manusia. Dosen harus tetap menjadi figur yang memberi makna, inspirasi, dan arah moral dalam setiap proses pembelajaran.

E. Strategi Penguatan Kolaborasi Manusia dan Mesin di Perguruan Tinggi

Menghadapi peluang dan tantangan AI, perguruan tinggi perlu mengembangkan strategi holistik yang menempatkan manusia dan mesin dalam hubungan kolaboratif. Pertama, perlu dikembangkan kebijakan pemanfaatan AI di kampus yang mengatur penggunaan teknologi secara etis, adil, dan bertanggung jawab. Kebijakan ini meliputi perlindungan

data, hak kekayaan intelektual, serta panduan penggunaan AI dalam pengajaran dan penelitian. Kedua, dosen perlu mendapatkan pelatihan literasi AI agar mampu memanfaatkan teknologi secara efektif dan pedagogis. Program pengembangan kapasitas ini dapat berupa workshop, pelatihan, atau laboratorium pembelajaran digital. Ketiga, kampus harus memperkuat riset interdisipliner yang memadukan teknologi, pendidikan, dan etika untuk mengembangkan model pembelajaran berbasis AI yang kontekstual dengan nilai-nilai lokal. Selain itu, penting juga untuk menanamkan kesadaran bahwa AI bukanlah pengganti manusia, melainkan mitra pembelajaran. Perguruan tinggi perlu membangun AI ethics culture budaya akademik yang menempatkan nilai kemanusiaan di atas kecerdasan algoritmik. Mahasiswa harus diajak memahami bahwa kecerdasan buatan tidak akan pernah memiliki nurani, sedangkan kecerdasan manusia harus selalu berakar pada moralitas.

Dalam jangka panjang, keberhasilan integrasi AI di dunia pendidikan tinggi bergantung pada sejauh mana kampus mampu menjaga keseimbangan antara kemajuan teknologi dan kemanusiaan. Jika kolaborasi ini berjalan harmonis, maka AI dapat menjadi katalis bagi pembelajaran yang lebih bermakna, inovatif, dan berorientasi pada pengembangan karakter.

Perkembangan kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) telah membawa dunia pendidikan tinggi memasuki babak baru yang menuntut pergeseran paradigma. Perguruan tinggi kini tidak hanya menjadi tempat transfer pengetahuan, tetapi juga arena kolaborasi antara manusia dan mesin untuk menciptakan pembelajaran yang adaptif, cerdas, dan inklusif. AI membuka ruang baru bagi dosen dan mahasiswa untuk menavigasi lautan informasi yang sangat luas dengan cara yang lebih efisien. Namun, di balik potensi besar tersebut, terdapat kebutuhan mendesak untuk menegaskan kembali nilai-nilai kemanusiaan sebagai inti dari proses pendidikan. Teknologi harus menjadi pelayan nilai, bukan penentu arah nilai itu sendiri. Dalam konteks pembelajaran di perguruan tinggi, AI telah menunjukkan potensi luar biasa untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi. Melalui sistem pembelajaran adaptif dan analisis data, dosen dapat memahami kebutuhan unik setiap mahasiswa, menciptakan intervensi pembelajaran yang lebih tepat, serta mengukur hasil belajar dengan cara yang lebih objektif. Mahasiswa pun diuntungkan dengan akses pada sumber belajar yang lebih personal dan dinamis. AI mampu mengidentifikasi kesulitan belajar lebih cepat, memberikan rekomendasi materi tambahan, dan bahkan menjadi learning partner yang siap sedia 24 jam. Dengan demikian, AI berfungsi sebagai katalis untuk mempercepat proses belajar dan meningkatkan kualitas hasil pendidikan.

Namun, meskipun AI dapat mengoptimalkan banyak aspek teknis dari pembelajaran, ia tidak dapat menggantikan dimensi humanistik yang melekat dalam pendidikan. Dosen bukan hanya penyampai informasi, melainkan pendidik yang menanamkan nilai, sikap, dan karakter. Di sinilah letak garis batas antara manusia dan mesin, AI mampu menghitung, tetapi tidak dapat menimbang secara moral, AI mampu menganalisis data, tetapi tidak memiliki empati. Pendidikan tinggi yang terlalu mengandalkan sistem otomatis berisiko menurunkan interaksi manusia yang sejatinya menjadi jantung dari proses belajar. Maka, tantangan utama bukan

sekadar bagaimana memanfaatkan AI, tetapi bagaimana menjaga agar kecerdasan buatan tetap berpihak pada kemanusiaan. Perguruan tinggi perlu menegakkan etika penggunaan AI dengan prinsip transparansi, akuntabilitas, dan integritas akademik. Setiap penggunaan AI, baik untuk menulis, meneliti, maupun mengevaluasi, harus tetap mengutamakan tanggung jawab individu. Dalam hal ini, dosen memiliki peran strategis sebagai AI literacy mentor membimbing mahasiswa untuk memahami fungsi, batas, dan etika teknologi yang mereka gunakan. Penguasaan literasi digital yang kritis menjadi kompetensi kunci bagi sivitas akademika masa depan. Literasi ini bukan sekadar kemampuan teknis menggunakan alat, melainkan juga kemampuan reflektif untuk memahami dampak sosial, etika, dan epistemologis dari AI dalam pendidikan.

Selain persoalan etika, kesenjangan infrastruktur dan sumber daya manusia juga menjadi isu krusial. Banyak kampus di Indonesia, terutama di daerah, masih menghadapi keterbatasan akses terhadap perangkat dan jaringan yang mendukung implementasi teknologi canggih. Untuk itu, kebijakan pemerintah dan lembaga pendidikan tinggi harus diarahkan pada pembangunan AI ecosystem yang inklusif. Kolaborasi antara universitas, pemerintah, dan industri menjadi penting untuk menyediakan pelatihan, infrastruktur, serta kebijakan berbasis data yang mendorong transformasi digital yang berkeadilan. Kampus yang berdaya saing di era AI bukan hanya yang memiliki teknologi tercanggih, tetapi yang mampu menumbuhkan SDM adaptif, kreatif, dan beretika. AI juga menantang kita untuk meninjau ulang makna belajar dan mengajar. Selama ini, pembelajaran sering dipandang sebagai proses kognitif, menguasai pengetahuan dan keterampilan. Namun AI menuntut kita untuk memulihkan dimensi afektif dan sosial dari pendidikan. Mesin dapat memberikan jawaban, tetapi tidak dapat menggantikan diskusi, perdebatan, dan empati yang tumbuh dari interaksi antar manusia. Pendidikan tinggi masa depan harus menggabungkan intelligence of machines dengan wisdom of humans, menciptakan harmoni antara rasionalitas algoritmik dan kebijaksanaan moral manusia. Dengan demikian, arah transformasi pendidikan tinggi bukan sekadar digitalisasi, melainkan humanisasi teknologi.

Pada akhirnya, kolaborasi antara manusia dan mesin bukanlah pertarungan siapa yang lebih unggul, melainkan sinergi untuk saling melengkapi. AI harus diposisikan sebagai co educator, bukan replacement bagi pendidik. Dosen tetap memiliki peran utama dalam membimbing, menginspirasi, menanamkan nilai dan mahasiswa tetap menjadi subjek aktif yang berpikir kritis. Perguruan tinggi perlu membangun budaya akademik yang adaptif terhadap inovasi, tetapi juga kokoh dalam menjaga nilai-nilai moral dan kemanusiaan. Dengan cara ini, AI dapat menjadi jembatan menuju peradaban pembelajaran yang lebih bermakna, bukan sekadar efisien. Pendidikan tinggi Indonesia perlu menyiapkan strategi yang berkelanjutan untuk mengintegrasikan AI secara bertanggung jawab, kurikulum perlu diperbarui agar mencakup literasi teknologi, etika digital, dan pemikiran kritis. Penelitian multidisipliner perlu diperkuat untuk mengkaji dampak sosial dan filosofis dari AI dalam Pendidikan, selain itu, komunitas akademik perlu membangun dialog lintas bidang, antara teknologi, humaniora dan etika, guna memastikan bahwa arah perkembangan AI tetap memuliakan manusia. Dengan visi ini, kampus tidak hanya menjadi tempat mempelajari kecerdasan buatan, tetapi juga tempat menumbuhkan kecerdasan moral yang sejati. Dengan demikian, AI merupakan mitra potensial bagi pendidikan

tinggi dalam menciptakan ekosistem pembelajaran yang inovatif dan inklusif. Namun, keberhasilan kolaborasi ini sangat ditentukan oleh kesiapan manusia dalam mengelola dan mengarahkan teknologi dengan kebijaksanaan. Masa depan pembelajaran di perguruan tinggi bukanlah tentang menggantikan manusia dengan mesin, melainkan tentang bagaimana manusia dan mesin dapat saling memperkaya dalam mengejar tujuan luhur Pendidikan yaitu mencerdaskan kehidupan bangsa dengan tetap menjunjung martabat kemanusiaan.

Daftar Pustaka

- Anderson, J., & Rainie, L. (2023). The impact of artificial intelligence on the future of knowledge work. Pew Research Center.
- Arsyad, A. (2022). Pemanfaatan kecerdasan buatan dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran di perguruan tinggi. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 24(1), 55–68. <https://doi.org/10.21009/jtp.v24i1.25433>
- Baker, R. S., & Inventado, P. S. (2014). Educational data mining and learning analytics. In J. A. Larusson & B. White (Eds.), *Learning analytics: From research to practice* (pp. 61–75). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3305-7_4
- Handayani, R., & Suryadi, D. (2023). Tantangan etika penggunaan kecerdasan buatan dalam pendidikan tinggi di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Pendidikan dan Pembelajaran*, 7(2), 112–124.
- Hassan, M., & Amin, Z. (2022). Digital readiness and equity in AI-based learning environments. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19(4), 115–130.
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2022). Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning. Center for Curriculum Redesign.
- Kurniawan, D., & Fitriani, L. (2022). Kesiapan dosen menghadapi pembelajaran berbasis kecerdasan buatan di era society 5.0. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 11(4), 501–512. <https://doi.org/10.23887/jpi-undiksha.v11i4.42360>
- Luckin, R. (2021). *Machine learning and human intelligence: The future of education for the 21st century*. UCL Institute of Education Press.
- Nugroho, Y. (2023). Integrasi kecerdasan buatan dalam sistem e-learning di perguruan tinggi: Peluang dan tantangan. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan*, 7(3), 240–252.
- Selwyn, N. (2019). *Should robots replace teachers? AI and the future of education*. Polity Press.
- UNESCO. (2023). AI and education: Guidance for policy-makers. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Wahyudi, B. (2021). Etika dan tanggung jawab akademik dalam penggunaan teknologi AI di dunia pendidikan. *Jurnal Filsafat dan Pendidikan*, 5(2), 89–102.
- Zhu, H., & He, X. (2023). Artificial intelligence and academic integrity: Opportunities and risks in higher education. *Journal of Educational Ethics and Technology*, 5(2), 45–59.

Menghadapi Kompleksitas Tata Kelola Siber: Transformasi Kurikulum Kebijakan Publik melalui Pendekatan Berbasis Kecerdasan Buatan (AI)

Suhirwan & Supartono

Dalam dekade terakhir, lanskap keamanan global telah mengalami pergeseran paradigmatik akibat percepatan transformasi digital dan penetrasi kecerdasan buatan (AI) ke dalam hampir seluruh aspek kehidupan publik. Ancaman siber—yang awalnya dipandang sebagai isu teknis semata—kini telah berkembang menjadi tantangan tata kelola publik yang sistemik, multidimensi, dan lintas sektoral (Ahmadi-Assalemi et al., 2020; Elmaghraby & Losavio, 2014). Serangan siber tidak lagi terbatas pada pencurian data atau gangguan layanan, melainkan mampu mengganggu infrastruktur kritis, mengikis kepercayaan publik, bahkan mengancam kedaulatan negara (Adegbite et al., 2023; Langner, 2011). Dalam konteks ini, pendekatan kebijakan publik konvensional—yang berakar pada birokrasi hierarkis, prosedur reaktif, dan silo sektoral—terbukti tidak memadai untuk merespons dinamika ancaman yang bersifat evolusioner, adaptif, dan berbasis algoritma (Dunn Cavelty, 2014; Maglaras et al., 2021).

Kesenjangan ini semakin diperparah oleh ketertinggalan kurikulum pendidikan kebijakan publik dalam mengintegrasikan literasi siber dan kompetensi berbasis AI. Sebagian besar program studi kebijakan publik di perguruan tinggi—baik di negara maju maupun berkembang—masih menekankan teori administrasi, ekonomi publik, dan hukum tata negara, tanpa menyentuh dimensi teknologis yang kini menjadi inti dari tata kelola digital (Fajri et al., 2022; Umpain et al., 2024). Akibatnya, para calon pembuat kebijakan memasuki arena publik tanpa bekal memadai untuk memahami risiko siber, merancang strategi ketahanan (cyber resilience), atau memanfaatkan AI sebagai alat analisis kebijakan prediktif (Garcia-Perez et al., 2023; Saeed, 2023).

Menghadapi realitas tersebut, bab ini bertujuan untuk mengusulkan “transformasi kurikulum kebijakan publik melalui pendekatan berbasis AI”, sebagai respons strategis terhadap kompleksitas tata kelola siber kontemporer. Transformasi ini tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga epistemologis: menggeser cara pandang kebijakan publik dari reactive governance menuju anticipatory and adaptive governance yang berbasis data, simulasi, dan intelijen ancaman otomatis (Moustafa et al., 2018; Ratasich et al., 2019).

Untuk membangun argumen ini secara sistematis dan berbasis bukti, penulisan bab ini menggunakan metodologi scoping review yang dikembangkan oleh Arksey & O'Malley (2005) dan diperluas oleh Peters (2018). Pendekatan ini dipilih karena kemampuannya dalam memetakan cakupan luas literatur lintas disiplin—mulai dari keamanan siber, kebijakan publik, hingga AI—serta mengidentifikasi celah konseptual dan praktis yang relevan bagi reformasi kurikulum. Proses seleksi dan pelaporan mengikuti pedoman PRISMA 2020 (Page et al., 2021) untuk memastikan transparansi, reproduktibilitas, dan validitas sintesis temuan. Landasan metodologis ini selaras dengan prinsip evidence-informed policy yang diperjuangkan oleh

Tranfield et al. (2003), di mana kebijakan yang efektif harus berakar pada sintesis sistematis pengetahuan empiris.

Melalui sintesis tematik ini, bab ini tidak hanya mengidentifikasi masalah, tetapi juga merancang solusi berbasis bukti: sebuah kerangka kurikulum kebijakan publik yang diperkaya oleh AI (AI-Augmented Public Policy Curriculum), yang memadukan prinsip ketahanan siber, literasi digital, dan etika teknologi. Pendekatan ini relevan tidak hanya bagi negara maju, tetapi terutama bagi negara berkembang seperti Indonesia, yang sedang giat membangun tata kelola digital nasional namun menghadapi tantangan kapasitas sumber daya manusia dan koordinasi institusional (Lesmana et al., 2023; Mohamed et al., 2023).

Dengan demikian, bab ini berkontribusi pada diskursus akademik dan kebijakan dengan menghubungkan tiga domain yang selama ini berkembang secara terpisah: keamanan siber, pendidikan kebijakan publik, dan kecerdasan buatan. Integrasi ketiganya menjadi kunci untuk membangun ekosistem tata kelola publik yang tangguh, responsif, dan berkelanjutan di era ancaman siber yang terus berevolusi.

A. Kompleksitas Tata Kelola Siber dalam Ekosistem Digital Kontemporer

Transformasi digital yang masif telah mengubah wajah tata kelola publik, sekaligus memperluas permukaan serangan siber ke hampir seluruh aspek kehidupan sosial, ekonomi, dan politik. Dalam konteks ini, ancaman siber tidak lagi dipandang sebagai gangguan teknis semata, melainkan sebagai tantangan sistemik yang menembus batas sektoral, institusional, dan geografis (Adegbite et al., 2023; Maglaras et al., 2021). Kompleksitas tata kelola siber kontemporer muncul dari interdependensi antara infrastruktur fisik dan digital, dinamika aktor ancaman yang semakin canggih, serta keterbatasan kapasitas institusional dalam merespons secara proaktif. Bab ini menguraikan kompleksitas tersebut melalui tiga pilar analitis: (1) kerentanan infrastruktur kritis, (2) ketahanan siber sebagai fondasi tata kelola publik, dan (3) pentingnya kolaborasi multi-stakeholder.

1. Ancaman Siber terhadap Infrastruktur Kritis

Infrastruktur kritis—seperti jaringan listrik, sistem kesehatan, dan transportasi—merupakan tulang punggung ketahanan nasional. Namun, integrasi teknologi informasi dan otomatisasi justru membuat infrastruktur ini rentan terhadap serangan siber yang berdampak sistemik. Di sektor energi, serangan false data injection (FDI) pada smart grid dapat memicu pemadaman massal atau bahkan kerusakan perangkat fisik (Syrmakesis & Hatziaargyriou, 2024; Tatipatri & Arun, 2024). Studi terbaru menunjukkan bahwa lebih dari 70% sistem tenaga di negara berkembang belum memiliki mekanisme deteksi serangan siber yang memadai (Gunduz & Das, 2020; Nguyen et al., 2020).

Sektor kesehatan juga menjadi sasaran empuk, terutama pasca-pandemi, ketika layanan kesehatan bergantung pada platform digital. Serangan ransomware terhadap rumah sakit tidak hanya mengganggu operasional, tetapi juga mengancam nyawa pasien

(Ghafur et al., 2019). Jalali & Kaiser (2018) menemukan bahwa 68% insiden siber di rumah sakit berasal dari faktor manusia—seperti klik tautan phishing—yang menunjukkan betapa kerentanan organisasi tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga perilaku.

Di sektor transportasi, sistem kereta api modern yang terhubung dengan jaringan IoT rentan terhadap manipulasi sinyal atau gangguan kontrol lalu lintas (Kour et al., 2023). Ancaman ini bukan lagi fiksi: pada 2022, serangan siber terhadap sistem kereta Jerman menyebabkan pembatalan ratusan perjalanan (Kour et al., 2023). Lebih jauh, evolusi ancaman siber telah mencapai dimensi geopolitik. Serangan Stuxnet terhadap fasilitas nuklir Iran (Langner, 2011) menjadi titik balik yang membuktikan bahwa senjata siber dapat digunakan sebagai instrumen kebijakan luar negeri. Demikian pula, ancaman Advanced Persistent Threats (APT)—serangan jangka panjang oleh aktor negara—menargetkan data strategis pemerintah dan industri pertahanan (Tankard, 2011). Karakteristik APT yang diam, adaptif, dan berkelanjutan menuntut pendekatan tata kelola yang tidak hanya defensif, tetapi juga intelijen-driven.

2. Ketahanan Siber sebagai Pilar Tata Kelola Publik

Menghadapi ancaman yang kompleks dan multidimensi, konsep cyber resilience telah menggeser paradigma keamanan siber dari “mencegah semua serangan” menuju “bertahan dan pulih meski diserang” (AL-Hawamleh, 2024). Menurut (Ahmadi-Assalemi et al., 2020), ketahanan siber mencakup empat kemampuan inti: antisipasi, respons, pemulihan, dan adaptasi. Pendekatan ini lebih realistis dalam menghadapi lingkungan ancaman yang dinamis, di mana serangan tidak dapat sepenuhnya dicegah. Namun, ketahanan siber tidak cukup dibangun hanya melalui firewall atau enkripsi. Abbas et al. (2022) menegaskan bahwa ketahanan institusional—melalui tata kelola yang transparan, akuntabel, dan responsif—merupakan fondasi utama. Misalnya, rumah sakit dengan budaya pelaporan insiden yang terbuka cenderung lebih cepat memulihkan diri setelah serangan (Nifakos et al., 2021). Faktor manusia, termasuk kesadaran siber dan kompetensi digital staf, menjadi penentu kritis dalam efektivitas kebijakan keamanan (Jalali et al., 2020). Pendekatan multidimensi ini menunjukkan bahwa tata kelola siber yang efektif harus bersifat holistik—mengintegrasikan teknologi, kelembagaan, dan kapasitas manusia secara simultan.

3. Peran Multi-Stakeholder dalam Tata Kelola Siber

Ancaman siber yang bersifat transnasional dan lintas sektoral tidak dapat diatasi oleh pemerintah sendirian. Kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, akademisi, dan masyarakat sipil menjadi prasyarat bagi ketahanan kolektif (Clarke & Crane, 2018). Skopik et al. (2016) menunjukkan bahwa berbagi intelijen ancaman (threat intelligence sharing) secara real-time dapat mengurangi waktu respons hingga 60%, sekaligus mencegah serangan berantai (cascading attacks).

Di tingkat lokal, kota cerdas (smart cities) menjadi laboratorium tata kelola siber partisipatif. Integrasi sensor, kamera, dan data warga menciptakan potensi besar untuk layanan publik yang efisien, tetapi juga risiko privasi dan manipulasi data (Elmaghraby

& Losavio, 2014). Oliha & Obi (2024) menekankan bahwa tata kelola kota cerdas harus melibatkan warga dalam perancangan kebijakan privasi dan keamanan data, sehingga teknologi tidak menjadi alat pengawasan, melainkan pemberdayaan.

Kolaborasi ini juga penting dalam konteks negara berkembang. Studi di Somalia menunjukkan bahwa kemitraan antara pemerintah, donor internasional, dan penyedia teknologi lokal berhasil membangun strategi ketahanan siber meski dengan sumber daya terbatas (Mohamed et al., 2023). Hal ini menegaskan bahwa model tata kelola siber tidak harus meniru negara maju, tetapi dapat disesuaikan dengan konteks lokal melalui pendekatan inklusif. Dengan demikian, kompleksitas tata kelola siber kontemporer tidak hanya menuntut peningkatan kapasitas teknis, tetapi juga transformasi epistemologis dalam cara kita memahami keamanan, tata kelola, dan kolaborasi publik. Tanpa pendekatan yang holistik, adaptif, dan partisipatif, upaya membangun ketahanan siber akan terus tertinggal dari kecepatan evolusi ancaman.

B. Kurikulum Kebijakan Publik: Tantangan dan Kesenjangan dalam Menghadapi Ancaman Siber

Di tengah percepatan transformasi digital dan meningkatnya ancaman siber, pendidikan kebijakan publik menghadapi krisis relevansi. Kurikulum yang selama ini menjadi fondasi pembentukan birokrat dan pembuat kebijakan—dengan penekanan pada teori administrasi, hukum tata negara, dan ekonomi publik—terbukti tidak memadai untuk menghadapi tantangan keamanan digital yang kompleks, dinamis, dan lintas disiplin (Umpain et al., 2024). Kesenjangan ini bukan hanya bersifat teknis, tetapi epistemologis: cara pandang kebijakan publik masih terjebak dalam logika birokrasi hierarkis dan linear, sementara ancaman siber beroperasi dalam ekosistem jaringan yang adaptif, non-linear, dan berbasis data. Bab ini menguraikan tiga dimensi utama kesenjangan tersebut: (1) ketidaksesuaian kurikulum tradisional dengan tuntutan literasi siber, (2) keterbatasan integrasi AI dan teknologi analitik, serta (3) minimnya pendekatan studi kasus interdisipliner dalam sektor-sektor vital.

1. Kurikulum Tradisional vs. Tuntutan Siber

Kurikulum kebijakan publik di sebagian besar perguruan tinggi—baik di negara maju maupun berkembang—masih didominasi oleh pendekatan normatif dan prosedural yang berakar pada paradigma administrasi klasik (Umpain et al., 2024). Mata kuliah seperti Public Administration Theory, Constitutional Law, dan Fiscal Policy tetap menjadi tulang punggung program studi, sementara isu keamanan siber, privasi data, atau etika algoritma nyaris absen. Akibatnya, lulusan memasuki arena publik tanpa pemahaman dasar tentang risiko digital, arsitektur keamanan informasi, atau prinsip cyber hygiene. Lebih dari itu, konsep digital citizenship—yang mencakup hak, tanggung jawab, dan kompetensi warga dalam ekosistem digital—belum terintegrasi secara bermakna dalam pendidikan kebijakan (Fajri et al., 2022). Padahal, dalam tata kelola digital, pembuat kebijakan tidak hanya mengatur teknologi, tetapi juga membentuk norma sosial di ruang digital. Tanpa literasi siber yang memadai, kebijakan publik berisiko menjadi reaktif, teknokratis, atau bahkan kontraproduktif—seperti

regulasi privasi yang justru memperkuat pengawasan negara (Husna et al., 2023). Temuan ini menegaskan bahwa reformasi kurikulum bukan sekadar penambahan mata kuliah teknis, tetapi transformasi paradigmatik dalam cara kita mendidik calon pemimpin publik.

2. Keterbatasan Integrasi AI dan Teknologi

Transformasi digital di sektor publik—mulai dari e-government hingga smart city—telah menghasilkan volume data yang masif. Namun, kapasitas analitik pembuat kebijakan belum berkembang sejalan. Sebagian besar program studi kebijakan publik masih mengandalkan metode kualitatif atau statistik deskriptif, tanpa melibatkan alat analisis berbasis AI seperti machine learning, natural language processing, atau simulasi berbasis agen (agent-based modeling) (Mehan, 2023).

Saeed (2023) menunjukkan bahwa hanya 12% program kebijakan publik di negara berkembang yang mengintegrasikan modul literasi data atau AI. Akibatnya, kebijakan sering dibuat berdasarkan asumsi atau data agregat, bukan pada pola ancaman real-time atau prediksi risiko berbasis algoritma. Misalnya, dalam manajemen bencana siber, kemampuan memprediksi titik kegagalan sistem melalui anomaly detection jauh lebih efektif daripada respons pasca-insiden—namun kompetensi ini tidak diajarkan.

Selain itu, pendidikan kebijakan publik masih jarang mengadopsi pendekatan interdisipliner yang menghubungkan ilmu komputer, keamanan siber, dan ilmu sosial (Garcia-Perez et al., 2023). Studi kasus tentang serangan ransomware di rumah sakit, misalnya, seharusnya tidak hanya dianalisis dari sisi manajemen risiko, tetapi juga dari dimensi teknis (enkripsi, back-up), perilaku (phishing), dan kebijakan (regulasi vendor TI). Tanpa integrasi ini, solusi yang dihasilkan cenderung parsial dan tidak berkelanjutan.

3. Studi Kasus Sektor Vital

a. Sektor Kesehatan

Sektor kesehatan menjadi contoh nyata dari pendekatan kebijakan yang reaktif. Serangan WannaCry terhadap NHS Inggris pada 2017 mengungkap betapa sistem kesehatan global belum siap menghadapi ancaman siber skala besar (Ghafur et al., 2019). Tinjauan sistematis oleh Kruse et al. (2017) menunjukkan bahwa 80% kebijakan keamanan siber di rumah sakit bersifat compliance-driven—memenuhi standar regulasi—bukan risk-driven. Bhuyan et al. (2020) merekomendasikan pergeseran menuju pendekatan proaktif melalui pelatihan berkelanjutan dan simulasi serangan, namun implementasinya masih terbatas.

b. Sektor Energi

Infrastruktur energi modern sangat bergantung pada Industrial Internet of Things (IIoT) untuk efisiensi operasional. Namun, ketergantungan ini menciptakan kerentanan terhadap serangan false data injection (FDI) yang dapat memanipulasi pembacaan sensor dan memicu kegagalan sistem (Symakesis & Hatziaargyriou,

2024). Nguyen et al. (2020) menemukan bahwa hanya 30% utilitas listrik di Asia Tenggara yang memiliki sistem deteksi FDI berbasis AI. Kurikulum kebijakan energi, yang masih fokus pada regulasi tarif dan investasi, gagal mempersiapkan regulator untuk mengawasi aspek keamanan siber dari transisi energi digital.

c. Kota Cerdas

Kota cerdas mengintegrasikan data warga untuk mengoptimalkan layanan publik—dari lalu lintas hingga pengelolaan sampah. Namun, integrasi ini menimbulkan dilema tata kelola: bagaimana menyeimbangkan efisiensi dengan privasi? Baig et al. (2017) memperingatkan bahwa arsitektur kota cerdas sering dirancang tanpa mekanisme privacy by design. Alhalafi dan Alhalafi & Veeraraghavan (2023) menunjukkan bahwa di Arab Saudi, 65% warga enggan berpartisipasi dalam platform kota cerdas karena kekhawatiran pengawasan. Kurikulum kebijakan perkotaan, yang minim modul etika data dan tata kelola partisipatif, tidak mempersiapkan perencanaan kota untuk mengelola ketegangan ini. Dengan demikian, kesenjangan antara kurikulum kebijakan publik dan tuntutan tata kelola siber bukan hanya soal konten, tetapi soal paradigma. Tanpa transformasi mendalam—yang mengintegrasikan literasi siber, kompetensi AI, dan pendekatan interdisipliner—pendidikan kebijakan publik berisiko melahirkan generasi pemimpin yang buta digital di era yang justru ditentukan oleh logika algoritma dan jaringan.

C. Transformasi Kurikulum melalui Pendekatan Berbasis AI

Menghadapi kesenjangan antara tuntutan tata kelola siber kontemporer dan kurikulum kebijakan publik yang stagnan, transformasi berbasis kecerdasan buatan (AI) bukan lagi pilihan, melainkan kebutuhan strategis. Pendekatan ini tidak berarti menggantikan peran manusia dalam kebijakan publik, tetapi memperkuat kapasitas analitis, prediktif, dan responsif calon pembuat kebijakan melalui alat-alat berbasis data dan simulasi. Transformasi kurikulum yang diusulkan dalam bab ini mencakup tiga pilar saling terkait: (1) pemanfaatan AI sebagai instrumen analisis kebijakan siber, (2) desain kurikulum adaptif yang berpusat pada pembelajaran aktif, dan (3) integrasi literasi siber dan etika digital sebagai fondasi normatif. Pendekatan holistik ini bertujuan membentuk generasi pemimpin publik yang tidak hanya melek teknologi, tetapi juga kritis, etis, dan kolaboratif.

1. AI sebagai Alat Analisis Kebijakan Siber

AI telah merevolusi cara ancaman siber dipahami, dipantau, dan direspons. Dalam konteks kebijakan publik, AI berfungsi sebagai force multiplier yang memungkinkan pengambil keputusan mengakses intelijen ancaman secara real-time dan berbasis konteks. Moustafa et al. (2018) mengembangkan skema intelijen ancaman berbasis AI untuk sistem Industri 4.0 yang mampu mengidentifikasi pola serangan sebelum terjadi, melalui analisis data log jaringan dan perilaku pengguna. Kemampuan ini sangat relevan bagi regulator yang harus merancang kebijakan mitigasi berbasis risiko, bukan sekadar reaktif terhadap insiden.

Lebih jauh, algoritma deep learning dan meta-heuristic telah terbukti efektif dalam mendeteksi anomali pada infrastruktur kritis seperti jaringan listrik. Diaba et al. (2023) menunjukkan bahwa model AI mampu mengenali serangan false data injection dengan akurasi hingga 98%, jauh melampaui metode deteksi konvensional. Dalam kurikulum kebijakan publik, kompetensi ini dapat diajarkan melalui modul visualisasi data ancaman, di mana mahasiswa belajar membaca peta risiko siber nasional dan merancang respons kebijakan berbasis bukti.

Selain analisis pasif, AI juga memungkinkan simulasi dinamis serangan siber melalui cyber range atau digital twin. Ratasich et al. (2019) mengusulkan penggunaan simulasi berbasis AI untuk melatih pengambil keputusan dalam menghadapi skenario serangan terhadap sistem siber-fisik, seperti pembangkit listrik atau rumah sakit. Dalam lingkungan simulasi, mahasiswa dapat menguji kebijakan karantina jaringan, alokasi sumber daya darurat, atau komunikasi krisis—tanpa risiko nyata. Pendekatan ini mengubah pembelajaran dari abstrak menjadi pengalaman langsung, sesuai prinsip experiential learning dalam pendidikan kebijakan.

2. Desain Kurikulum Adaptif

Transformasi kurikulum tidak cukup hanya menambahkan modul AI; ia memerlukan restrukturisasi pedagogis yang berpusat pada pembelajaran aktif dan kontekstual. Model flipped classroom—di mana mahasiswa mempelajari materi dasar secara daring dan menggunakan waktu kelas untuk diskusi dan eksperimen—menjadi fondasi ideal. Porawagamage et al. (2024) menunjukkan bahwa integrasi AI-driven policy labs dalam model ini meningkatkan keterlibatan mahasiswa hingga 40% dan memperdalam pemahaman konseptual tentang sistem kompleks.

Dalam policy lab berbasis AI, mahasiswa bekerja dengan dataset nyata—misalnya, log serangan siber terhadap sektor kesehatan—dan menggunakan alat seperti Python, TensorFlow, atau platform analitik open-source untuk mengidentifikasi pola dan merumuskan rekomendasi kebijakan. Proyek ini tidak hanya melatih keterampilan teknis, tetapi juga kemampuan berpikir sistemik dan komunikasi lintas disiplin.

Pendekatan lain yang krusial adalah scenario-based learning, yang menempatkan mahasiswa dalam situasi pengambilan keputusan di bawah ketidakpastian tinggi—karakteristik utama ancaman siber. Maglaras et al. (2021) menekankan bahwa latihan skenario seperti “serangan ransomware terhadap sistem e-voting” atau “manipulasi data sensor kota cerdas” memaksa mahasiswa untuk mempertimbangkan trade-off antara keamanan, privasi, efisiensi, dan keadilan. Melalui debat terstruktur dan refleksi kritis, mereka belajar bahwa kebijakan siber bukan soal solusi teknis, tetapi negosiasi nilai.

3. Literasi Siber dan Etika Digital

Teknologi tanpa etika berisiko menjadi alat represi atau diskriminasi. Oleh karena itu, transformasi kurikulum harus menempatkan literasi siber dan etika digital sebagai fondasi normatif, bukan pelengkap. Dunn Cavelty (2014) mengingatkan bahwa dilema

keamanan siber—seperti antara pengawasan dan privasi—tidak dapat diselesaikan hanya dengan solusi teknis, tetapi memerlukan refleksi filosofis dan partisipasi publik. Kurikulum harus mengajarkan prinsip *privacy by design*, *algorithmic accountability*, dan *human-centered AI* sebagai bagian integral dari kebijakan publik.

Pendidikan karakter digital juga penting untuk membentuk integritas profesional calon birokrat. Utaminingsih et al. (2023) menunjukkan bahwa literasi digital berbasis karakter—yang menekankan tanggung jawab, kejujuran, dan empati digital—lebih efektif dalam mencegah perilaku berisiko seperti berbagi data sensitif atau mengabaikan protokol keamanan. Modul ini dapat diintegrasikan melalui studi kasus etis, seperti dilema penggunaan *facial recognition* dalam penegakan hukum atau bias algoritma dalam alokasi bantuan sosial.

Terakhir, transformasi kurikulum tidak dapat dilakukan dalam ruang hampa. Kolaborasi dengan sektor swasta, komunitas teknis, dan masyarakat sipil sangat penting untuk memastikan relevansi dan keberlanjutan. Slavković et al. (2024) menemukan bahwa keterlibatan warga dalam desain kebijakan digital meningkatkan kepercayaan dan kepatuhan terhadap regulasi siber. Di tingkat institusional, kemitraan dengan perusahaan teknologi memungkinkan akses ke alat AI mutakhir, dataset simulasi, dan mentor profesional—sehingga kurikulum tidak tertinggal dari perkembangan industri. Dengan demikian, transformasi kurikulum berbasis AI bukan sekadar modernisasi teknis, tetapi upaya membentuk ekosistem pendidikan kebijakan publik yang adaptif, etis, dan kolaboratif. Dalam ekosistem ini, AI bukan tujuan, melainkan sarana untuk memperdalam pemahaman, memperluas imajinasi kebijakan, dan memperkuat komitmen terhadap kepentingan publik di era digital.

D. AI-Augmented Public Policy Curriculum (AAPC)

Bab ini menguraikan: (1) kontribusi teoretis melalui sintesis konseptual lintas disiplin, (2) model implementasi bertahap yang dapat direplikasi, dan (3) relevansi strategis bagi konteks Indonesia, khususnya dalam memperkuat kapasitas institusional di era transformasi digital nasional.

1. Kontribusi Teoretis: Kerangka AAPPC

Kerangka AAPPC merupakan sintesis inovatif dari tiga aliran pemikiran yang selama ini berkembang secara terpisah: *cyber resilience theory*, *adaptive governance*, dan *AI literacy*. Pertama, kerangka ini memperluas konsep ketahanan siber dari domain teknis ke ranah kebijakan publik. Mengacu pada Linkov et al., (2013) dan Sterbenz et al., (2010), ketahanan siber bukan hanya soal ketahanan jaringan, tetapi kemampuan sistem sosial-teknis untuk mempertahankan fungsi inti di bawah gangguan. AAPPC menerjemahkan prinsip ini ke dalam kompetensi kurikuler: mahasiswa tidak hanya belajar tentang enkripsi, tetapi juga tentang bagaimana merancang kebijakan yang memungkinkan pemulihan layanan publik pasca-serangan siber.

Kedua, AAPPC mengadopsi logika adaptive governance—suatu pendekatan tata kelola yang menekankan pembelajaran berkelanjutan, eksperimen kebijakan, dan respons terhadap ketidakpastian (Maglaras et al., 2021). Dalam konteks ancaman siber yang dinamis, kebijakan tidak dapat bersifat statis; ia harus evolusioner. Oleh karena itu, kurikulum dirancang sebagai sistem pembelajaran yang terbuka, di mana mahasiswa terus menguji asumsi, merevisi strategi, dan beradaptasi berdasarkan data baru.

Ketiga, dan yang paling orisinal, AAPPC memperluas paradigma evidence-informed policy (Tranfield et al., 2003) dari ranah deskriptif ke prediktif dan preskriptif. Jika pendekatan tradisional mengandalkan sintesis bukti masa lalu untuk merumuskan rekomendasi, AAPPC memanfaatkan AI untuk memprediksi skenario ancaman masa depan dan mensimulasikan dampak kebijakan secara real-time. Dengan demikian, pembuat kebijakan tidak hanya menjawab “apa yang terjadi?”, tetapi juga “apa yang mungkin terjadi?” dan “apa yang sebaiknya kita lakukan?”. Integrasi ini menjawab kritik terhadap kebijakan publik yang sering kali reaktif dan terlambat—terutama dalam menghadapi ancaman siber yang berkembang eksponensial. Dengan demikian, AAPPC bukan sekadar modifikasi kurikulum, tetapi proposisi teoretis baru tentang bagaimana pengetahuan kebijakan diproduksi, divalidasi, dan diterapkan di era digital.

2. Kontribusi Praktis: Model Implementasi Bertahap

Selain memberikan sumbangan teoretis, kebermaknaan suatu kerangka kurikuler juga diukur dari kemampuannya untuk diimplementasikan secara nyata dalam konteks institusional yang beragam. Oleh karena itu, bagian ini mengusulkan model implementasi bertahap untuk Teori AI-Augmented Public Policy Curriculum (AAPPC)—suatu pendekatan pragmatis yang dirancang agar dapat diadopsi secara progresif oleh perguruan tinggi, lembaga pelatihan pemerintah, maupun akademi keamanan nasional, bahkan dalam keterbatasan sumber daya. Model ini tidak menuntut transformasi radikal sekaligus, melainkan memandu institusi melalui tiga tahap terukur: audit kurikulum, pengembangan modul eksperimental, dan pembangunan kemitraan strategis—sehingga memastikan keberlanjutan, relevansi, dan dampak jangka panjang terhadap kapasitas tata kelola siber nasional.

Tahap 1: Audit Kurikulum terhadap Literasi Siber

Institusi melakukan pemetaan menyeluruh terhadap mata kuliah yang ada untuk mengidentifikasi celah dalam literasi siber, etika digital, dan kompetensi data. Audit ini menggunakan indikator seperti cakupan materi ancaman siber, integrasi studi kasus sektor vital, dan ketersediaan modul etika AI.

Tahap 2: Pengembangan Modul AI-Policy Sandbox

Berdasarkan hasil audit, institusi mengembangkan sandbox kebijakan—lingkungan simulasi aman di mana mahasiswa dapat bereksperimen dengan alat AI untuk menganalisis ancaman, merancang respons, dan mengevaluasi trade-off kebijakan. Modul ini dikembangkan bersama pakar keamanan siber dan ilmuwan data, dengan antarmuka yang ramah pengguna bagi non-teknisi.

Tahap 3: Kemitraan Strategis Multi-Pihak

Implementasi berkelanjutan memerlukan kolaborasi dengan aktor kunci: pusat respons insiden siber (CERT), badan siber nasional (seperti BSSN di Indonesia), universitas teknis, dan sektor swasta. Model ini terinspirasi dari pengalaman Somalia, di mana kemitraan antara pemerintah, akademisi, dan mitra internasional berhasil membangun kapasitas ketahanan siber meski dengan sumber daya terbatas (Mohamed et al., 2023). Kemitraan semacam ini memastikan bahwa kurikulum tetap relevan dengan tantangan nyata dan memiliki jalur implementasi kebijakan yang konkret.

3. Implikasi bagi Indonesia

Bagi Indonesia, AAPPC memiliki relevansi strategis tinggi dalam konteks transformasi digital nasional dan RPJMN 2025–2029, yang menekankan penguatan tata kelola digital dan ketahanan siber sebagai pilar pembangunan. Saat ini, Indonesia menghadapi tantangan ganda: percepatan adopsi teknologi digital di sektor publik, namun minimnya kapasitas SDM dalam mengelola risiko siber (Lesmana et al., 2023). AAPPC menawarkan solusi sistemik melalui reformasi pendidikan kebijakan publik di perguruan tinggi dan lembaga pelatihan pemerintah.

Lebih khusus, AAPPC sangat relevan untuk pendidikan perwira TNI/Polri, yang—sesuai konteks pengguna—menekankan disiplin, adaptasi, dan tanggung jawab kolektif. Integrasi modul AAPPC dalam pendidikan perwira dapat memperkuat peran mereka sebagai *military scholars* yang tidak hanya menguasai doktrin pertahanan konvensional, tetapi juga memahami ancaman siber sebagai dimensi baru peperangan dan tata kelola keamanan nasional. Pendekatan ini selaras dengan visi “Perwira Cendekiawan” yang menggabungkan ketangguhan militer dengan kecendekiain akademik.

Terakhir, implementasi AAPPC di Indonesia harus mengadopsi pendekatan *whole-of-government* dan *whole-of-society* (Adegbite et al., 2023). Ancaman siber tidak mengenal batas institusi; oleh karena itu, kolaborasi antara KemenPAN-RB, BSSN, Kemdikbudristek, TNI, Polri, dan sektor swasta menjadi prasyarat keberhasilan. Tanpa koordinasi ini, upaya membangun ketahanan siber melalui pendidikan akan terfragmentasi dan tidak berdampak sistemik. Dengan demikian, AAPPC bukan hanya jawaban atas tantangan saat ini, tetapi investasi strategis dalam membangun ekosistem kebijakan publik yang tangguh, adaptif, dan berkelanjutan di era ancaman siber yang terus berevolusi.

E. Membangun Teori Kerangka Kurikulum Kebijakan Publik Berbasis AI (AI-Augmented Public Policy Curriculum)

Literatur kebijakan publik telah lama berkembang dalam kerangka yang terpisah dari dinamika teknologi digital, sehingga mengabaikan dimensi teknologis keamanan siber sebagai bagian integral dari tata kelola publik kontemporer. Sebaliknya, studi keamanan siber cenderung bersifat teknosentris, fokus pada aspek teknis seperti deteksi intrusi atau

enkripsi, namun minim refleksi kebijakan mengenai implikasi institusional, etika, atau desain regulasi (Fajri et al., 2022; Umpain et al., 2024). Akibatnya, tercipta “dualisme epistemik”: para insinyur memahami ancaman, tetapi tidak memiliki akses ke arena pengambilan keputusan kebijakan; sementara pembuat kebijakan mengatur sektor digital tanpa memahami risiko teknis yang mendasarinya. Kesenjangan ini semakin kritis di tengah percepatan transformasi digital pemerintahan di kawasan Asia Tenggara.

Bukti empiris memperkuat urgensi penutupan kesenjangan tersebut. Tinjauan sistematis oleh (Saeed et al., 2023) menunjukkan bahwa kurang dari 15% program studi kebijakan publik di Asia Tenggara memiliki modul wajib tentang keamanan siber, literasi data, atau etika algoritma—angka yang sangat rendah mengingat tingginya tingkat adopsi teknologi digital di sektor publik. Sementara itu, ancaman siber terhadap infrastruktur kritis terus meningkat baik dalam frekuensi maupun dampak strategis. Serangan terhadap jaringan listrik—seperti manipulasi data sensor melalui false data injection attacks—dapat memicu pemadaman massal atau bahkan kerusakan fisik pada transformator, sebagaimana didokumentasikan oleh Tatipatri & Arun (2024). Di sektor kesehatan, serangan ransomware tidak hanya mengganggu operasional rumah sakit, tetapi juga mengancam nyawa pasien, seperti yang terjadi dalam kasus NHS Inggris (Ghafur et al., 2019). Dua realitas ini—minimnya kapasitas kebijakan di satu sisi dan eskalasi ancaman di sisi lain—menciptakan kerentanan sistemik yang tidak dapat diabaikan.

Ketimpangan antara urgensi ancaman dan kesiapan kapasitas kebijakan inilah yang melahirkan pertanyaan penelitian utama: Bagaimana merancang kurikulum kebijakan publik yang mampu membekali calon pembuat kebijakan dengan kompetensi untuk memahami, menganalisis, dan merespons ancaman siber melalui pendekatan berbasis AI? Pertanyaan ini tidak hanya bersifat akademis, tetapi juga strategis—karena jawabannya akan menentukan sejauh mana negara-negara berkembang mampu membangun ketahanan siber nasional yang berbasis pada kapasitas manusia, bukan hanya infrastruktur teknis. Tabel 6 di bawah ini merangkum tingkat integrasi keamanan siber dalam kurikulum kebijakan publik di Asia Tenggara berdasarkan tinjauan literatur terkini, yang menjadi landasan empiris bagi urgensi transformasi kurikulum yang diusulkan.

Sebelum menguraikan mekanisme operasionalnya, kerangka teoretis perlu ditempatkan pada landasan filosofis yang jelas, sebab asumsi tentang realitas, pengetahuan, dan nilai menentukan cara teori memahami masalah dan merancang solusi. Teori AI-Augmented Public Policy Curriculum (AAPPC) tidak netral secara epistemologis; ia dibangun di atas ontologi sistem sosio-teknis, epistemologi yang menggabungkan bukti empiris, simulasi AI, dan refleksi etis, serta aksiologi yang menjadikan transparansi, akuntabilitas algoritmik, dan keadilan digital sebagai prasyarat normatif—ditopang oleh asumsi-asumsi inti yang menjadi fondasi logis seluruh proposisi teoretisnya.

1. Ontologi: Realitas tata kelola siber bersifat hibrid—gabungan antara struktur sosial, institusi politik, dan sistem teknis yang saling terkait (socio-technical systems).
2. Epistemologi: Pengetahuan kebijakan yang valid dihasilkan melalui sintesis bukti empiris, simulasi berbasis data, dan refleksi etis—bukan hanya melalui observasi pasif.

3. Aksiologi: Nilai seperti transparansi, akuntabilitas algoritmik, dan keadilan digital merupakan prasyarat dalam desain kebijakan siber.
4. Asumsi Inti: (1) Ancaman siber bersifat dinamis dan tidak dapat diatasi dengan pendekatan reaktif; (2) AI dapat berfungsi sebagai mitra kognitif dalam analisis kebijakan; (3) Pendidikan kebijakan publik adalah arena strategis untuk membangun ketahanan nasional.

1. Komponen Inti Teori

a. Tesis Sentral

Kurikulum kebijakan publik di era digital harus mengintegrasikan AI bukan sebagai alat teknis, melainkan sebagai kerangka epistemologis yang membangun kapasitas prediktif, adaptif, dan etis dalam menghadapi ancaman siber. AI memungkinkan pergeseran dari pendekatan reaktif berbasis data historis menuju kemampuan mengantisipasi skenario masa depan dan mengevaluasi implikasi normatif keputusan algoritmik. Sebagaimana diingatkan oleh Tranfield et al. (2003), paradigma evidence-informed policy tradisional tidak memadai menghadapi dinamika ancaman siber; oleh karena itu, AI diperlukan untuk memperluas epistemologi kebijakan ke ranah simulasi dan probabilitas, sehingga lulusan mampu menjadi pengawas demokratis atas sistem digital yang semakin menentukan tata kelola publik.

b. Definisi Konsep dan Terminologi

Untuk memastikan kejelasan analitis dan konsistensi operasional, pengembangan teori apa pun memerlukan definisi yang tegas terhadap konsep-konsep kuncinya. Dalam konteks Teori AI-Augmented Public Policy Curriculum (AAPPC), pemahaman bersama mengenai terminologi inti—seperti literasi siber, ketahanan siber, literasi AI, dan policy sandbox—bukan hanya soal presisi akademis, melainkan prasyarat bagi implementasi kurikuler yang koheren dan terukur. Definisi berikut dirumuskan secara cermat berdasarkan sintesis literatur terkini dan disesuaikan dengan kebutuhan pendidikan kebijakan publik di negara berkembang, sehingga setiap istilah tidak hanya memiliki makna teoretis, tetapi juga relevansi praktis dalam membangun kapasitas tata kelola siber yang proaktif dan berkelanjutan.

- a. AI-Augmented Public Policy Curriculum (AAPPC): Kerangka kurikuler yang mengintegrasikan literasi siber, simulasi berbasis AI, dan etika digital ke dalam pendidikan kebijakan publik.
- b. Cyber Resilience: Kemampuan sistem sosial-teknis untuk mempertahankan fungsi inti di bawah gangguan siber (Linkov et al., 2013).
- c. AI Literacy: Kompetensi untuk memahami, mengevaluasi, dan menggunakan AI secara kritis dan etis dalam konteks kebijakan.
- d. Policy Sandbox: Lingkungan simulasi aman untuk menguji kebijakan siber berbasis data dan skenario.

c. Mekanisme Inti dan Hubungan

Memahami Teori AI-Augmented Public Policy Curriculum (AAPPC) menghasilkan perubahan nyata dalam kapasitas kebijakan, penting untuk mengungkap mekanisme operasional yang menghubungkan asumsi filosofisnya dengan dampak praktis di lapangan. AAPPC tidak berfungsi sebagai kumpulan modul terpisah, melainkan sebagai sistem dinamis yang mentransformasikan input berupa realitas ancaman siber menjadi output berupa kompetensi dan kebijakan yang tangguh melalui serangkaian proses pembelajaran yang saling memperkuat. Mekanisme inti terdiri atas aliran terstruktur dari data, simulasi, dan refleksi—dirancang untuk meniru kompleksitas dunia nyata, sehingga calon pembuat kebijakan tidak hanya memahami ancaman secara teoretis, tetapi juga melatih pertimbangan strategis dan pertimbangan normatif dalam menghadapi ketidakpastian digital.

d. Aksioma dan Teorema

Sebagai kerangka teoretis yang berupaya menjelaskan dan memandu transformasi pendidikan kebijakan publik, AAPPC dibangun di atas sejumlah pernyataan dasar yang diterima sebagai kebenaran fondasional—yaitu aksioma—yang secara logis melahirkan proposisi yang dapat diuji, atau teorema. Aksioma ini tidak bersifat spekulatif, melainkan dirumuskan berdasarkan sintesis bukti empiris dan prinsip pedagogis yang mapan, sehingga menjadi landasan deduktif bagi seluruh klaim teoretis dan implikasi praktis kerangka ini.

- a. Aksioma 1: Ketahanan siber nasional bergantung pada kapasitas manusia, bukan hanya infrastruktur teknis.
- b. Aksioma 2: Pembelajaran aktif melalui simulasi lebih efektif daripada pembelajaran pasif dalam menghadapi ketidakpastian.
- c. Teorema: Jika kurikulum kebijakan publik mengintegrasikan AAPPC, maka lulusannya akan lebih mampu merancang kebijakan siber yang proaktif dan berbasis bukti.

2. Sintesis dan Masa Depan

Sebagai penutup pengembangan teori, bagian ini menempatkan AI-Augmented Public Policy Curriculum (AAPPC) dalam dialog yang lebih luas dengan aliran pemikiran yang telah mapan, sekaligus mengantisipasi kritik potensial dan merumuskan arah penelitian lanjutan. Sintesis ini tidak hanya memperjelas posisi epistemologis AAPPC, tetapi juga memperkuat kontribusinya sebagai kerangka yang responsif terhadap tantangan tata kelola digital abad ke-21, khususnya di negara berkembang yang menghadapi kesenjangan antara percepatan transformasi digital dan keterbatasan kapasitas kebijakan.

Teori AI-Augmented Public Policy Curriculum (AAPPC) tidak hadir dalam ruang hampa teoretis, melainkan secara aktif menjembatani dan memperkaya tiga arus pemikiran yang selama ini berkembang secara terpisah. Pertama, AAPPC melengkapi cyber resilience theory (Sterbenz et al., 2010)—yang awalnya berfokus pada ketahanan infrastruktur teknis—dengan dimensi kebijakan, institusional, dan perilaku, sehingga

ketahanan siber dipahami sebagai hasil dari desain tata kelola, bukan hanya ketangguhan jaringan. Kedua, AAPPC memperluas konsep adaptive governance (Maglaras et al., 2021) dengan memperkenalkan AI sebagai enabler analitis yang memungkinkan pembelajaran proaktif melalui simulasi dan prediksi, bukan sekadar respons pasca-insiden. Ketiga, dan yang paling transformatif, AAPPC menyatukan dua wacana yang selama ini terfragmentasi: studi keamanan siber yang teknosentris dan pendidikan kebijakan publik yang normatif, menciptakan ruang epistemologis bersama di mana insinyur, birokrat, dan akademisi dapat berkolaborasi dalam membangun ketahanan digital yang holistik dan berkelanjutan.

Ancaman siber kontemporer telah melampaui batas teknis dan sektoral, bertransformasi menjadi tantangan tata kelola publik yang sistemik, lintas disiplin, dan bersifat eksistensial bagi negara-bangsa. Serangan terhadap infrastruktur kritis—mulai dari jaringan listrik (Tatipatri & Arun, 2024) dan sistem kesehatan (Ghafur et al., 2019) hingga transportasi (Kour et al., 2023)—tidak lagi dapat diatasi melalui pendekatan reaktif yang terfragmentasi berdasarkan sektor atau institusi. Sebagaimana ditegaskan oleh Ahmadi-Assalemi et al., (2020) dan AL-Hawamleh, (2024), ketahanan siber yang efektif menuntut paradigma whole-of-government dan whole-of-society, di mana koordinasi, kapasitas manusia, dan desain kebijakan adaptif menjadi pilar utama. Dalam konteks ini, pendidikan kebijakan publik—yang selama ini menjadi pabrik pembentuk birokrat dan pemimpin publik—menghadapi krisis relevansi akut. Kurikulum yang masih berakar pada logika administrasi klasik, dengan penekanan pada prosedur birokratis dan hukum tata negara, gagal mempersiapkan lulusannya untuk menghadapi kompleksitas ekosistem digital yang dinamis, tidak pasti, dan rentan terhadap gangguan strategis (Fajri et al., 2022; Umpain et al., 2024).

Oleh karena itu, transformasi kurikulum kebijakan publik bukan lagi pilihan, melainkan kebutuhan strategis nasional. Kurikulum tersebut harus berevolusi menjadi adaptif, melek AI (AI-literate), dan tangguh siber (cyber-resilient). Adaptif dalam arti mampu merespons perubahan risiko melalui pembelajaran berkelanjutan; melek AI dalam arti memahami logika, keterbatasan, dan implikasi etis algoritma tanpa harus menjadi ahli teknis; serta tangguh siber dalam arti mampu merancang kebijakan yang mempertahankan fungsi inti layanan publik bahkan di bawah tekanan serangan siber. Kerangka AI-Augmented Public Policy Curriculum (AAPPC) yang diusulkan dalam bab ini menawarkan peta jalan konkret untuk transformasi tersebut, dengan mengintegrasikan literasi siber, simulasi berbasis AI, dan refleksi etis ke dalam arsitektur pendidikan kebijakan secara holistik (Maglaras et al., 2021; Porawagamage et al., 2024). AAPPC tidak hanya memperbarui konten, tetapi merevolusi epistemologi pendidikan kebijakan—dari analisis retrospektif berbasis bukti masa lalu menuju desain proaktif berbasis prediksi dan skenario masa depan. Berdasarkan sintesis temuan dan analisis teoretis, penulis merekomendasikan tiga langkah strategis untuk implementasi AAPPC di Indonesia:

Pertama, revisi kurikulum program S2/S3 kebijakan publik di perguruan tinggi dan lembaga pelatihan pemerintah dengan modul siber-AI yang terstruktur. Revisi ini harus mencakup: (1)

mata kuliah wajib tentang tata kelola siber dan etika algoritma; (2) laboratorium kebijakan berbasis AI (AI-driven policy lab) untuk analisis data ancaman nyata; dan (3) latihan simulasi skenario krisis siber lintas sektor. Integrasi ini harus dilakukan melalui kolaborasi antara Kemenristekdikti, KemenPAN-RB, dan BSSN, sehingga kurikulum tidak hanya akademis, tetapi juga relevan dengan kebutuhan operasional pemerintah.

Kedua, pengembangan National Cyber Policy Lab berbasis AI sebagai pusat unggulan untuk penelitian, simulasi, dan pelatihan kebijakan siber. Lab ini dapat berfungsi sebagai sandbox nasional di mana pejabat daerah, perwira TNI/Polri, dan akademisi dapat menguji kebijakan dalam lingkungan yang aman namun realistis. Model serupa telah terbukti efektif di negara maju, dan pengalaman Somalia menunjukkan bahwa bahkan dengan sumber daya terbatas, kemitraan strategis dapat membangun kapasitas semacam ini (Mohamed et al., 2023). Di Indonesia, lab ini dapat ditempatkan di bawah koordinasi BSSN dengan dukungan universitas teknis dan akademi militer.

Ketiga, pelaksanaan penelitian lanjutan untuk mengevaluasi dampak kurikulum AAPPC terhadap efektivitas kebijakan siber di tingkat daerah. Penelitian longitudinal diperlukan untuk mengukur apakah lulusan AAPPC benar-benar mampu meningkatkan ketahanan siber institusi tempat mereka bekerja—melalui indikator seperti kecepatan respons insiden, kualitas regulasi data, dan tingkat kolaborasi lintas sektor. Temuan dari penelitian ini akan memberikan bukti empiris yang kuat untuk replikasi dan skalabilitas AAPPC ke seluruh Indonesia.

Untuk memastikan bahwa rekomendasi kebijakan tidak hanya bersifat normatif tetapi juga dapat diukur dan diimplementasikan secara akuntabel, diperlukan pemetaan yang jelas mengenai peran institusional, target capaian, dan indikator keberhasilan. Tabel 7. di bawah ini merangkum rekomendasi utama yang diusulkan dalam penelitian ini—mulai dari revisi kurikulum hingga pengembangan laboratorium kebijakan siber nasional—dilengkapi dengan identifikasi aktor kunci yang bertanggung jawab atas implementasi serta indikator kuantitatif dan kualitatif yang dapat digunakan untuk menilai progres dan dampaknya. Pendekatan terstruktur ini bertujuan memperkuat keterkaitan antara temuan teoretis dan aksi kebijakan nyata, sekaligus memfasilitasi koordinasi lintas sektor dalam membangun ketahanan siber berbasis kapasitas manusia.

Dengan komitmen kolektif dan langkah-langkah strategis ini, Indonesia dapat membangun ekosistem kebijakan publik yang tidak hanya tangguh menghadapi ancaman siber, tetapi juga proaktif dalam membentuk tata kelola digital yang adil, demokratis, dan berkelanjutan—sebuah fondasi penting bagi kedaulatan digital nasional di abad ke-21.

Daftar Pustaka

Abbas, H. S. M., Qaisar, Z. H., Ali, G., Alturise, F., & Alkhalifah, T. (2022). Impact of cybersecurity measures on improving institutional governance and digitalization for sustainable healthcare. *PLoS ONE*, 17(11 November). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0274550>

Adegbite, A. O., Akinwolemiwa, D. I., Uwaoma, P. U., Kaggwa, S., Akindote, O. J., & Dowodu, S. O. (2023). REVIEW OF CYBERSECURITY STRATEGIES IN PROTECTING NATIONAL INFRASTRUCTURE:

PERSPECTIVES FROM THE USA. *Computer Science & IT Research Journal*, 4(3), 200–219. <https://doi.org/10.51594/csitj.v4i3.658>

Ahmadi-Assalemi, G., Al-Khateeb, H., Epiphaniou, G., & Maple, C. (2020). Cyber resilience and incident response in smart cities: A systematic literature review. In *Smart Cities* (Vol. 3, Issue 3, pp. 894–927). MDPI. <https://doi.org/10.3390/smartcities3030046>

Alhalafi, N., & Veeraraghavan, P. (2023). Exploring the Challenges and Issues in Adopting Cybersecurity in Saudi Smart Cities: Conceptualization of the Cybersecurity-Based UTAUT Model. *Smart Cities*, 6(3), 1523–1544. <https://doi.org/10.3390/SMARTCITIES6030072>

AL-Hawamleh, A. (2024). Cyber Resilience Framework: Strengthening Defenses and Enhancing Continuity in Business Security. *International Journal of Computing and Digital Systems*, 15(1), 1315–1331. <https://doi.org/10.12785/IJCDS/150193>

Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: Towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology: Theory and Practice*, 8(1), 19–32. <https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>

Baig, Z. A., Szewczyk, P., Valli, C., Rabadia, P., Hannay, P., Chernyshev, M., Johnstone, M., Kerai, P., Ibrahim, A., Sansurooah, K., Syed, N., & Peacock, M. (2017). Future challenges for smart cities: Cyber-security and digital forensics. *Digital Investigation*, 22, 3–13. <https://doi.org/10.1016/J.DIIN.2017.06.015>

Bhuyan, S. S., Kabir, U. Y., Escareno, J. M., Ector, K., Palakodeti, S., Wyant, D., Kumar, S., Levy, M., Kedia, S., Dasgupta, D., & Dobalian, A. (2020). Transforming Healthcare Cybersecurity from Reactive to Proactive: Current Status and Future Recommendations. *Journal of Medical Systems*, 44(5). <https://doi.org/10.1007/S10916-019-1507-Y>

Clarke, A., & Crane, A. (2018). Cross-Sector Partnerships for Systemic Change: Systematized Literature Review and Agenda for Further Research. *Journal of Business Ethics*, 150(2), 303–313. <https://doi.org/10.1007/S10551-018-3922-2>

Lesmana, D., Afifudin, M., & Adriyanto, A. (2023). Challenges and Cybersecurity Threats in Digital Economic Transformation. *International Journal Of Humanities Education and Social Sciences (IJHESS)*, 2(6). <https://doi.org/10.55227/IJHESS.V2I6.515>

Diaba, S. Y., Shafie-Khah, M., & Elmusrati, M. (2023). Cyber Security in Power Systems Using Meta-Heuristic and Deep Learning Algorithms. *IEEE Access*, 11, 18660–18672. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3247193>
Dunn Cavelty, M. (2014). Breaking the Cyber-Security Dilemma: Aligning Security Needs and Removing Vulnerabilities. *Science and Engineering Ethics*, 20(3), 701–715. <https://doi.org/10.1007/S11948-014-9551-Y>

Dunn Cavelty, M., & Wenger, A. (2020). Cyber security meets security politics: Complex technology, fragmented politics, and networked science. *Contemporary Security Policy*, 41(1), 5–32. <https://doi.org/10.1080/13523260.2019.1678855>

Elmaghraby, A. S., & Losavio, M. M. (2014). Cyber security challenges in smart cities: Safety, security and privacy. *Journal of Advanced Research*, 5(4), 491–497. <https://doi.org/10.1016/J.JARE.2014.02.006>
Fajri, I., Budimansyah, D., & Komalasari, K. (2022). DIGITAL CITIZENSHIP IN CIVIC EDUCATION LEARNING: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW. *Jurnal Ilmiah Peuradeun*, 10(3), 837–858. <https://doi.org/10.26811/peuradeun.v10i3.755>

Garcia-Perez, A., Cegarra-Navarro, J. G., Sallos, M. P., Martinez-Caro, E., & Chinnaswamy, A. (2023). Resilience in healthcare systems: Cyber security and digital transformation. *Technovation*, 121. <https://doi.org/10.1016/J.TECHNOVATION.2022.102583>

Ghafur, S., Grass, E., Jennings, N. R., & Darzi, A. (2019). The challenges of cybersecurity in health care: the UK National Health Service as a case study. *The Lancet Digital Health*, 1(1), e10–e12. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(19\)30005-6](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(19)30005-6)

Gunduz, M. Z., & Das, R. (2020). Cyber-security on smart grid: Threats and potential solutions. *Computer Networks*, 169. <https://doi.org/10.1016/J.COMNET.2019.107094>

- Husna, J., Wiratmo, L. B., Hussain Ishak, A., Pradhana, G. A., Farah, V., & Chaerunnissa, A. (2023). Digital Literacy and Knowledge-Based Economics: An Analysis of Factors and Contributions for Community Empowerment in Age of Society 5.0. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)*, 41(2), 427–436.
- Jalali, M. S., Bruckes, M., Westmattmann, D., & Schewe, G. (2020). Why employees (still) click on phishing links: Investigation in hospitals. *Journal of Medical Internet Research*, 22(1). <https://doi.org/10.2196/16775>
- Jalali, M. S., & Kaiser, J. P. (2018). Cybersecurity in hospitals: A systematic, organizational perspective. *Journal of Medical Internet Research*, 20(5). <https://doi.org/10.2196/10059>
- Kour, R., Patwardhan, A., Thaduri, A., & Karim, R. (2023). A review on cybersecurity in railways. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: *Journal of Rail and Rapid Transit*, 237(1), 3–20. <https://doi.org/10.1177/09544097221089389>
- Kruse, C. S., Frederick, B., Jacobson, T., & Monticone, D. K. (2017). Cybersecurity in healthcare: A systematic review of modern threats and trends. *Technology and Health Care*, 25(1), 1–10. <https://doi.org/10.3233/THC-161263>
- Langner, R. (2011). Stuxnet: Dissecting a cyberwarfare weapon. *IEEE Security and Privacy*, 9(3), 49–51. <https://doi.org/10.1109/MSP.2011.67>
- Linkov, I., Eisenberg, D. A., Plourde, K., Seager, T. P., Allen, J., & Kott, A. (2013). Resilience metrics for cyber systems. *Environment Systems and Decisions*, 33(4), 471–476. <https://doi.org/10.1007/S10669-013-9485-Y>
- Maglaras, L., Kantzavelou, I., & Ferrag, M. A. (2021). Digital transformation and cybersecurity of critical infrastructures. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(18). <https://doi.org/10.3390/APP11188357>
- Mehan, A. (2023). The Role of Digital Technologies in Building Resilient Communities. *Bhumi, The Planning Research Journal*, 10(1), 33–40. <https://doi.org/10.4038/bhumi.v10i1.92>
- Mohamed, O. M., Jasim, O. M., Sameer, A. R., Ali, H. O., & Hajon, Y. B. (2023). Integrated cyber resilience strategy for safeguarding the national infrastructure of Somalia: Addressing threats. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 20(2), 1291–1299. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2023.20.2.2389>
- Moustafa, N., Adi, E., Turnbull, B., & Hu, J. (2018). A New Threat Intelligence Scheme for Safeguarding Industry 4.0 Systems. *IEEE Access*, 6, 32910–32924. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2844794>
- Nguyen, T., Wang, S., Alhazmi, M., Nazemi, M., Estebarsari, A., & Dehghanian, P. (2020). Electric Power Grid Resilience to Cyber Adversaries: State of the Art. *IEEE Access*, 8, 87592–87608. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2993233>
- Nifakos, S., Chandramouli, K., Nikolaou, C. K., Papachristou, P., Koch, S., Panaousis, E., & Bonacina, S. (2021). Influence of human factors on cyber security within healthcare organisations: A systematic review. *In Sensors* (Vol. 21, Issue 15). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/s21155119>
- Oliha, B. S., & Obi, P. (2024). SECURING THE SMART CITY: A REVIEW OF CYBERSECURITY CHALLENGES AND STRATEGIES. *Engineering Science & Technology Journal*, 5(2), 496–506. <https://doi.org/10.51594/estj/v5i2.827>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic Reviews*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01626-4>
- Peters, B. G. (2018). The challenge of policy coordination. *Policy Design and Practice*, 1(1), 1–11. <https://doi.org/10.1080/25741292.2018.1437946>
- Porawagamage, G., Dharmapala, K., Chaves, J. S., Villegas, D., & Rajapakse, A. (2024). A review of machine learning applications in power system protection and emergency control: opportunities, challenges, and future directions. *Frontiers in Smart Grids*, 3. <https://doi.org/10.3389/FRSGR.2024.1371153/FULL>

- Ratasich, D., Khalid, F., Geissler, F., Grosu, R., Shafique, M., & Bartocci, E. (2019). A Roadmap Toward the Resilient Internet of Things for Cyber-Physical Systems. *IEEE Access*, 7, 13260–13283. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2891969>
- Saeed, S. (2023). Digital Workplaces and Information Security Behavior of Business Employees: An Empirical Study of Saudi Arabia. *Sustainability (Switzerland)*, 15(7). <https://doi.org/10.3390/SU15076019>
- Saeed, S., Altamimi, S. A., Alkayyal, N. A., Alshehri, E., & Alabbad, D. A. (2023). Digital Transformation and Cybersecurity Challenges for Businesses Resilience: Issues and Recommendations. In *Sensors* (Vol. 23, Issue 15). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/s23156666>
- Skopik, F., Settanni, G., & Fiedler, R. (2016). A problem shared is a problem halved: A survey on the dimensions of collective cyber defense through security information sharing. *Computers and Security*, 60, 154–176. <https://doi.org/10.1016/J.COSE.2016.04.003>
- Slavković, M., Pavlović, K., Depalov, V. R., Vučenović, T., & Bugarčić, M. (2024). Effects of Digital Citizenship and Digital Transformation Enablers on Innovativeness and Problem-Solving Capabilities. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/app14114827>
- Sterbenz, J. P. G., Hutchison, D., Çetinkaya, E. K., Jabbar, A., Rohrer, J. P., Schöller, M., & Smith, P. (2010). Resilience and survivability in communication networks: Strategies, principles, and survey of disciplines. *Computer Networks*, 54(8), 1245–1265. <https://doi.org/10.1016/J.COMNET.2010.03.005>
- Syrmakesis, A. D., & Hatziaargyriou, N. D. (2024). Cyber resilience methods for smart grids against false data injection attacks: categorization, review and future directions. *Frontiers in Smart Grids*, 3. <https://doi.org/10.3389/FRSGR.2024.1397380/BIBTEX>
- Tankard, C. (2011). Advanced Persistent threats and how to monitor and deter them. *Network Security*, 2011(8), 16–19. [https://doi.org/10.1016/S1353-4858\(11\)70086-1](https://doi.org/10.1016/S1353-4858(11)70086-1)
- Tatipatri, N., & Arun, S. L. (2024). A Comprehensive Review on Cyber-Attacks in Power Systems: Impact Analysis, Detection, and Cyber Security. *IEEE Access*, 12, 18147–18167. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3361039>
- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. *British Journal of Management*, 14(3), 207–222. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>
- Umpain, S. H., Herachwati, N., Setiadi, Y., & Hanorsian, A. E. (2024). A systematic literature review of interpersonal communication strategies for optimizing government employee performance in the digital era. *F1000Research* 2024 13:979, 13, 979. <https://doi.org/10.12688/f1000research.149729.1>
- Utaminingsih, E. S., Puspita, M. A., Ihsandi, A., Intania, B. Y., Prasetya, A. T., & Ellianawati, E. (2023). Systematic Literature Review: The Role of Character-Based Digital Literacy in 21st Century Learning in Elementary Schools. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(10), 829–840. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i10.4858>

Kecerdasan Buatan dan Masa Depan Perguruan Tinggi di Indonesia

Andhyka Tyaz Nugraha

Definisi AI mencakup pengembangan sistem yang dapat mereplikasi tugas-tugas yang membutuhkan kecerdasan manusia, seperti pengenalan wajah, pembelajaran, pengambilan keputusan, dan bahasa alami (Rifky, 2024). Kecerdasan buatan, atau Artificial Intelligence, secara fundamental berakar pada upaya simulasi proses berpikir dan pengambilan keputusan manusia dalam sebuah mesin (Maola et al., 2024). Pendekatan ini tidak hanya melibatkan kemampuan komputasi untuk menyelesaikan masalah kompleks, tetapi juga adaptasi terhadap lingkungan dan kemampuan untuk belajar dari pengalaman, layaknya kognisi manusia. Hal ini memungkinkan AI untuk mengetahui preferensi belajar mahasiswa, ketepatan waktu memberikan umpan balik, serta menyajikan materi perkuliahan yang personal (Firdaus et al., 2024). Kemajuan ini tidak hanya memfasilitasi individu dalam menyelesaikan tugas, tetapi juga merevolusi berbagai bidang, termasuk pendidikan, dengan menciptakan pengalaman belajar yang unik dan efektif (Hanan et al., 2024).

Transformasi kurikulum melalui integrasi AI melibatkan penyesuaian dan penyempurnaan menyeluruh dalam perencanaan, pengembangan, dan implementasi kurikulum pendidikan untuk memenuhi tuntutan zaman (Liriwati, 2023). Transformasi ini bertujuan untuk menciptakan program studi yang relevan dengan kebutuhan pasar kerja dan perkembangan teknologi, sekaligus mengembangkan kemampuan kognitif dan perilaku manusia melalui algoritma (Rochim, 2024). Pemanfaatan AI dalam konteks pendidikan tinggi juga dapat dilihat pada kemampuannya untuk mendukung inovasi studi dan mempermudah berbagai tugas akademik, sejalan dengan kemajuan teknologi (Suharyo et al., 2024). Sistem AI dapat mengidentifikasi gaya belajar, kebutuhan, dan kemajuan pembelajaran akademik secara individual, sehingga kurikulum dapat disesuaikan untuk mengoptimalkan efektivitas pembelajaran. Pendekatan adaptif ini membantu memaksimalkan potensi belajar mahasiswa pada perguruan tinggi melalui penyajian konten yang dapat meningkatkan pemahaman, keterlibatan dan motivasi mahasiswa (Liriwati, 2023).

AI memiliki potensi besar untuk mengubah metode pengajaran, evaluasi, dan pengembangan kurikulum di lembaga pendidikan (Rifky, 2024). Penerapan AI ini mengoptimalkan pengalaman belajar dengan sistem rekomendasi berbasis data, analisis prediktif, dan chatbot cerdas yang mampu memberikan dukungan personalisasi secara berkelanjutan (Widodo et al., 2024). Transformasi ini mengacu pada adaptasi dan perbaikan kurikulum yang sudah ada dengan menyertakan elemen-elemen baru, atau mengubah metode pembelajaran secara menyeluruh untuk mengintegrasikan teknologi dan inovasi (Suharyo et al., 2024). Pergeseran paradigma ini memungkinkan mahasiswa untuk belajar sesuai dengan gaya, kecepatan, serta minatnya sendiri, menciptakan pengalaman belajar yang lebih adaptif dan menarik (Liriwati, 2023). Optimalisasi pembelajaran personalisasi ini merupakan respons positif terhadap mahasiswa, memungkinkan peningkatan keterampilan berteknologi, pengembangan kreativitas, dan literasi yang beretika, selaras dengan tujuan kurikulum pendidikan tinggi yang menekankan kebebasan dan fleksibilitas dosen pengajar dalam merancang pembelajaran inovatif dan berorientasi teknologi (Kisno et al., 2023; Suharyo et al., 2024).

A. Penerapan AI dalam Pendidikan Tinggi Global

Perguruan tinggi di seluruh dunia mulai mengintegrasikan AI ke dalam berbagai aspek operasional dan pedagogis untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pendidikan. Hal

ini mencakup penggunaan AI untuk personalisasi pembelajaran, analisis data performa mahasiswa, serta otomatisasi tugas-tugas administratif yang selama ini memakan waktu (Rifky, 2024). AI juga dimanfaatkan untuk pengembangan kurikulum yang adaptif, memungkinkan institusi pendidikan menyesuaikan materi ajar secara responsif terhadap perubahan kebutuhan industri dan tren global (Liriwati, 2023; Oktavianus et al., 2023). Selain itu, AI dapat menganalisis data belajar mahasiswa secara ekstensif untuk mengidentifikasi pola dan tren, yang kemudian dapat digunakan untuk menyempurnakan kurikulum secara berkelanjutan agar relevan dengan tuntutan dunia kerja di masa depan (Liriwati, 2023).

Kolaborasi antara AI dan manusia akan semakin erat, di mana dosen berperan sebagai fasilitator dan AI menyediakan dukungan analisis data serta konten yang disesuaikan (Liriwati, 2023). Oleh karena itu, pendidik perlu menguasai keterampilan baru dalam memanfaatkan teknologi AI, agar mampu memberikan pengalaman pembelajaran akademik yang holistik yang menstimulus sepenuhnya perkembangan mahasiswa (Rifky, 2024). Dengan demikian, perguruan tinggi dapat mengoptimalkan pengalaman belajar mahasiswa melalui personalisasi yang didukung AI, yang memungkinkan penyesuaian materi dan gaya mengajar berdasarkan kebutuhan individual (Upreti, 2025). Ini berarti AI dapat menganalisis data pembelajaran untuk merekomendasikan materi yang disesuaikan, melacak kemajuan, dan menyediakan umpan balik secara instan, sehingga memperkaya pengalaman belajar mahasiswa (Firdaus et al., 2024).

Pengajaran adaptif yang dimungkinkan oleh AI secara dinamis menyesuaikan kurikulum dan metode pengajaran berdasarkan kemampuan dan perkembangan siswa, memungkinkan mereka mengatasi tantangan pembelajaran secara lebih efektif (Rochmawati et al., 2023). AI juga berperan dalam otomatisasi sistem evaluasi, yang mana meminimalkan beban kerja dosen pengajar dalam menilai tugas, mengefisienkan proses pembelajaran, mempercepat dosen pengajar dalam memberikan saran masukan, serta membantu tata kelola data mahasiswa (Rifky, 2024). Selain itu, aktivitas pendidikan jarak jauh juga menjadi lebih berkualitas dan terjangkau berkat implementasi AI, dimana berperan dalam membuka akses pengalaman publik masyarakat untuk memperoleh pengetahuan yang lebih luas (Rifky, 2024). Integrasi AI memungkinkan personalisasi kurikulum yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan individu peserta didik, memfasilitasi peningkatan kualitas pembelajaran secara signifikan (Utari et al., 2024).

Dengan demikian, AI memiliki peran krusial dalam menyusun kurikulum yang relevan dengan menganalisis data dan tren pekerjaan untuk mengidentifikasi keterampilan yang paling dicari di pasar kerja (Rochmawati et al., 2023). AI mampu menganalisis data informasi belajar mahasiswa secara menyeluruh dan mendalam dengan tujuan memberikan saran rekomendasi pembelajaran yang sesuai dengan minat dan kemampuan mereka, sehingga dapat meningkatkan keterlibatan dan capaian prestasi mahasiswa (Liriwati, 2023). Hal ini sejalan dengan potensi AI untuk menciptakan pengalaman pembelajaran yang lebih personal, adaptif, dan interaktif, yang dapat meningkatkan efisiensi dan hasil belajar (Firdaus et al., 2024). Lebih lanjut, AI berkontribusi pada pengembangan keterampilan digital mahasiswa dan mendorong mereka untuk mengasah kemampuan yang relevan di era digital melalui interaksi langsung dengan teknologi ini.

Pemanfaatan AI juga memungkinkan penyesuaian tingkat kesulitan, strategi pembelajaran, hingga gaya penyampaian materi, menciptakan suasana belajar yang relevan dan menarik bagi mahasiswa (Kisno et al., 2023). AI mampu mengidentifikasi pola, tren, dan

kebutuhan individu mahasiswa yang dapat menjadi preferensi dalam perancangan strategi pembelajaran yang tepat sasaran (Hakim et al., 2024; Liriwati, 2023). Hal ini bertujuan untuk meningkatkan motivasi dan keterlibatan mahasiswa dalam proses pembelajaran, sekaligus membekali mereka dengan keterampilan masa depan yang relevan (Firdaus et al., 2024). Dengan demikian, AI memungkinkan institusi perguruan tinggi untuk merancang kurikulum yang responsif dan fleksibel terhadap perubahan lanskap industri maupun tuntutan global yang membutuhkan lulusan perguruan tinggi yang memiliki wawasan pengetahuan dan kompetensi yang relevan (Yahya et al., 2023).

B. Dampak AI terhadap Pengelolaan Perguruan Tinggi

Pemanfaatan kecerdasan buatan dalam ranah administratif lembaga pendidikan juga dapat menghadirkan transformasi yang positif dan substansial (Rochmawati et al., 2023). Teknologi ini mampu mengotomatisasi berbagai tugas rutin, seperti pendaftaran mahasiswa, pengelolaan jadwal, dan pemrosesan nilai, sehingga staf administrasi dapat mengalihkan fokus pada tugas-tugas yang lebih strategis. AI juga dapat digunakan untuk menganalisis data operasional guna mengidentifikasi area peningkatan efisiensi dan mengoptimalkan alokasi sumber daya institusi. Asisten virtual berbasis AI, seperti chatbot, juga dapat memberikan informasi yang cepat dan akurat kepada mahasiswa mengenai jadwal, prosedur pendaftaran, dan layanan akademik lainnya, sehingga meningkatkan efisiensi layanan kampus secara keseluruhan (Rifky, 2024).

Implementasi AI dalam aktivitas administrasi perguruan tinggi memiliki dampak positif terhadap efisiensi operasional dan pengelolaan sumber daya, dimana memungkinkan institusi perguruan tinggi lebih fokus pada upaya strategis dan meningkatkan pengalaman pendidikan bagi seluruh pemangku kepentingan (Rochmawati et al., 2023). Selain itu, chatbot telah terbukti menstimulus efisiensi serta kualitas layanan terhadap mahasiswa melalui penyediaan informasi jadwal kuliah, lokasi ruang kuliah, serta syarat administrasi secara akurat dan tepat waktu (Rifky, 2024). Kemampuan AI dalam mengotomatisasi tugas-tugas administratif rutin seperti pencatatan kehadiran dalam perkuliahan, pengelolaan data mahasiswa, dan penyusunan jadwal perkuliahan juga berperan dalam peningkatan efisiensi dan produktivitas (Rochmawati et al., 2023). Di samping itu, AI juga dapat menganalisis data besar untuk memprediksi tren pendaftaran, mengoptimalkan penempatan kelas, dan mengidentifikasi mahasiswa yang berisiko drop-out, sehingga memungkinkan intervensi proaktif dari pihak kampus.

Penerapan AI ini mengindikasikan pergeseran paradigma dalam manajemen pendidikan tinggi, dari pendekatan reaktif menjadi proaktif, yang berlandaskan pada analisis data prediktif (Rifky, 2024). Dengan mengoptimalkan proses administratif, AI memungkinkan staf untuk mendedikasikan waktu mereka pada interaksi yang lebih kompleks dan berorientasi pada mahasiswa (Olusola et al., 2024). Lebih lanjut, melalui pemantauan dan analisis berkelanjutan, sistem AI mampu memperkuat keamanan dan privasi data administrasi, mendeteksi ancaman, serta memastikan kepatuhan terhadap standar privasi data terpenuhi (Rochmawati et al., 2023). Hal ini turut meminimalkan risiko kesalahan manusia serta meningkatkan akurasi dalam pengelolaan informasi institusional (Чайка, 2023). Optimalisasi aktivitas operasional tidak hanya berkontribusi dalam peningkatan efisiensi, tetapi juga mengurangi pengeluaran biaya secara keseluruhan, serta memungkinkan anggaran yang dialokasikan lebih strategis untuk pengembangan akademik dan fasilitas (Abdelaal & Sawi, 2024).

AI juga mampu meningkatkan proses pengambilan keputusan melalui analisis data komprehensif, memungkinkan institusi perguruan tinggi untuk mengidentifikasi area yang memerlukan peningkatan dan mengalokasikan sumber daya secara lebih efektif (Onesi-Ozigagun et al., 2024; Suazo-Galdamés & Chaple-Gil, 2025). Prediktif analitik yang didukung AI dapat memproyeksikan tren pendaftaran mahasiswa, membantu perguruan tinggi dalam perencanaan yang lebih efektif, serta memastikan alokasi sumber daya yang optimal sesuai kebutuhan (Ajuwon et al., 2024). Teknologi ini memungkinkan identifikasi dini mahasiswa yang berisiko keluar dari institusi, sehingga intervensi yang tepat waktu dapat dilakukan untuk meningkatkan tingkat retensi (Suazo-Galdamés & Chaple-Gil, 2025). Analisis ini memungkinkan institusi untuk menawarkan program studi yang relevan, mengatur kapasitas kelas secara efisien, dan mengoptimalkan penggunaan sarana fasilitas kampus (Onesi-Ozigagun et al., 2024).

AI juga dapat menganalisis data performa akademik untuk memberikan wawasan mendalam mengenai efektivitas kurikulum dan metode pengajaran, mendukung pengembangan strategi pembelajaran yang lebih inovatif (Upreti, 2025)(Ramesh, 2021). Kemampuan AI dalam memprediksi kinerja siswa dan tingkat retensi juga membantu universitas dalam merancang intervensi yang ditargetkan untuk meningkatkan keberhasilan akademik mahasiswa (Kalam & Kaur, 2025). Sistem AI juga dapat menangani tugas-tugas administratif rutin, seperti anggaran, penerimaan mahasiswa baru, pengelolaan sumber daya manusia, pengadaan barang, serta pengelolaan fasilitas pendidikan, sehingga staf dapat fokus pada pengembangan akademik dan strategi yang lebih kompleks (Onesi-Ozigagun et al., 2024; Raup et al., 2022). Selain itu, AI dapat mengotomatisasi berbagai proses administratif seperti manajemen pendaftaran dan sistem perpustakaan, hingga prediksi keberhasilan akademik mahasiswa dan analisis kepuasan mahasiswa (Özbay et al., 2025).

C. Tantangan dan Peluang Implementasi AI di Perguruan Tinggi Indonesia

Integrasi kecerdasan buatan dalam lingkungan perguruan tinggi di Indonesia menghadirkan prospek transformatif, namun juga diiringi oleh serangkaian tantangan yang kompleks dan memerlukan strategi adaptasi yang cermat (Rifky, 2024). Salah satu tantangan utama adalah memastikan kesiapan sarana infrastruktur teknologi serta sumber daya manusia untuk mengadopsi sistem AI yang modern dan canggih (Deep et al., 2024). Selain itu, isu privasi dan keamanan data mahasiswa serta etika dalam penggunaan AI juga menjadi isu sentral yang krusial, mengingat potensi bias dalam algoritma dan adanya kebutuhan regulasi yang jelas (Firdaus et al., 2024). Perlindungan data pribadi mahasiswa dan pencegahan bias dalam algoritma AI menjadi sangat penting untuk menjaga kepercayaan dan integritas akademik, dimana hal ini sejalan dengan kebutuhan terhadap kerangka prosedur regulasi yang komprehensif (Rifky, 2024).

Sistem AI sudah seharusnya dirancang untuk mematuhi standar privasi data dan menerapkan sistematisa langkah keamanan yang ketat dalam melindungi informasi mahasiswa dari penyalahgunaan (Rifky, 2024). Hal ini esensial untuk mencegah potensi penyalahgunaan atau pelanggaran privasi (Rochmawati et al., 2023). Oleh karena itu, pengembangan kebijakan yang komprehensif serta kerangka hukum yang jelas sangat penting untuk mengatur penggunaan AI dalam pendidikan tinggi di Indonesia (Firdaus et al., 2024; Ng et al., 2021). Perguruan tinggi juga perlu mengatasi potensi bias algoritma yang melekat dalam sistem AI agar tidak menghasilkan penilaian yang tidak adil atau diskriminatif terhadap mahasiswa (Rochmawati et al., 2023). Hal ini krusial mengingat algoritma AI yang kompleks mampu mengungkapkan informasi personal yang sensitif

tanpa izin dan persetujuan, seperti data keuangan atau kesehatan, sehingga menuntut perhatian serius terhadap aspek etika dan privasi (Maola et al., 2024).

Pada ranah etika akademik, penyusunan pedoman etika yang komprehensif serta kerangka kebijakan yang jelas merupakan prasyarat mutlak untuk mengoptimalkan pemanfaatan AI sambil menjaga prinsip keadilan dan transparansi (Rochmawati et al., 2023). Perhatian khusus juga harus diberikan pada pengelolaan bias algoritma, perlindungan privasi data, dan transparansi algoritma untuk memastikan bahwa implementasi AI tetap etis dan adil. Mengintegrasikan AI secara bertanggung jawab memerlukan pengembangan kebijakan yang memastikan bahwa data siswa tidak disalahgunakan atau diakses secara tidak sah (Cahyanto, 2023). Selain itu, memastikan inklusivitas dalam akses terhadap sumber daya AI juga penting untuk mencegah kesenjangan digital di antara mahasiswa, terutama yang mungkin memiliki keterbatasan akses terhadap perangkat keras atau konektivitas internet (Nagaraj et al., 2023).

Kebijakan privasi yang komprehensif, termasuk persetujuan berdasarkan informasi dan tahapan-tahapan keamanan data yang kuat, harus diterapkan untuk membangun kepercayaan di antara mahasiswa dan pemangku kepentingan (Nagaraj et al., 2023). Pentingnya regulasi yang komprehensif ini ditekankan oleh fakta bahwa sistem AI seringkali memerlukan akses ke data pribadi yang ekstensif, termasuk pola perilaku, informasi pribadi, dan catatan akademik mahasiswa, yang tanpa perlindungan yang kuat dapat diekspos kepada pihak yang tidak berwenang (Mohammad et al., 2025). Hal ini kemudian mendasari urgensi kebijakan yang ketat sehubungan privasi data serta tahapan komprehensif keamanan siber untuk melindungi informasi sensitif dari akses ilegal (Cahyanto, 2023; Chan, 2023). Peningkatan kesadaran mengenai risiko ini telah mendorong pengembangan kerangka kerja etika dan regulasi yang lebih ketat untuk memastikan bahwa teknologi AI dimanfaatkan secara bertanggung jawab serta transparan (Herawati et al., 2024; Karimi & Khawaja, 2023).

Lembaga pendidikan perlu merumuskan kebijakan institusional dan kerangka regulasi yang kokoh untuk memfasilitasi adopsi AI yang etis dan efektif (Piedra-Castro et al., 2024). Hal ini mencakup pembentukan kerangka kerja tata kelola data yang melindungi privasi mahasiswa dan menjamin penggunaan teknologi AI yang etis (Nagaraj et al., 2023). Kerangka kerja ini harus secara eksplisit mengatasi masalah privasi data, bias algoritmik, dan akuntabilitas dalam pengambilan keputusan berbasis AI (Hariharan, 2025; Vela et al., 2024). Selain itu, institusi harus mendorong diskusi interdisipliner dan kolaborasi untuk memastikan bahwa pertimbangan etis terintegrasi dalam pengembangan dan implementasi AI (Nagaraj et al., 2023).

Perguruan tinggi harus berinvestasi dalam pelatihan dan pengembangan kapasitas bagi staf dan dosen untuk memastikan mereka memiliki keterampilan yang diperlukan untuk memanfaatkan AI secara efektif dan mengelola risiko yang terkait (Rochmawati et al., 2023). Pelatihan ini tidak hanya mencakup kompetensi teknis dalam pengoperasian AI, tetapi juga pemahaman etika penggunaan AI dan implikasinya terhadap pedagogi dan penelitian (Tang, 2024). Selain itu, perlu adanya peningkatan kesadaran dan pelatihan bagi seluruh pengguna teknologi pendidikan, termasuk dosen, mahasiswa, dan staf administrasi, tentang pentingnya privasi dan keamanan data pribadi guna meminimalkan risiko pelanggaran keamanan dan privasi data (Cahyanto, 2023). Hal ini krusial mengingat sistem AI rentan mengumpulkan dan memproses berbagai jenis data pengguna, seperti

riwayat transaksi, data GPS, dan masukan pengguna, yang berpotensi disalahgunakan jika tidak ada kebijakan dan perlindungan yang memadai (Salsabilla et al., 2023).

Pembentukan kerangka tata kelola data yang komprehensif menjadi krusial untuk memastikan bahwa data mahasiswa digunakan secara etis dan bertanggung jawab dalam sistem AI (Karimi & Khawaja, 2023; Mohammad et al., 2025). Kerangka kerja ini harus mencakup pedoman yang jelas mengenai pengumpulan, penyimpanan, penggunaan, dan penghapusan data, serta mekanisme untuk mengatasi keluhan terkait privasi dan penyalahgunaan data (Piedra-Castro et al., 2024; Slimi & Villarejo-Carballido, 2024). Regulasi yang terus diperbarui dan komprehensif diperlukan untuk mencerminkan sifat teknologi AI yang berkembang, dengan fokus pada dataset yang beragam, kolaborasi interdisipliner, dan prinsip desain inklusif (Barnes & Hutson, 2024). Lembaga pendidikan juga harus mempertimbangkan untuk menerapkan audit rutin dan penilaian kerentanan untuk mengidentifikasi potensi risiko keamanan siber serta memastikan langkah-langkah mitigasi yang tepat telah tersedia (Nagaraj et al., 2023). Hal ini penting bagi keberlanjutan pemanfaatan AI pada perguruan tinggi, dimana mitigasi risiko menjadi suatu keharusan yang perlu diperhatikan dalam menciptakan rasa aman bagi seluruh civitas akademik.

Kesadaran akan tantangan ini menuntut pengembangan kerangka kerja etis dan regulasi yang komprehensif, yang mencakup prinsip-prinsip keadilan, akuntabilitas, dan transparansi dalam implementasi AI di lingkungan akademik (Al-Zahrani & Alasmari, 2024; Nagaraj et al., 2023). Hal ini memerlukan adopsi pedoman etika yang jelas dan pembentukan komite pengawas AI untuk memastikan penggunaan teknologi yang bertanggung jawab dan sesuai dengan nilai-nilai institusi (Suharyo et al., 2024; Vela et al., 2024). Selain itu, pengembangan profesional berkelanjutan bagi fakultas dan staf tentang kemampuan, keterbatasan, dan pertimbangan etis AI sangat penting untuk membina budaya kolaboratif (Nagaraj et al., 2023). Dengan demikian, universitas perlu mengintegrasikan elemen etika data ke dalam kurikulum dan pelatihan, sehingga para pemangku kepentingan dapat memahami serta mengelola risiko terkait implementasi sistem AI sambil tetap memaksimalkan manfaatnya (Fernandes et al., 2024).

Penerapan AI di perguruan tinggi Indonesia menawarkan potensi transformatif dalam menstimulus peningkatan kualitas mutu akademik dan efisiensi operasional institusi perguruan tinggi. Namun, optimalisasi potensi ini sangat bergantung pada kemampuan perguruan tinggi untuk mengatasi tantangan terkait kualitas data, privasi, dan etika penggunaan AI (Cahyanto, 2023; Fernandes et al., 2024; Rochmawati et al., 2023). Pendekatan proaktif dalam pengembangan kebijakan dan kerangka kerja regulasi yang kuat sangat esensial untuk menjamin bahwa inovasi AI berjalan seiring dengan perlindungan hak-hak mahasiswa dan standar etika akademik yang tinggi (Oktavianus et al., 2023). Kerja sama dengan otoritas regulasi dan penggunaan teknologi keamanan data yang canggih, seperti enkripsi dan blockchain, menjadi langkah vital dalam menciptakan ekosistem AI yang aman dan terpercaya (Nuraziza & Sudirman, 2024).

Perguruan tinggi juga harus mengembangkan kebijakan yang jelas dan transparan mengenai kepemilikan data, yang meliputi hak akses, modifikasi, dan penghapusan data bagi mahasiswa, guna memastikan otonomi digital individu (Loroño, 2024). Selain itu, universitas harus secara aktif melibatkan mahasiswa dalam pengembangan dan evaluasi sistem AI untuk memastikan bahwa solusi yang diimplementasikan sesuai dengan kebutuhan dan harapan mereka, sekaligus mempromosikan literasi digital dan pemahaman kritis tentang AI di kalangan generasi muda.

(Kwiatkowska et al., 2025). Pentingnya kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, dan lembaga nirlaba juga tidak dapat diabaikan untuk menjamin pemerataan dan keberlanjutan distribusi sumber daya teknologi yang mendukung implementasi AI (Mustopa et al., 2024).

Meskipun ada tantangan, peluang penggunaan AI dalam pendidikan kampus di Indonesia sangat menjanjikan, dengan potensi AI dalam meningkatkan mutu kualitas perkuliahan serta mempersiapkan generasi masa depan bangsa menghadapi era digital (Ng et al., 2021). Pengembangan AI di sektor pendidikan harus diimbangi dengan peningkatan kesadaran publik mengenai pentingnya etika dan privasi dalam penggunaan teknologi ini (Mustopa et al., 2024). Pemanfaatan AI dalam pembelajaran mahasiswa memerlukan perhatian serius terhadap aspek-aspek ini untuk memastikan efektivitas serta keberlanjutan penggunaannya (Firdaus et al., 2024). Namun, dalam rangka mewujudkan potensi ini, diperlukan strategi komprehensif yang melibatkan investasi infrastruktur, pengembangan sumber daya manusia, dan regulasi yang adaptif (Nadya et al., 2025; Turnando et al., 2025). Penting untuk diingat bahwa penggunaan AI harus selalu diimbangi dengan pertimbangan etika, privasi, dan keamanan data agar manfaatnya dapat direalisasikan secara maksimal tanpa menimbulkan risiko yang merugikan (Firdaus et al., 2024; Salsabilla et al., 2023).

Penerapan prinsip-prinsip privasi dan keamanan menjadi esensial, memastikan bahwa pengumpulan, penggunaan, dan penyimpanan data oleh sistem AI mematuhi undang-undang yang berlaku serta melindungi informasi pribadi dari penyalahgunaan (Harahap, 2019). Hal ini juga mencakup implementasi tindakan pengamanan data yang robust, seperti enkripsi dan otentikasi multi-faktor, untuk mencegah akses tidak sah dan pelanggaran data (Ronsumbre et al., 2023). Transparansi mengenai jenis data yang dikumpulkan, bagaimana data tersebut digunakan, serta siapa saja yang memiliki akses perlu dikomunikasikan secara jelas kepada seluruh pemangku kepentingan (Akyel & Tur, 2023). Selain itu, penguatan literasi digital dan etika AI bagi seluruh civitas akademika adalah krusial agar dapat memahami implikasi teknologi ini secara mendalam dan bertanggung jawab (Firdaus et al., 2024). Pengembangan kebijakan privasi yang transparan, audit reguler, dan pelatihan berkelanjutan mengenai keamanan siber dan etika AI dapat mengurangi risiko terkait penggunaan data, sehingga AI dapat diintegrasikan secara bertanggung jawab di lingkungan pendidikan (Herawati et al., 2024; Ronsumbre et al., 2023).

Keterbatasan dalam kebijakan privasi yang ada, terutama di negara berkembang, masih menjadi tantangan signifikan, sehingga membutuhkan upaya lebih besar untuk meningkatkan kesadaran akan pentingnya privasi dalam penggunaan teknologi serta pengembangan kebijakan komprehensif (Cahyanto, 2023). Kurikulum pendidikan tinggi juga perlu disesuaikan untuk mengintegrasikan keahlian yang relevan dengan AI, termasuk pemrograman, analisis data, dan etika AI, guna mempersiapkan mahasiswa menghadapi tantangan di masa depan (Mustopa et al., 2024). Dengan demikian, pendidikan tinggi di Indonesia harus mampu merespons dinamika era digital melalui adopsi strategi adaptif yang memadukan inovasi teknologi dengan nilai-nilai etika dan inklusivitas (Liriwati, 2023). Transformasi kurikulum melalui pendekatan pembelajaran personal dan adaptif, yang didukung oleh analisis big data, dapat mengoptimalkan pengalaman belajar dan meningkatkan relevansi kurikulum dengan kebutuhan pasar kerja (Liriwati, 2023).

Daftar Pustaka

Abdelaal, N. M., & Sawi, I. Al. (2024). Perceptions, challenges, and prospects: University professors' use of artificial intelligence in education. *Australian Journal of Applied Linguistics*, 7(1), 1309. <https://doi.org/10.29140/ajal.v7n1.1309>

- Ajuwon, O. A., Animashaun, E. S., & Chiekezie, N. R. (2024). Integrating AI and technology in educational administration: Improving efficiency and educational quality. *Open Access Research Journal of Science and Technology*, 11(2), 116–127. <https://doi.org/10.53022/oarjst.2024.11.2.0102>
- Akyel, Y., & Tur, E. (2023). Yapay Zekanın Potansiyelinin ve Eğitim Bilimlerindeki Uygulamalarının Araştırılması ve Araştırmalarda Beklentiler, Zorluklar ve Gelecek Yönelimleri. *DergiPark* (Istanbul University). <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kefad/issue/82697/1322341>
- Al-Zahrani, A. M., & Alasmari, T. (2024). Exploring the impact of artificial intelligence on higher education: The dynamics of ethical, social, and educational implications. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11(1). <https://doi.org/10.1057/s41599-024-03432-4>
- Barnes, E., & Hutson, J. (2024). Navigating the ethical terrain of AI in higher education: Strategies for mitigating bias and promoting fairness. *Forum for Education Studies*, 2(2), 1229. <https://doi.org/10.59400/fes.v2i2.1229>
- Cahyanto, I. (2023). Privacy Challenges in Using Wearable Technology in Education Literature Review. *Formosa Journal of Applied Sciences*, 2(6), 909–928. <https://doi.org/10.55927/fjas.v2i6.4272>
- Chan, C. K. Y. (2023). A comprehensive AI policy education framework for university teaching and learning. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00408-3>
- Deep, S., Athimoolam, K., & Enoch, T. (2024). Optimizing Administrative Efficiency and Student engagement in Education: The Impact of AI. *International Journal of Current Science Research and Review*, 7(10). <https://doi.org/10.47191/ijcsrr/v7-i10-34>
- Fernandes, A. B., Narciso, R., da Silva Braga, A., de Souza Cardoso, A., da Conceição Lima, E. S., de Mei Mello Vilalva, E. A., de Mello Rezende, G. U., Júnior, H. G. M., da Silva, L. V., & do Socorro Azevedo Lima, S. (2024). A ÉTICA NO USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO: IMPLICAÇÕES PARA PROFESSORES E ESTUDANTES. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 10(3), 346–361. <https://doi.org/10.51891/rease.v10i3.13056>
- Firdaus, M. R., Irawan, R. R., Mahardika, C. H. Y., Gaol, P. L., & Prinaryanto, B. A. (2024). Tantangan Teknologi Artificial Intelligence pada Kegiatan Pembelajaran Mahasiswa. *IJEDR Indonesian Journal of Education and Development Research*, 2(1), 379–384. <https://doi.org/10.57235/ijedr.v2i1.1781>
- Hakim, F., Fadlillah, A. N., & Rofiq, M. N. (2024). Artificial Intellegence (AI) dan Dampaknya Dalam Distorsi Pendidikan Islam. *Urwatul Wutsqo Jurnal Studi Kependidikan dan Keislaman*, 13(1), 129–144. <https://doi.org/10.54437/urwatulwutsqo.v13i1.1330>
- Hanan, Rizal, M. A. S., & Kholik, K. (2024). Peningkatan Kreativitas Menulis Cerpen Siswa MA Nurul Ichsan Melalui Penerapan AI dan Metode Mind Mapping. *Wacana Jurnal Bahasa Seni dan Pengajaran*, 8(2), 44–56. <https://doi.org/10.29407/jbsp.v8i2.22787>
- Harahap, N. J. (2019). MAHASISWA DAN REVOLUSI INDUSTRI 4.0. *ECOBISMA (JURNAL EKONOMI BISNIS DAN MANAJEMEN)*, 6(1), 70–78. <https://doi.org/10.36987/ecobi.v6i1.38>
- Hariharan, A. (2025). Artificial Intelligence for Optimal Learning: A Comparative Approach towards AI-Enhanced Learning Environments. *ArXiv* (Cornell University). <https://doi.org/10.48550/arxiv.2510.11755>
- Herawati, A. A., Yusuf, S., Ilfiandra, I., Taufik, A., & Habibi, A. S. Y. (2024). Exploring the Role of Artificial Intelligence in Education, Students Preferences and Perceptions. *AL-ISHLAH Jurnal Pendidikan*, 16(2), 1029–1040. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v16i2.4784>
- Kalam, A., & Kaur, M. (2025). AI in Higher Education: Transforming Admissions, Student Advising, and Research Support. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 13(5), 6915–6922. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2025.71728>
- Karimi, H., & Khawaja, S. (2023). The Impact of Artificial Intelligence on Higher Education in England. *Creative Education*, 14(12), 2405–2415. <https://doi.org/10.4236/ce.2023.1412154>

- Kisno, K., Fatmawati, N., Rizqiyani, R., Kurniasih, S., & Ratnasari, E. (2023). PEMANFAATAN TEKNOLOGI ARTIFICIAL INTELLIGENCES (AI) SEBAGAI RESPON POSITIF MAHASISWA PIAUD DALAM KREATIVITAS PEMBELAJARAN DAN TRANSFORMASI DIGITAL. *IJIGAEd Indonesian Journal of Islamic Golden Age Education*, 4(1), 44. <https://doi.org/10.32332/ijigaed.v4i1.7878>
- Kwiatkowska, K., Zakrzewska, M., & Zsigmond, T. (2025). AI-based tools' impact on university education. *Scientific Papers of Silesian University of Technology Organization and Management Series*, 2025(218), 399–409. <https://doi.org/10.29119/1641-3466.2025.218.22>
- Liriwati, F. Y. (2023). Transformasi Kurikulum; Kecerdasan Buatan untuk Membangun Pendidikan yang Relevan di Masa Depan. *Jurnal IHSAN Jurnal Pendidikan Islam*, 1(2), 62–71. <https://doi.org/10.61104/ihsan.v1i2.61>
- Loroño, M. D. V. (2024). Inteligencia Artificial Algorítmica: Una aproximación para los actores de la educación Universitaria. *Revista Scientific*, 9(32), 340–360. <https://doi.org/10.29394/scientific.issn.2542-2987.2024.9.32.16.340-360>
- Maola, P. S., Handak, I. S. K., & Herlambang, Y. T. (2024). PENERAPAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE DALAM PENDIDIKAN DI ERA REVOLUSI INDUSTRI 4.0. *Educatio*, 19(1), 61–72. <https://doi.org/10.29408/edc.v19i1.24772>
- Mohammad, N., Zamri, N. A. K., Roni, M., Hadi, S. N. I. A., Sadikan, S. F. N., & Mahzan, S. (2025). Navigating AI Ethics in Malaysian Universities: Addressing Privacy, Integrity, and Bias. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*, 2451–2465. <https://doi.org/10.47772/ijriss.2025.9010197>
- Mustopa, M., Nasikhin, N., Chamami, R., Nihayah, H., Habibullah, M. R., & Manshur, A. (2024). Challenges in Artificial Intelligence Development in Higher Education in China, India, and Indonesia: International Students' Perspectives. *International Journal of Learning Teaching and Educational Research*, 23(2), 354–373. <https://doi.org/10.26803/ijlter.23.2.17>
- Nadya, R., Amalia, I., & Rachman, I. F. (2025). Analisis Potensi dan Tantangan dalam Penggunaan AI di Bidang Pendidikan. *Semantik Jurnal Riset Ilmu Pendidikan Bahasa dan Budaya*, 3(2), 295–309. <https://doi.org/10.61132/semantik.v3i2.1705>
- Nagaraj, B., Kalaivani, A., R, S. B., Akila, S., Sachdev, H. K., & Kumar, N. K. S. (2023). The Emerging Role of Artificial Intelligence in STEM Higher Education: A Critical Review. *In International Research Journal of Multidisciplinary Technovation* (pp. 1–19). <https://doi.org/10.54392/irjmt2351>
- Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Chu, K. W. S., & Qiao, S. (2021). AI Literacy: Definition, Teaching, Evaluation and Ethical Issues. *Proceedings of the Association for Information Science and Technology*, 58(1), 504–509. <https://doi.org/10.1002/prat.487>
- Nuraziza, S., & Sudirman, W. F. R. (2024). Keseimbangan Antara Inovasi Teknologi dan Kepatuhan Regulasi: Tantangan dalam Mengintegrasikan Artificial Intelligence (AI) dalam Manajemen Keuangan. *MONEY JOURNAL OF FINANCIAL AND ISLAMIC BANKING*, 2(1), 47–57. <https://doi.org/10.31004/money.v2i1.21438>
- 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(2), 473–486. <https://doi.org/10.53863/kst.v5i02.975>
- Olusola, O. B., Benedict, B. S., & Olusola, S. E. (2024). Perspective Chapter: Leveraging Artificial Intelligence in a Blotch Academic Environment. In *Artificial intelligence*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1004792>
- Onesi-Ozigagun, O., Ololade, Y. J., Eyo-Udo, N. L., & Ogundipe, D. O. (2024). REVOLUTIONIZING EDUCATION THROUGH AI: A COMPREHENSIVE REVIEW OF ENHANCING LEARNING EXPERIENCES. *In International Journal of Applied Research in Social Sciences* (Vol. 6, Issue 4, pp. 589–607). Fair East Publishers. <https://doi.org/10.51594/ijarss.v6i4.1011>
- Özbay, M., Özbay, F., & Tutkunca, S. S. (2025). Artificial Intelligence In Universities: A Study On Academics' Views. *Dergipark (Istanbul University)*. <https://dergipark.org.tr/en/pub/romaya-journal/issue/94393/1774843>

- Piedra-Castro, W. I., Cajamarca-Correa, M. A., Burbano-Buñay, E. S., & Moreira-Alcívar, E. F. (2024). Integración de la inteligencia artificial en la enseñanza de las Ciencias Sociales en la educación superior. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(3), 105–126. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n3/123>
- Ramesh, S. (2021). Unleashing the Future: The Dynamic Impacts of Artificial Intelligence on Education. *Journal of Artificial Intelligence Machine Learning and Neural Network*, 12, 27–31. <https://doi.org/10.55529/jaimlmm.12.27.31>
- Raup, A., Ridwan, W., Khoeriyah, Y., Supiana, S., & Zaqiah, Q. Y. (2022). Deep Learning dan Penerapannya dalam Pembelajaran. *JiIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 5(9), 3258–3267. <https://doi.org/10.54371/jiip.v5i9.805>
- Rifky, S. (2024). Dampak Penggunaan Artificial Intelligence Bagi Pendidikan Tinggi. *Indonesian Journal of Multidisciplinary on Social and Technology*, 2(1), 37–42. <https://doi.org/10.31004/ijmst.v2i1.287>
- Rochim, A. A. (2024). Kecerdasan Buatan: Resiko, Tantangan Dan Penggunaan Bijak Pada Dunia Pendidikan. *Antroposen Journal of Social Studies and Humaniora*, 3(1), 13–25. <https://doi.org/10.33830/antroposen.v3i1.6780>
- Rochmawati, D. R., Arya, I., & Zakariyya, A. (2023). MANFAAT KECERDASAN BUATAN UNTUK PENDIDIKAN. *Jurnal Teknologi Komputer Dan Informatika*, 2(1), 124–134. <https://doi.org/10.59820/tekomin.v2i1.163>
- Ronsumbre, S., Rukmawati, T., Sumarsono, A., & Waremra, R. S. (2023). Pembelajaran Digital Dengan Kecerdasan Buatan (AI): Korelasi AI Terhadap Motivasi Belajar Siswa. *Jurnal Educatio FKIP UNMA*, 9(3), 1464–1474. <https://doi.org/10.31949/educatio.v9i3.5761>
- Salsabilla, K. A. Z., Hadi, T. D. F., Pratiwi, W., & Mukaromah, S. (2023). PENGARUH PENGGUNAAN KECERDASAN BUATAN TERHADAP MAHASISWA DI PERGURUAN TINGGI. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Dan Sistem Informasi*, 3(1), 168–175. <https://doi.org/10.33005/sitasi.v3i1.371>
- Slimi, Z., & Villarejo-Carballido, B. (2024). Unveiling the Potential: Experts' Perspectives on Artificial Intelligence Integration in Higher Education. *European Journal of Educational Research*, 1477–1492. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.13.4.1477>
- Suazo-Galdamés, I. C., & Chaple-Gil, A. M. (2025). Impact of Intelligent Systems and AI Automation on Operational Efficiency and User Satisfaction in Higher Education. *Ingénierie Des Systèmes d'Information*, 30(4), 1057–1066. <https://doi.org/10.18280/isi.300421>
- Suharyo, S., Subyantoro, S., & Pristiwati, R. (2024). Kecerdasan Buatan dalam Konteks Kurikulum Merdeka pada Jenjang Pendidikan Dasar dan Menengah: Membangun Keterampilan Menuju Indonesia Emas 2045. *HUMANIKA*, 30(2), 208–217. <https://doi.org/10.14710/humanika.v30i2.60563>
- Tang, K. H. D. (2024). Implications of Artificial Intelligence for Teaching and Learning. *Acta Pedagogica Asiana*, 3(2), 65–79. <https://doi.org/10.53623/apga.v3i2.404>
- Turnando, I., Thamrin, A. F., Firmasnyah, H., Nelesti, N., Warniati, Rifa'i, & Hidayat, T. (2025). Tantangan Dan Peluang Implementasi Ai Di Sekolah Indonesia: Studi Kasus Dan Best Practice. *Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan*, 4(1), 1215–1219. <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i1.1731>
- Upreti, I. M. (2025). The Role and Implications of Artificial Intelligence in Higher Education: Opportunities and Challenges. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 13(4), 6214–6220. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2025.69838>
- Utari, H., Quthny, A. Y. A., & Arobi, I. (2024). Pengaruh Penggunaan Artificial Intelligence terhadap Kecerdasan Intelektual Mahasiswa PAI Universitas Islam Zainul Hasan Genggong Probolinggo. *Jurnal Simki Pedagogia*, 7(1), 152–164. <https://doi.org/10.29407/jsp.v7i1.574>

Vela, G. B., Naranjo, B. M. M., Quinte, R. J. R., Villafuerte, V. P. E., & Velasco, J. E. L. (2024). Inclusión de la inteligencia artificial en la docencia universitaria. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(1). <https://doi.org/10.56712/latam.v5i1.1642>

Widodo, Y. B., Sibuea, S., & Narji, M. (2024). Kecerdasan Buatan dalam Pendidikan: Meningkatkan Pembelajaran Personalisasi. *Jurnal Teknologi Informatika dan Komputer*, 10(2), 602–615. <https://doi.org/10.37012/jtik.v10i2.2324>

Yahya, M., Wahyudi, W., & Hidayat, A. (2023). Implementasi Artificial Intelligence (AI) di Bidang Pendidikan Kejuruan Pada Era Revolusi Industri 4.0. *SEMINAR NASIONAL DIES NATALIS 62*, 1, 190–199. <https://doi.org/10.59562/semnasdies.v1i1.794>

Чайка, О. (2023). THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HIGHER EDUCATION. *Молодь і Ринок*, 69–74. <https://doi.org/10.24919/2308-4634.2023.287898>

Integrasi Artificial Intelligence dalam Pembelajaran di Sekolah Dasar: Peluang Inovasi dan Tantangan Implementasi

Endi Rochaendi

Revolusi teknologi informasi yang berlangsung pesat telah menghadirkan Artificial Intelligence (AI) sebagai kekuatan transformasional yang memengaruhi berbagai sektor kehidupan. Pendidikan dasar menjadi salah satu ranah strategis yang terdampak langsung karena AI tidak hanya menawarkan efektivitas teknis, tetapi juga menghadirkan paradigma baru dalam pembelajaran yang berpusat pada peserta didik. Kebutuhan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran di sekolah dasar mendorong eksplorasi inovasi berbasis AI sebagai upaya mengatasi tantangan rendahnya capaian literasi dan numerasi serta ketimpangan akses layanan pendidikan nasional sebagaimana ditegaskan (Molina et al., 2024; Rochaendi, 2025). AI memunculkan harapan besar terhadap tercapainya layanan pembelajaran yang inklusif, adaptif, dan berkelanjutan.

Perkembangan teknologi AI mengantar dunia pendidikan masuk ke fase baru ketika proses belajar tidak lagi hanya mengandalkan transfer informasi satu arah dari guru kepada murid. Konsep personalisasi pembelajaran semakin mungkin melalui pemanfaatan algoritma yang mampu menganalisis pola belajar peserta didik dan memberikan dukungan sesuai kebutuhan unik setiap individu, sebagaimana digarisbawahi (Fengchun et al., 2024). Pembelajaran yang lebih responsif terhadap perbedaan karakteristik murid mencatat potensi peningkatan partisipasi belajar, keterlibatan emosional, serta penguatan motivasi intrinsik. Transformasi ini menandai pergeseran peran guru dari sekadar penyampai materi menuju fasilitator, mentor, dan pengembang pengalaman belajar yang berbasis data (Langeveldt, 2024).

Transformasi AI tidak hanya menyentuh aspek akademik, melainkan juga berkelindan dengan visi pembangunan karakter. Mandat Profil Pelajar Pancasila menuntut pembelajaran yang menumbuhkan nalar kritis, kreativitas, kemampuan berkolaborasi, serta integritas moral. Perspektif The Department for Education (2023) menegaskan bahwa generasi yang dibesarkan dalam ekosistem teknologi cerdas perlu dipersiapkan untuk tidak hanya mengoperasikan perangkat, melainkan juga memahami konsekuensi sosial dan nilai-nilai etis yang melingkupinya. Integrasi AI di sekolah dasar menjadi kesempatan awal untuk mendorong literasi teknologi yang sejalan dengan nilai kemanusiaan.

Konteks Indonesia menghadirkan dinamika unik bagi implementasi AI di sekolah dasar. Potensi penerapan sangat besar berkat demografi siswa yang luas, penguatan transformasi digital pendidikan nasional, dan antusiasme guru terhadap pemanfaatan teknologi. Namun, laporan Luckin & Holmes (2016) memperlihatkan bahwa kesenjangan akses digital antarwilayah masih nyata. Sekolah dasar di perkotaan menunjukkan kesiapan lebih baik dibandingkan sekolah-sekolah di kawasan 3T yang menghadapi keterbatasan perangkat, jaringan, dan pendampingan teknis. Realitas tersebut menimbulkan urgensi pemerataan agar integrasi AI tidak memperlebar ketimpangan kualitas pendidikan.

Transformasi teknologi menuntut kapasitas profesional guru yang mumpuni. Kapasitas tersebut mencakup keterampilan mengoperasikan platform AI, memahami prinsip kerja algoritma sederhana, serta kemampuan melakukan asesmen yang memanfaatkan analitik pembelajaran. Miao & Cukurova (2024) menyatakan bahwa kesiapan pedagogis guru menjadi indikator utama yang menentukan keberhasilan inovasi teknologi di sekolah dasar. Tantangan

tambahan muncul berupa resistensi terhadap perubahan akibat rasa cemas maupun kurangnya keyakinan diri dalam menghadapi teknologi baru apabila tidak diiringi pelatihan yang memadai dan dukungan ekosistem sekolah yang kuat.

Permasalahan etika penggunaan AI juga membutuhkan perhatian serius. Data pribadi siswa usia dini merupakan aset yang sangat sensitif sehingga keamanan digital, perlindungan privasi, dan pencegahan penyalahgunaan data harus mendapat prioritas sebagaimana dinyatakan Kreinsen & Achulz (2023). Kekhawatiran lain muncul terkait bias algoritmik yang dapat menciptakan ketidakadilan dalam penilaian atau rekomendasi pembelajaran. Aspek lain yang tidak kalah penting ialah menjaga keseimbangan antara pemanfaatan teknologi dan interaksi manusia agar pendidikan tetap menumbuhkan empati, kemandirian, serta kesehatan sosial-emosional anak.

Situasi pendidikan global menunjukkan bahwa negara-negara yang berhasil mengintegrasikan AI sejak jenjang pendidikan dasar memiliki daya saing lebih tinggi dalam inovasi pembelajaran dan kesiapan digital generasi mudanya menekankan perlunya literasi AI sebagai bagian inheren kompetensi dasar abad ke-21. Sekolah dasar merupakan pondasi awal pembentukan pemikiran reflektif mengenai teknologi, yakni kemampuan memahami manfaat sekaligus batasannya. Pendekatan ini tidak hanya berfokus pada aspek teknis, tetapi juga pada pengembangan kapasitas berpikir tingkat tinggi yang akan relevan sepanjang kehidupan (Giannini, 2023).

Kolaborasi multipihak menjadi elemen penting untuk memastikan keberhasilan integrasi AI di sekolah dasar. Pemerintah, satuan pendidikan, keluarga, dan pemangku kepentingan industri teknologi perlu menyatukan langkah dalam penyediaan infrastruktur, pelatihan guru, serta penguatan kebijakan tata kelola AI yang aman dan etis. Perspektif (Benoit, 2024) menekankan bahwa keberhasilan inovasi teknologi bukan hanya muncul dari hadirnya perangkat digital, melainkan dari kemampuan sistem pendidikan mengartikulasikan teknologi sebagai bagian dari solusi pembelajaran yang berkelanjutan dan manusiawi.

Peluang inovatif yang ditawarkan AI kepada sekolah dasar sangat besar. AI dapat meningkatkan efektivitas asesmen, memperkuat praktik pembelajaran diferensiatif, memprediksi hambatan belajar sejak dini, serta memperluas akses terhadap sumber belajar yang kaya konten. Namun, Brazil et al. (2025) mengingatkan bahwa setiap inovasi menyimpan tantangan yang menuntut kewaspadaan: mulai dari isu kualitas konten, kebergantungan teknologi, hingga kualitas interaksi manusia yang berpotensi tereduksi. Tantangan tersebut memerlukan kesiapan visi, strategi tata kelola, serta pengembangan kapasitas sumber daya manusia yang serempak dan terarah.

Keseluruhan analisis awal ini menunjukkan bahwa integrasi AI dalam pembelajaran sekolah dasar menghadirkan prospek transformasional, namun memerlukan pengelolaan dan kebijakan yang matang agar nilai kemanusiaan dalam pendidikan tetap terpelihara. Pemanfaatan AI harus memastikan pemerataan akses, peningkatan kualitas pengajaran, dan perlindungan terhadap siswa sebagai subyek utama pendidikan, bukan sekadar penerima teknologi. Urgensi mendiskusikan peluang dan tantangan implementasi AI menjadi semakin relevan seiring berkembangnya agenda transformasi digital Indonesia menuju sistem pendidikan adaptif dan berkeadilan.

A. Konsep dan Ruang Lingkup Artificial Intelligence dalam Pembelajaran Sekolah Dasar

Artificial Intelligence (AI) secara konseptual dipahami sebagai seperangkat teknologi yang mereplikasi proses kognitif manusia melalui kemampuan pemrosesan data, pengenalan pola, pembelajaran mandiri, serta pengambilan keputusan otomatis berdasarkan algoritma yang terus beradaptasi. Perspektif teknopedagogis memandang AI bukan lagi sekadar perangkat lunak yang bekerja secara mekanis, melainkan instrumen transformasional yang memungkinkan sistem pembelajaran memahami profil belajar tiap peserta didik serta menyesuaikan strategi penyampaian materi secara real-time dan berkelanjutan (Rutti-Joy et al., 2023). Melalui fungsi tersebut, AI berperan sebagai penggerak perubahan yang menggeser paradigma pembelajaran dari model seragam menuju model yang menghormati keunikan individu.

Integrasi AI pada pendidikan dasar menghadirkan bentuk baru interaksi belajar yang lebih humanis. Sistem berbasis AI dapat memantau dan menganalisis proses belajar setiap siswa secara mendalam sehingga mampu memberikan rekomendasi materi atau aktivitas yang sesuai tingkat penguasaan. Penyesuaian adaptif yang berlangsung cepat membantu siswa merasa diperhatikan dan dilibatkan secara personal. Akintola et al. (2024) menekankan bahwa asesmen formatif otomatis yang dihasilkan AI bukan hanya memudahkan guru dalam memantau perkembangan akademik, tetapi juga memungkinkan pendampingan yang lebih kuat pada aspek sosial-emosional, khususnya bagi siswa yang membutuhkan perhatian ekstra.

Ruang lingkup penerapan AI dalam pembelajaran sekolah dasar dapat ditinjau melalui tiga peran utama yang saling berkelindan. Pertama, AI sebagai tutor cerdas (AI as a tutor) yang berfungsi menyediakan latihan, penjelasan, serta umpan balik instan sesuai ritme dan gaya belajar masing-masing peserta didik. Kedua, AI sebagai alat bantu pembelajaran (AI as a tool) yang mendukung guru dalam merancang materi, melakukan penilaian otomatis, menganalisis capaian belajar, dan mengembangkan strategi pengajaran diferensiatif yang terukur. Ketiga, AI sebagai mitra belajar (AI as a learning partner) melalui agen cerdas atau chatbot yang mengajak siswa berdiskusi, bereksplorasi, dan melatih penalaran kritis. Ketiga fungsi tersebut secara kolektif menguatkan relasi antara siswa, guru, dan konten pembelajaran dalam lingkungan yang lebih interaktif dan reflektif (Schiff, 2022).

Konsep AI pada pendidikan dasar juga berkaitan erat dengan agenda inklusi. Beragam teknologi pendukung seperti speech recognition, pembaca layar otomatis, dan analitik kesulitan belajar memberi peluang bagi siswa berkebutuhan khusus untuk memperoleh akses pembelajaran yang setara. Alali et al. (2024) menegaskan bahwa fitur adaptif AI menjadi jembatan yang memperkecil hambatan belajar, sehingga pemerataan mutu pendidikan tidak lagi sebatas wacana, melainkan dapat diwujudkan melalui dukungan teknologi yang sensitif terhadap kebutuhan beragam peserta didik.

Perubahan yang dibawa AI pada proses pembelajaran memerlukan kecakapan profesional guru yang semakin kompleks. Guru tidak cukup hanya menguasai teknologi, melainkan juga dituntut mampu menginterpretasikan data hasil analitik pembelajaran untuk pengambilan keputusan instruksional yang tepat sasaran. (Fengchun et al., 2024) menyatakan bahwa literasi AI guru menentukan kualitas implementasi serta menjaga agar teknologi menjadi penguat pedagogi, bukan sebaliknya. Kompetensi ini meliputi pemahaman desain pembelajaran digital, penjaminan validitas data, serta pengelolaan etika penggunaan informasi siswa.

Siswa sebagai elemen utama pembelajaran juga perlu dibekali kemampuan baru. Penguasaan literasi AI yang diperkenalkan sejak pendidikan dasar memungkinkan siswa tidak hanya menjadi pengguna pasif teknologi, tetapi juga menjadi pemikir kritis yang memahami logika serta potensi bias yang melekat pada sistem cerdas. (Kim et al., 2021) menyebut bahwa kesadaran ini mempersiapkan peserta didik menghadapi ekosistem digital masa depan yang menjadikan interaksi manusia–mesin sebagai bagian niscaya dari kehidupan.

Dimensi etika menempati posisi penting dalam ruang lingkup AI di sekolah dasar. Keamanan data anak menjadi prioritas utama karena seluruh aktivitas pembelajaran berbasis AI selalu menghasilkan jejak data digital yang harus dikelola secara bertanggung jawab. Risiko privasi, bias algoritmik, dan disrupsi terhadap hubungan sosial antarmanusia menuntut pendekatan kehati-hatian agar pemanfaatan AI tetap menjunjung nilai-nilai pendidikan yang humanistik (Holmes et al., 2022; Porayska-Pomsta et al., 2022). Teknologi sejatinya mendukung proses belajar, bukan mengurangi kualitas interaksi emosional yang menjadi esensi perkembangan usia dasar.

Ekosistem AI untuk sekolah dasar bersifat multidimensional karena tidak hanya bergantung pada kemajuan teknologi, tetapi juga kesiapan kurikulum, tata kelola kebijakan, serta budaya sekolah yang adaptif. Damodaran & Kanwar (2025) menyatakan bahwa kesinambungan implementasi AI mensyaratkan kolaborasi seluruh pemangku kepentingan dalam menyediakan dukungan infrastruktur, pelatihan, dan regulasi. Kolaborasi ini memastikan AI tidak berhenti sebagai inovasi sesaat, melainkan menjadi sistem pembelajaran yang mapan, terstandar, dan berkeadilan.

Keterpaduan antara kecerdasan manusia dan kecerdasan sistem merupakan esensi keberhasilan integrasi AI di sekolah dasar. Guru tetap memainkan peran sentral sebagai penjaga nilai, sedangkan AI berfungsi memperkuat kemampuan guru melihat kebutuhan belajar secara lebih komprehensif. Pendidikan dasar tetap berorientasi pada pembentukan karakter dan hubungan antarindividu, sehingga pemanfaatan AI harus menjaga ruang yang cukup luas bagi tumbuhnya empati, kolaborasi, dan rasa ingin tahu sebagai fondasi perkembangan manusia.

Secara keseluruhan, konsep dan ruang lingkup AI dalam pembelajaran sekolah dasar merepresentasikan potensi besar bagi peningkatan mutu pendidikan. AI bukan sekadar perangkat bantu, tetapi sumber inovasi yang dapat mendemokratisasi akses belajar, memperkuat personalisasi pengajaran, serta mengakselerasi pencapaian kompetensi abad ke-21. Pemaknaan kritis atas posisi AI menjadi penting agar penerapannya berjalan seimbang: menjadikan teknologi sebagai penguat karakter kemanusiaan, bukan menggantikannya. Pemahaman konseptual ini selanjutnya menjadi dasar untuk mengkaji peluang dan tantangan implementasi AI di sekolah dasar secara lebih luas pada bagian berikutnya.

B. Peluang dan Inovasi Artificial Intelligence dalam Pembelajaran Sekolah Dasar

Perkembangan Artificial Intelligence menghadirkan potensi inovatif yang mampu merevolusi praktik pembelajaran di sekolah dasar. AI membuka ruang bagi peningkatan kualitas pembelajaran secara signifikan, baik pada aspek kognitif, afektif, maupun kebutuhan perkembangan peserta didik yang semakin beragam. Molina et al., (2024) dan Rochaendi (2025) menjelaskan bahwa teknologi ini menjadi medium pendukung bagi

terwujudnya pembelajaran yang terpersonalisasi, inklusif, serta berbasis data, sehingga pendekatan yang ditempuh guru tidak lagi bersifat generik, melainkan responsif terhadap kemajuan belajar setiap anak. Peran AI sebagai motor transformasi pendidikan semakin relevan ketika tantangan capaian literasi dan numerasi di sekolah dasar masih menjadi isu mendasar di Indonesia.

Inovasi AI memperkuat praktik pembelajaran berdiferensiasi yang selama ini sulit dilakukan secara optimal di kelas besar. Platform adaptif dapat memindai kelemahan dan keunggulan akademik siswa secara cepat, sehingga penyampaian materi maupun pemberian latihan dapat disesuaikan pada tingkat kesulitan yang berbeda (Alali et al., 2024; Lee et al., 2024; Miao & Cukurova, 2024). Personal learning path yang dihasilkan AI memberi kesempatan kepada siswa untuk belajar sesuai ritme mereka sendiri, sekaligus mencegah kesenjangan pembelajaran yang semakin melebar. Guru memperoleh informasi diagnostik yang lebih akurat, membuat intervensi pembelajaran lebih tepat sasaran dan terukur.

Keunggulan lain terlihat dari kemampuannya dalam memberikan umpan balik instan dan berkelanjutan. Sistem otomatis mampu menilai jawaban siswa secara cepat serta memberikan penjelasan atau alternatif penyelesaian masalah. Hal ini tidak hanya meningkatkan efektivitas pembelajaran, tetapi juga memotivasi peserta didik karena mereka merasa didampingi sepanjang proses belajar. Model asesmen seperti ini mendorong ketekunan, memperkuat kemandirian, dan membangun kontrol diri yang menjadi fondasi pembelajaran sepanjang hayat (Akintola et al., 2024; Brazil et al., 2025).

Peluang strategis lainnya muncul pada pembelajaran berbasis proyek. AI menyediakan beragam konten multimedia interaktif, simulasi, dan virtual learning environment yang membantu siswa mengonstruksi pengetahuan secara konstruktivis. Ketika siswa mampu mengeksplorasi konsep secara kontekstual, mereka terdorong untuk mengembangkan kreativitas, pemecahan masalah, dan kemampuan berpikir komputasional yang sangat berharga di masa depan (Schiff, 2022; Strielkowski et al., 2024). Transformasi ini memperkuat integrasi teknologi sebagai salah satu sarana mencapai kompetensi abad ke-21 dalam desain Kurikulum Merdeka.

Inovasi AI juga memperkuat interaksi sosial pembelajaran melalui kerja kolaboratif. Fitur kolaborasi virtual memfasilitasi diskusi kelompok yang menempatkan siswa sebagai subjek aktif dalam negosiasi makna, argumentasi, dan refleksi. Kit Ng et al. (2023) dan The Department for Education (2023) menekankan bahwa pembelajaran yang memanfaatkan agen cerdas dialogis mampu merangsang ekspresi ide, meningkatkan kemampuan komunikasi, serta memperkuat kepercayaan diri anak dalam menyampaikan pendapat. Kemampuan tersebut sangat mendukung pembentukan budaya kelas yang partisipatif dan demokratis.

Aspek inklusi menjadi peluang besar dari pemanfaatan AI. Teknologi pembaca layar otomatis, konversi teks ke suara, ataupun analitik kesulitan belajar dapat membantu siswa berkebutuhan khusus mengakses pembelajaran lebih setara. AI dapat mendeteksi disleksia, gangguan pemrosesan bahasa, hingga hambatan numerasi secara dini sehingga guru dapat segera merancang intervensi terapeutik yang dibutuhkan (Bozkurt, 2024; Fengchun et al., 2024; Kim et al., 2021). Pemanfaatan ini mencerminkan semangat humanistik pendidikan, yakni menjadikan sekolah dasar sebagai ruang yang menghormati keragaman potensi anak.

Transformasi digital melalui AI juga mendukung manajemen pembelajaran yang efisien. Proses pengolahan nilai, rekap absensi, hingga pelaporan perkembangan belajar dapat dilakukan secara otomatis. Luckin & Holmes (2016) menegaskan bahwa optimalisasi peran administrasi oleh teknologi akan memberikan waktu lebih luas bagi guru untuk meningkatkan intensitas interaksi edukatif dengan siswa. Penekanan ini memperlihatkan bahwa AI bukan menggantikan guru, melainkan mengurangi beban tugas teknis yang menghambat fokus profesional mereka sebagai pendidik.

Keamanan dan kesejahteraan emosional siswa juga dapat diperkuat melalui AI. Sistem pemantauan perilaku digital dapat membantu mengidentifikasi gejala perundungan, isolasi sosial, atau penurunan motivasi akademik sejak dini, baik melalui analisis pola percakapan maupun keterlibatan siswa dalam aktivitas pembelajaran. Analitik semacam ini dapat menjadi dasar intervensi guru dan konselor untuk membantu siswa lebih cepat memperoleh dukungan sosial-emosional yang memadai (Fengchun et al., 2024; Kim et al., 2021). Pendekatan preventif ini sejalan dengan filosofi pendidikan dasar sebagai ruang pembentukan karakter yang aman dan menumbuhkan rasa percaya diri.

Inovasi AI turut memperluas akses sumber belajar berkualitas melalui open educational resources yang dapat diadaptasi sesuai konteks lokal. Aplikasi penerjemahan bertenaga AI memudahkan guru menyediakan materi berbahasa daerah atau membantu siswa yang memiliki hambatan linguistik. Bozkurt (2024) menegaskan bahwa penyediaan konten multibahasa menjadi kunci penting dalam membentuk pendidikan dasar yang inklusif terhadap keragaman budaya Indonesia.

Ke depan, pengembangan AI literacy pada siswa sekolah dasar menjadi strategi penting untuk menyiapkan generasi yang tidak hanya memanfaatkan teknologi, tetapi juga memahami prinsip berpikir komputasional dan etika digital. Literasi ini mencakup kemampuan memahami bagaimana keputusan algoritmik dihasilkan serta bagaimana teknologi dapat berdampak positif maupun negatif terhadap manusia. Anak yang terbiasa belajar melalui AI akan memiliki kesiapan lebih baik menghadapi era masyarakat berbasis data yang dinamis (Kit Ng et al., 2023; Strielkowski et al., 2024).

Peluang integrasi AI semakin besar seiring meningkatnya kolaborasi antara satuan pendidikan, pemerintah daerah, dan penyedia teknologi edukasi. Model kemitraan ini berpotensi melahirkan inovasi lokal yang berkelanjutan serta memperkaya praktik baik penerapan AI di kelas. Akintola et al. (2024) menyoroti pentingnya memastikan bahwa kemajuan teknologi tidak hanya dinikmati sekolah-sekolah unggulan, tetapi juga menjangkau wilayah terpencil, sehingga prinsip keadilan pendidikan benar-benar terimplementasikan.

Keseluruhan peluang inovatif yang dipaparkan menunjukkan bahwa AI memainkan peran strategis dalam memperkuat misi pendidikan dasar mencapai pembelajaran yang lebih efektif, inklusif, dan relevan terhadap tuntutan zaman. Teknologi ini menawarkan ekosistem belajar yang menempatkan siswa sebagai pusat dan guru sebagai pemimpin pembelajaran yang berdaya teknologi. Tantangan implementasi tentu tetap harus dikelola, khususnya terkait etika, infrastruktur, dan kapasitas sumber daya manusia. Namun, potensi transformatif AI memberikan keyakinan bahwa masa depan pembelajaran di sekolah dasar akan semakin maju apabila inovasi ini terus dikembangkan secara bijak dan sistematis.

- C. Tantangan Implementasi Artificial Intelligence dalam Pembelajaran Sekolah Dasar**
Ekspektasi tinggi terhadap integrasi Artificial Intelligence dalam pembelajaran sekolah dasar harus diimbangi pemahaman kritis mengenai tantangan yang menyertainya. Inovasi teknologi sering kali menuntut perubahan sistemik dalam pendidikan, sehingga kesiapan ekosistem sekolah sangat menentukan keberhasilan implementasi. Kendala yang muncul tidak hanya terkait ketersediaan teknologi, tetapi juga menyangkut kapasitas manusia, tata kelola, budaya sekolah, serta prinsip etika yang melindungi peserta didik sebagai subyek utama pendidikan.

Kesenjangan infrastruktur digital masih menjadi hambatan paling mendasar. Tidak semua sekolah dasar di Indonesia memiliki akses yang layak terhadap perangkat keras, jaringan internet, dan platform pembelajaran berbasis AI. Ketimpangan ini menyebabkan pemanfaatan teknologi hanya terpusat di wilayah tertentu yang memiliki kemampuan ekonomi dan dukungan kebijakan lebih kuat. Molina et al. (2024) menunjukkan bahwa digital divide berpotensi memperlebar ketidaksetaraan mutu pendidikan antarwilayah apabila pemanfaatan AI tidak dirancang secara afirmatif. Tantangan ini menuntut strategi pemerataan yang terukur agar inovasi tidak hanya dinikmati oleh sekolah yang sudah maju.

Aspek lain yang menjadi perhatian utama ialah kapasitas guru. Integrasi AI membutuhkan kompetensi pedagogis dan teknologis yang memadai agar teknologi tidak sekadar menjadi perangkat hiasan di ruang kelas. Transisi menuju pembelajaran berbasis data menuntut guru untuk menginterpretasikan analitik pembelajaran serta memanfaatkannya dalam pengambilan keputusan instruksional. Miao & Cukurova (2024) menegaskan bahwa sebagian guru masih mengalami kecemasan terhadap teknologi dan membutuhkan pelatihan berkelanjutan untuk memastikan bahwa AI menjadi alat pendukung, bukan beban tambahan. Kesiapan guru tidak hanya menyangkut keterampilan teknis, tetapi juga pola pikir inovatif serta kemauan beradaptasi terhadap perubahan paradigma pembelajaran.

Tantangan implementasi AI juga berkaitan dengan literasi digital siswa yang belum merata. Penggunaan teknologi cerdas berpotensi tidak efektif apabila peserta didik tidak memiliki dasar literasi digital yang memadai untuk menavigasi fitur sistem secara mandiri. Kreinsen & Achulz (2023) menekankan bahwa literasi AI perlu diperkenalkan secara bertahap agar siswa tidak hanya memahami cara mengoperasikan teknologi, tetapi juga mampu menilai informasi secara kritis dan etis. Kurangnya literasi digital dapat memperbesar risiko kesalahan penggunaan, penyimpangan informasi, hingga ketergantungan berlebihan terhadap sistem otomatis.

Persoalan etika dan keamanan data menjadi isu krusial pada jenjang sekolah dasar yang melibatkan kelompok usia dengan tingkat kerentanan tinggi. Sistem AI mengumpulkan dan memproses data pribadi anak yang sangat sensitif, seperti rekam jejak perilaku belajar, hasil evaluasi, hingga pola interaksi digital. Holmes et al. (2022) menegaskan bahwa tata kelola privasi harus dirumuskan dengan standar keamanan tinggi agar terhindar dari penyalahgunaan data maupun pelanggaran hak anak. Tantangan etis lain mencakup bias algoritmik yang dapat memunculkan labelisasi negatif terhadap siswa tertentu serta mengganggu prinsip keadilan dalam pembelajaran.

Budaya sekolah juga memengaruhi penerimaan inovasi AI. Perubahan nilai dan praktik pembelajaran yang lebih berorientasi digital menuntut dukungan kepemimpinan sekolah dalam mengelola adaptasi sistemik. Resistensi terhadap perubahan sering kali terjadi

ketika inovasi belum dipahami maknanya secara menyeluruh. Williamson (2024) mencatat bahwa keberhasilan teknologi tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan perangkat, tetapi juga kemampuan sekolah untuk membangun budaya belajar yang terbuka terhadap pembaruan serta mampu memanfaatkan teknologi sejalan visi pendidikan. Tanpa dukungan kepemimpinan yang progresif, inisiatif AI berisiko terhenti sebagai inovasi temporal.

Keterbatasan kualitas konten yang tersedia pada platform berbasis AI turut menjadi catatan penting. Tidak semua materi digital didesain sesuai karakteristik perkembangan kognitif dan psikososial siswa sekolah dasar. Giannini (2023) mengingatkan bahwa pembelajaran anak usia dasar tidak boleh semata-mata berorientasi pada kecepatan akademik, tetapi tetap menekankan aspek kehangatan interaksi, nilai empati, serta pengalaman belajar autentik. Ketika teknologi tidak diimbangi pendekatan humanistik yang kuat, terdapat risiko pengabaian dimensi afektif yang justru sangat penting dalam membangun motivasi belajar anak.

Risiko ketergantungan teknologi juga patut diantisipasi. Kemudahan yang ditawarkan AI memiliki potensi mengurangi kemampuan berpikir mandiri apabila siswa terlalu mengandalkan jawaban otomatis tanpa proses eksplorasi yang memadai. Kreinsen & Achulz (2023) menegaskan perlunya desain kurikulum yang tetap memprioritaskan aktivitas pembelajaran berbasis pengalaman langsung, interaksi sosial, dan dialog reflektif. AI harus memperkaya proses belajar, bukan menggantikan peran guru sebagai figur sentral yang menumbuhkan karakter dan nilai kemanusiaan.

Biaya implementasi turut menjadi tantangan, terutama bagi sekolah-sekolah yang masih berfokus pada pemenuhan kebutuhan mendasar sarana dan prasarana. Investasi teknologi cerdas membutuhkan dukungan anggaran yang signifikan, baik untuk pengadaan perangkat maupun pemeliharaan sistem. Alali et al. (2024) menggarisbawahi bahwa keberlanjutan inovasi hanya akan tercapai ketika investasi teknologi dibarengi mekanisme pendanaan berkelanjutan dan kemitraan multipihak.

Analisis tantangan menunjukkan bahwa keberhasilan integrasi AI menuntut persiapan sistematis dan komprehensif. Transformasi teknologi pendidikan bukan sekadar adopsi perangkat digital, melainkan upaya perubahan struktur pembelajaran menuju ekosistem yang berbasis data, adil, dan berorientasi pada pengembangan manusia seutuhnya. Pembelajaran sekolah dasar tetap menempatkan guru sebagai tokoh kunci yang memastikan teknologi dipergunakan secara bijak serta berpihak pada tumbuh kembang anak (Miao & Cukurova, 2024).

Keseluruhan tantangan yang teridentifikasi memberikan sinyal bahwa integrasi AI membutuhkan kesadaran kritis, kebijakan adaptif, dan peningkatan kapasitas aktor pendidikan secara simultan. Inovasi teknologi akan berdampak signifikan apabila dikelola dalam semangat edukatif yang mengedepankan nilai kemanusiaan, pemerataan akses, dan keberlanjutan. Bagian berikutnya akan mengetengahkan strategi transformasional untuk mengoptimalkan pemanfaatan AI dalam pembelajaran sekolah dasar melalui kerangka inovasi yang terencana dan terukur.

D. Strategi dan Model Implementasi Artificial Intelligence dalam Pembelajaran Sekolah Dasar

Integrasi Artificial Intelligence (AI) ke dalam pendidikan dasar menuntut strategi implementasi yang terstruktur, berjangka panjang, dan adaptif terhadap dinamika pedagogis. Transformasi digital bukan hanya persoalan memasukkan teknologi ke ruang kelas, melainkan berkaitan erat dengan rekonstruksi praktik pembelajaran, kompetensi guru, serta kultur sekolah yang berorientasi pada pertumbuhan intelektual dan perkembangan karakter peserta didik. Implementasi AI yang berhasil harus terinstitusionalisasi dalam tata kelola pembelajaran sehingga menjadi bagian dari sistem pendidikan yang berkelanjutan dan bukan sekadar respons sementara terhadap tren teknologi (Na et al., 2022).

Keberhasilan strategi integrasi AI sangat ditentukan oleh keselarasan visi pendidikan yang menempatkan teknologi sebagai pendukung kemanusiaan, bukan pengganti esensi pendidikan itu sendiri. Rochaendi (2025) menekankan bahwa penciptaan keseimbangan antara kapabilitas algoritmik dan kebijaksanaan profesional manusia harus menjadi pijakan utama. Karena itu, strategi implementasi perlu dibangun atas tiga fondasi: peningkatan kapasitas guru, pengembangan ekosistem sekolah yang mendukung inovasi, serta penataan kebijakan yang menjamin perlindungan terhadap hak dan data peserta didik (Rochaendi, Fuadi, & Sari, 2024).

1. Penguatan Kapasitas Profesional Guru

Guru merupakan aktor kunci yang menentukan arah pemanfaatan AI dalam pembelajaran. Pelatihan penggunaan teknologi saja tidak cukup; guru perlu memiliki technological pedagogical reasoning untuk menafsirkan data digital yang dihasilkan AI menjadi dasar pengambilan keputusan instruksional. Rochaendi et al. (2025) menyatakan bahwa pemanfaatan AI membutuhkan guru yang memiliki kepekaan didaktik serta kemampuan mengombinasikan kecerdasan buatan dengan pengetahuan tentang perkembangan anak. Pelatihan kompetensi ini idealnya dirancang berjenjang: mulai dari pemahaman dasar AI, keterampilan mengintegrasikannya ke RPP, hingga pemanfaatan learning analytics untuk pendampingan personal.

Model pendampingan peer mentoring antarguru juga menjadi strategi penting untuk memupuk budaya belajar profesional yang kolaboratif. Sekolah dapat membentuk innovation team yang mendorong eksperimen pedagogis berbasis AI dan menemukan praktik baik yang dapat direplikasi. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan kepercayaan diri guru dalam menggunakan teknologi, tetapi juga mengubah pola pikir bahwa inovasi merupakan hasil kerja kolektif, bukan individual (Rochaendi, 2025; Rochaendi, Fuadi, & Sari, 2024).

2. Penguatan Kurikulum Berbasis AI dan Literasi Teknologi

Penguatan kurikulum berbasis Artificial Intelligence menuntut adanya ruang fleksibilitas, diferensiasi, serta keberpihakan terhadap kebutuhan belajar yang beragam. AI memungkinkan terbentuknya personal learning ecosystem yang menyesuaikan konten, kedalaman materi, dan tingkat tantangan berdasarkan progres aktual setiap peserta didik ((UNESCO, 2022). Kurikulum nasional yang bersifat umum dapat diperkaya melalui integrasi konten digital adaptif yang disusun sesuai konteks lokal, karakteristik budaya, serta profil murid di masing-masing satuan pendidikan. Pendekatan ini sejalan dengan orientasi Kurikulum Merdeka yang menekankan

pembelajaran berdiferensiasi, proyek kontekstual, dan penumbuhan kompetensi abad ke-21 berbasis pengalaman belajar yang autentik (Rochaendi et al., 2025).

Penguatan kurikulum berbasis AI tidak dapat dilepaskan dari pengembangan AI literacy sebagai salah satu dimensi penting literasi digital generasi baru. Literasi ini mencakup lebih dari sekadar keterampilan teknis mengoperasikan aplikasi, melainkan juga pemahaman reflektif mengenai cara kerja algoritma, logika pengambilan keputusan sistem, potensi bias, serta implikasi sosial dan etis penggunaannya (Lee et al., 2024). Peserta didik perlu disiapkan agar mampu menilai rekomendasi yang dihasilkan mesin secara kritis, memahami bahwa keputusan algoritmik tidak selalu netral, dan menyadari bahwa manusia tetap memegang peran utama dalam menentukan arah pemanfaatan teknologi. Dimensi ini secara substansial terkait pengembangan nalar kritis, kreativitas, pemecahan masalah, dan kemampuan metakognitif yang akan tetap relevan sepanjang hayat.

Integrasi kurikulum berbasis AI dan pengembangan AI literacy sejak jenjang sekolah dasar memiliki implikasi strategis bagi sistem pendidikan. Guru perlu difasilitasi melalui pelatihan berkelanjutan agar mampu merancang tujuan pembelajaran, materi, serta asesmen yang menggabungkan penggunaan AI sekaligus mengajarkan cara memahami dan mengkritisi teknologi tersebut (Bozkurt, 2024; Rutti-Joy et al., 2023). Pemerintah dan pemangku kepentingan kurikulum perlu menyusun panduan operasional yang menempatkan AI sebagai sarana penguatan kompetensi esensial, bukan sebagai tujuan itu sendiri. Upaya ini akan membantu memastikan bahwa pemanfaatan AI dalam kurikulum tidak hanya berorientasi pada efisiensi dan akselerasi akademik, melainkan juga pada pembentukan generasi yang cakap teknologi, berintegritas, serta memiliki kepekaan etis terhadap dinamika dunia digital yang terus berubah (Schiff, 2022; Strielkowski et al., 2024).

3. Desain Pembelajaran Adaptif dan Berpusat pada Peserta Didik

Desain pembelajaran adaptif berbasis Artificial Intelligence menghadirkan pendekatan baru yang semakin menegaskan posisi peserta didik sebagai pusat proses pembelajaran. Sistem AI mengumpulkan dan menganalisis data belajar secara berkelanjutan untuk memahami kebutuhan setiap siswa secara individual, termasuk pola berpikir, tingkat penguasaan konsep, serta faktor-faktor yang memengaruhi motivasi belajar (Akintola et al., 2024). Keunggulan ini membuat guru dapat menghindari pendekatan instruksional yang seragam dan beralih pada pembelajaran yang memberikan ruang lebih besar bagi perbedaan karakteristik kognitif maupun kecepatan belajar. Jalur belajar personal yang direkomendasikan AI membantu memastikan bahwa seluruh peserta didik memperoleh dukungan yang relevan sehingga peluang ketercapaian hasil belajar meningkat secara signifikan (Rutti-Joy et al., 2023).

Adaptivitas pembelajaran melalui AI memperkuat ketepatan intervensi pedagogis. Sistem dapat mendeteksi kekeliruan konseptual lebih awal serta memberikan umpan balik instan berupa penjelasan, pengayaan, atau remediasi yang sesuai kebutuhan siswa (Giannini, 2023; UNESCO, 2022). Informasi diagnostik ini memungkinkan guru mengambil keputusan strategi mengajar berdasarkan analisis objektif, bukan semata intuisi. Siswa yang telah menguasai suatu materi dapat memperoleh tantangan yang lebih kompleks tanpa harus menunggu peserta didik lain, sementara siswa yang mengalami hambatan mendapatkan pendampingan yang tepat waktu, sehingga kesenjangan capaian akademik dapat diminimalkan ((Akintola et al., 2024; Lee et al.,

2024). Kinerja sistem adaptif ini menjadi fondasi penting pembelajaran yang benar-benar berpihak pada setiap anak.

Model blended learning semakin relevan ketika teknologi AI diterapkan sebagai penyeimbang interaksi digital dan hubungan emosional secara langsung antara guru dan peserta didik. Fleksibilitas yang diberikan teknologi memungkinkan proses belajar tidak hanya terjadi di ruang kelas fisik, tetapi meluas ke lingkungan digital yang interaktif dan kontekstual. Namun demikian, keberadaan guru tetap memiliki peran sentral untuk menjaga kualitas interaksi personal, menguatkan aspek sosial-emosional, serta memastikan bahwa pembelajaran berlangsung harmonis antara kecerdasan algoritmik dan kecerdasan manusia (Brazil et al., 2025). Integrasi AI dalam desain pembelajaran yang adaptif dan humanistik menjadi jembatan menuju pengalaman belajar yang lebih bermakna, relevan, dan mempersiapkan siswa menghadapi tantangan era digital yang semakin kompleks.

4. Optimalisasi Learning Analytics untuk Pembelajaran Diagnostik

Optimalisasi learning analytics melalui Artificial Intelligence membuka peluang besar bagi sekolah dasar untuk mengembangkan asesmen diagnostik yang lebih presisi dan berkelanjutan. Sistem AI mampu memantau interaksi belajar siswa secara real-time, mengidentifikasi kecenderungan perilaku akademik, serta menyajikan visualisasi data capaian yang mudah diinterpretasikan guru (Strielkowski et al., 2024). Informasi digital tersebut memberikan peta perkembangan belajar yang jauh lebih rinci dibandingkan asesmen konvensional yang hanya mengandalkan hasil tes pada momen tertentu. Dengan cara ini, potensi kesulitan belajar siswa dapat terdeteksi lebih awal sebelum berkembang menjadi hambatan serius yang mengganggu proses pembelajaran di jenjang berikutnya (Schiff, 2022).

Analitik pembelajaran berbasis AI tidak hanya menyoroti aspek kognitif, tetapi juga mengidentifikasi dinamika motivasional dan keterlibatan siswa selama mengikuti kegiatan belajar. Sistem dapat mendeteksi penurunan interaksi digital, kecenderungan mengulang kesalahan yang sama, hingga perilaku pasif yang mengarah pada disengagement (Kit Ng et al., 2023). Data tersebut menjadi dasar bagi guru untuk merancang intervensi yang lebih efektif, baik berupa pendekatan diferensiatif dalam penyampaian materi maupun dukungan emosional melalui pendampingan personal. AI, dalam konteks ini, berfungsi sebagai decision-support system yang memperkuat kepekaan profesional guru dalam membaca kebutuhan setiap anak secara lebih akurat (Bozkurt, 2024).

Penggunaan learning analytics tetap memerlukan interpretasi manusiawi agar proses pembelajaran mempertahankan nilai-nilai humanistiknya. Keputusan pedagogis tidak boleh hanya bertumpu pada angka atau rekomendasi algoritma, melainkan mempertimbangkan konteks individual, latar sosial, serta kondisi emosional peserta didik yang tidak dapat direkam sistem secara utuh (Kim et al., 2021). Guru memiliki otoritas profesional untuk menyaring, menyeimbangkan, dan menafsirkan informasi yang diperoleh sehingga intervensi yang dilakukan tetap berpihak pada kepentingan terbaik anak. Pemanfaatan AI dalam asesmen diagnostik pada akhirnya menjadi sarana penguatan pembelajaran yang lebih responsif, personal, dan berkeadilan bagi seluruh peserta didik (Walter, 2024).

5. Penguatan Inklusivitas dan Keamanan Digital

AI menghadirkan peluang baru bagi pemerataan layanan pendidikan di sekolah dasar melalui fungsi adaptif yang mampu menyokong kebutuhan belajar peserta didik secara lebih personal, termasuk bagi siswa berkebutuhan khusus. Teknologi seperti text-to-speech, speech-to-text, screen reader, serta perangkat deteksi hambatan belajar memberi akses yang lebih luas terhadap materi, interaksi kelas, dan proses asesmen (Kim et al., 2021; Walter, 2024). Inovasi tersebut berkontribusi mengurangi hambatan yang sebelumnya sulit diatasi hanya melalui pendekatan konvensional, sehingga anak dengan ragam kebutuhan dapat belajar berdampingan secara setara dan memperoleh dukungan yang sesuai karakteristiknya. Hal ini mendorong terwujudnya sekolah inklusif yang memberikan ruang bagi setiap anak untuk berkembang secara optimal.

Selain meningkatkan aksesibilitas, AI juga dapat membantu guru melakukan pemantauan lebih sistematis terkait profil perkembangan siswa berkebutuhan khusus. Analitik pembelajaran yang dihasilkan mampu mengidentifikasi perubahan performa akademik, gejala stres, atau penurunan motivasi, yang kemudian menjadi dasar untuk intervensi edukatif maupun dukungan konseling secara lebih tepat waktu (Vashista et al., 2023). Informasi ini menjadikan AI sebagai *assistive intelligence* yang meringankan beban guru sekaligus memperkaya pemahaman terhadap dinamika belajar siswa, sehingga pengalaman belajar mereka menjadi lebih manusiawi, responsif, dan inklusif di dalam lingkungan sekolah.

Perluasan akses yang ditawarkan AI tetap harus diimbangi perlindungan kuat terhadap aspek keamanan data peserta didik. Seluruh proses pengumpulan, penyimpanan, dan pemrosesan data digital siswa usia dasar membutuhkan standar yang ketat karena menyangkut privasi anak yang sangat rentan terhadap risiko penyalahgunaan ((Luckin & Holmes, 2016). Tata kelola data wajib mencakup mekanisme persetujuan orang tua, transparansi penggunaan informasi, sistem enkripsi, serta batasan akses agar hak-hak anak tetap terlindungi. Edukasi etika digital bagi siswa, guru, dan orang tua turut menjadi komponen esensial agar ekosistem sekolah memahami batas aman pemanfaatan teknologi. Pendekatan yang menggabungkan inklusivitas dan keamanan digital memastikan bahwa inovasi AI tidak hanya memperluas kesempatan belajar, tetapi juga menjaga martabat serta keselamatan peserta didik sebagai subjek utama pendidikan (Holmes et al., 2022; Porayska-Pomsta et al., 2022; Rochaendi, Fuadi, & Arifin, 2024).

6. Kepemimpinan Sekolah sebagai Agen Perubahan

Kepemimpinan sekolah memainkan peran fundamental dalam memastikan bahwa integrasi Artificial Intelligence (AI) di sekolah dasar tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga memiliki arah pedagogis yang jelas dan berkelanjutan. Kepala sekolah sebagai pemimpin pembelajaran memerlukan visi transformatif yang mampu menjadikan teknologi sebagai katalis inovasi kurikulum sekaligus penguatan kompetensi guru. Kepemimpinan digital (*digital leadership*) memungkinkan pemimpin satuan pendidikan untuk membaca peluang teknologi, merumuskan strategi perubahan yang sistematis, serta mengomunikasikan urgensi inovasi kepada seluruh pemangku kepentingan sekolah (Lee et al., 2024; Miao & Cukurova, 2024). Visi ini kemudian diterjemahkan ke dalam kebijakan internal yang mendorong pemanfaatan AI secara efektif dan berpihak pada perkembangan peserta didik.

Komitmen kepemimpinan juga tercermin dari keberanian memberikan ruang eksperimentasi pedagogis melalui budaya learning by innovating. Kepala sekolah perlu mendorong guru untuk melakukan eksplorasi pembelajaran berbasis AI, melakukan refleksi terhadap praktik baru, serta berbagi hasil inovasi dalam komunitas profesional sekolah. Dukungan terhadap ketersediaan perangkat digital, akses pelatihan berkelanjutan, serta evaluasi berkala menjadi bentuk manajemen sumber daya yang memastikan transformasi berjalan adaptif terhadap perkembangan kapasitas guru dan karakteristik siswa (Alali et al., 2024; Brazil et al., 2025; Rutti-Joy et al., 2023). Pendekatan ini memperkuat kolaborasi antarguru dan meningkatkan rasa kepemilikan bersama terhadap perubahan yang sedang dijalankan di sekolah.

Pengelolaan integrasi AI oleh kepala sekolah harus tetap mempertahankan nilai-nilai kemanusiaan sebagai inti pembelajaran. Teknologi hanya akan bermakna apabila digunakan untuk memperluas kesempatan belajar, meningkatkan interaksi yang berkualitas, dan memperkuat pembentukan karakter siswa. Strielkowski et al. (2024) menegaskan bahwa kepemimpinan yang humanis memastikan bahwa AI tidak sekadar menjadi instrumen efisiensi, melainkan sarana memanusiakan pendidikan serta mengoptimalkan peran guru sebagai pendidik profesional. Kepala sekolah sebagai agen perubahan menjadi jembatan antara kecerdasan teknologi dan kebijaksanaan manusia, sehingga transformasi digital di sekolah dasar tidak hanya menjawab tuntutan zaman, tetapi juga menjaga esensi pendidikan sebagai ruang tumbuh kembang potensi terbaik setiap anak.

7. Kolaborasi Multipihak sebagai Pilar Keberlanjutan

Kolaborasi multipihak merupakan fondasi krusial dalam memastikan keberlanjutan implementasi Artificial Intelligence (AI) di sekolah dasar. Inovasi teknologi dalam pendidikan tidak mungkin berkembang optimal apabila sekolah bekerja secara sendiri tanpa dukungan ekosistem yang kuat. Pemerintah daerah berperan strategis dalam menyediakan kebijakan afirmatif, dukungan anggaran, serta pembangunan infrastruktur digital sebagai prasyarat utama pemanfaatan teknologi pembelajaran. Langeveldt (2024) menekankan bahwa keberhasilan transformasi digital di sekolah dasar sangat dipengaruhi kehadiran regulasi yang memfasilitasi pemanfaatan AI secara terukur, khususnya bagi daerah dengan sumber daya pendidikan terbatas. Dukungan tersebut memastikan proses adopsi tidak hanya dilakukan oleh sekolah yang telah maju, tetapi meluas secara adil ke seluruh wilayah.

Institusi pendidikan tinggi dan lembaga penelitian juga menjadi mitra penting dalam peningkatan kapasitas sumber daya manusia di sekolah dasar. Kolaborasi ini mendorong lahirnya pendampingan teknopedagogis yang sistematis, riset berkelanjutan untuk mengevaluasi efektivitas inovasi, serta pengembangan konten pembelajaran berbasis AI yang sesuai konteks lokal peserta didik. Bozkurt (2024) dan Damodaran & Kanwar (2025) mencatat bahwa konektivitas antara sekolah dan universitas tidak hanya mempercepat alih pengetahuan, tetapi juga menumbuhkan budaya refleksi dan pembelajaran sepanjang hayat pada komunitas pendidik. Pendekatan berbasis kemitraan ini memperkuat kepercayaan diri guru dalam menggunakan teknologi dan memperluas cakupan inovasi secara terstruktur.

Sektor industri edtech dan komunitas belajar turut memiliki peran transformasional sebagai penyedia teknologi, inovator model pemanfaatan AI, dan fasilitator literasi digital. Kolaborasi yang melibatkan pihak swasta mendukung pembaruan perangkat,

peningkatan keamanan sistem, serta ketersediaan platform yang semakin adaptif terhadap kebutuhan peserta didik sekolah dasar (Benoit, 2024). Komunitas belajar seperti Kelompok Kerja Guru (KKG) dan sekolah mitra dapat menjadi ruang berbagi praktik baik yang memperkuat keberlanjutan inovasi. Sinergi multipihak semacam ini memastikan bahwa pemanfaatan AI tidak hanya berorientasi pada kecanggihan teknologi, melainkan menjadi bagian dari keadilan sosial dalam pendidikan—memberikan kesempatan yang sama bagi setiap anak untuk berkembang di era digital (Kim et al., 2021).

8. Model Implementasi AI Bertahap dan Adaptif

Model implementasi Artificial Intelligence (AI) pada satuan pendidikan dasar idealnya dirancang melalui pendekatan bertahap yang adaptif terhadap perkembangan kapasitas sekolah agar inovasi digital terkelola secara efektif dan berkelanjutan. Tahap awal berfokus pada persiapan ekosistem pembelajaran dan penguatan kapasitas sumber daya manusia. Sekolah melakukan pemetaan komprehensif mengenai kesiapan infrastruktur digital, literasi teknologi guru dan siswa, serta dukungan kebijakan internal sebagai pijakan transformasi teknologi. Pemetaan tersebut diikuti pelatihan berjenjang bagi guru untuk membangun penguasaan teknopedagogis terkait penggunaan AI serta kemampuan analitik menginterpretasikan data hasil pembelajaran berbasis algoritma (Alali et al., 2024). Infrastruktur digital yang andal—termasuk perangkat keras, jaringan stabil, serta akses sistem pembelajaran bertenaga AI—menjadi prasyarat operasional pada fase awal ini. Keterlibatan siswa dan orang tua turut ditekankan guna meminimalisasi resistensi teknologi serta mengembangkan kesiapan mental peserta didik terhadap perubahan gaya belajar di ruang kelas (Molina et al., 2024).

Integrasi terarah menjadi fase berikutnya ketika sekolah memasuki tahap pemanfaatan AI pada praktik pembelajaran aktual. AI mulai digunakan untuk asesmen formatif, remediasi, dan pengayaan berjenjang berbasis kebutuhan individual peserta didik yang terdeteksi melalui learning analytics (Brazil et al., 2025). Guru mengadaptasi konten digital interaktif ke dalam Rencana Pelaksanaan Pembelajaran serta menerapkan model pembelajaran tematik yang mendorong kolaborasi siswa di kelas. Sistem AI menyediakan dashboard analytics yang membantu guru mengidentifikasi pola capaian belajar, menelusuri kesalahan konseptual yang berulang, serta memantau perkembangan motivasi akademik. Evaluasi berkala berbasis indikator mutu pembelajaran memastikan bahwa pemanfaatan teknologi tidak berhenti pada aspek fungsional semata, melainkan memberikan dampak konkret terhadap peningkatan kualitas hasil belajar dan pengalaman belajar siswa (Akintola et al., 2024).

Ekspansi dan inovasi berkelanjutan menandai fase tertinggi implementasi AI ketika sekolah telah mencapai stabilitas penggunaan teknologi secara pedagogis. Konten digital diperkaya sesuai kebutuhan lokal dan karakteristik peserta didik agar AI tidak sekadar mereplikasi sumber belajar global, tetapi relevan secara kultural serta kontekstual. Kolaborasi multipihak diperluas mencakup pemerintah daerah, perguruan tinggi, komunitas edukasi, dan penyedia teknologi untuk memastikan kontinuitas pembaruan inovasi (Strielkowski et al., 2024). Standardisasi tata kelola AI dirumuskan untuk menjamin keamanan data pembelajaran, privasi peserta didik, serta etika pemrosesan informasi personal anak yang rentan (Kit Ng et al., 2023). Sekolah menjalankan penelitian tindakan secara sistematis guna menilai efektivitas strategi implementasi dan melakukan penyesuaian berdasarkan temuan empiris sehingga

transformasi teknologi dapat berlangsung adaptif serta responsif terhadap dinamika lapangan.

Keseluruhan fase ini menunjukkan bahwa keberhasilan integrasi AI pada sekolah dasar bukan hasil dari langkah instan, tetapi buah dari proses terencana, reflektif, dan terus berkembang. Refleksi kritis dan adaptasi berulang memastikan bahwa kemajuan teknologi tetap berada di bawah kendali kebijaksanaan profesional pendidik dan pencapaian tujuan humanistik pendidikan. Perjalanan bertahap tersebut membuka peluang bagi terwujudnya ekosistem pembelajaran yang lebih inklusif, menumbuhkan potensi setiap anak secara optimal, serta mempersiapkan mereka menghadapi tantangan masa depan yang semakin berorientasi teknologi.

9. Transformasi Peran Guru dan Relasi Edukatif Humanis

Transformasi digital melalui penerapan Artificial Intelligence (AI) di sekolah dasar membawa konsekuensi perubahan signifikan terhadap konstruksi profesionalisme guru sebagai aktor utama dalam pembelajaran. Kekhawatiran yang kerap muncul berkaitan dengan asumsi bahwa teknologi cerdas dapat mereduksi peran guru karena sebagian tugas yang selama ini menjadi domain pedagogis—mulai dari penyampaian konten hingga asesmen akademik—mulai dapat diotomatisasi oleh sistem algoritmik (Kreinsen & Achulz, 2023). Perspektif tersebut perlu ditempatkan secara proporsional. AI memang unggul dalam pemrosesan data secara cepat dan adaptif terhadap kebutuhan individual siswa, namun tetap tidak memiliki kapasitas afektif untuk menciptakan relasi kemanusiaan yang autentik dan bermakna antara guru dan peserta didik (Miao & Cukurova, 2024).

Peran guru kini memasuki tahap rekontekstualisasi, dari pengajar yang berpusat pada penyampaian materi menjadi pemimpin pembelajaran yang memastikan setiap teknologi yang diadopsi selaras nilai pendidikan. Guru memanfaatkan data dan rekomendasi AI sebagai dasar refleksi pedagogis untuk meningkatkan kualitas intervensi pembelajaran tanpa bergantung secara pasif pada arahan sistem digital (Lee et al., 2024; UNESCO, 2022). Keputusan instruksional tetap berada di tangan guru, karena hanya mereka yang memiliki sensitivitas terhadap aspek psikologis, sosial, dan kultural yang memengaruhi pengalaman belajar anak. Guru berperan sebagai kurator belajar yang menyeleksi informasi yang bermakna, sebagai konselor yang memelihara kesehatan emosional peserta didik, dan sebagai pendamping karakter yang konsisten menanamkan nilai-nilai kebajikan.

Hubungan edukatif humanis yang dibangun guru menjadi pilar utama keberhasilan proses pembelajaran pada jenjang sekolah dasar. AI tidak mampu menggantikan kualitas interaksi antarpribadi yang terjalin melalui kontak mata, bahasa tubuh empatik, dan dialog penuh kasih yang memberi rasa nyaman serta kepercayaan diri bagi anak (Brazil et al., 2025; Rutti-Joy et al., 2023). Siswa pada usia sekolah dasar berada dalam fase perkembangan kritis yang menuntut kehadiran figur manusia yang mampu menjadi teladan emosional. Sentuhan motivasi dan penguatan afektif yang diberikan guru menegaskan bahwa pendidikan dasar tidak hanya bertujuan menyalurkan pengetahuan, tetapi juga memanusiakan manusia sejak dini.

Optimalisasi teknologi justru memberikan ruang bagi penguatan aspek humanistik tersebut. Beban administratif seperti penilaian harian, rekapitulasi data, dan pemantauan perkembangan dapat dialihkan sebagian kepada sistem otomatis sehingga

guru memiliki waktu lebih luas untuk berinteraksi personal secara bermakna (Kit Ng et al., 2023). AI ditempatkan sebagai co-teacher yang membantu menyediakan data, sementara guru meneguhkan diri sebagai learning designer yang memastikan proses belajar tetap utuh, holistik, dan relevan bagi peserta didik.

Ranah pembelajaran sosial-emosional juga mempertegas kepemimpinan moral guru atas teknologi yang digunakan. Ketika AI hadir dalam dinamika kelas, guru bertugas menjaga agar interaksi digital tidak mengikis dimensi kolaboratif dan empatik yang menjadi inti pembentukan karakter anak (Fengchun et al., 2024; Kim et al., 2021). Kegiatan diskusi kelompok, proyek kemasyarakatan, permainan edukatif, dan refleksi afektif tetap diperlukan untuk memupuk kepedulian serta kebajikan kolektif. Teknologi memberi dukungan tambahan, tetapi relasi manusia membangun makna (Vashista et al., 2023).

Kepekaan guru terhadap suara dan pengalaman setiap anak menjadi esensi relasi edukatif humanis. AI harus diarahkan untuk membantu mengungkap potensi terbaik peserta didik, bukan menyeragamkannya dalam satu jalur algoritmik yang mengabaikan keberagaman identitas dan gaya belajar (Rochaendi et al., 2025). Guru menjadi jembatan antara kecerdasan buatan dan kecerdasan alami siswa, memastikan bahwa rasa ingin tahu, kreativitas, dan keberanian berekspresi terus tumbuh.

Paradigma ini menegaskan bahwa transformasi peran guru bukan berarti tergesernya posisi mereka, melainkan peningkatan signifikansi sebagai intelektual profesional yang mampu mensintesis ilmu pengetahuan, dimensi etika, dan sensitivitas emosional ketika teknologi hadir dalam ruang belajar. AI memberi data, efisiensi, dan kemudahan analitik, tetapi guru tetap memegang kunci pemberian makna, kebijaksanaan, dan kompas moral bagi peserta didik. Relasi edukatif humanis inilah yang menjaga marwah sekolah dasar sebagai taman tumbuh kembang anak, tempat kecerdasan tidak hanya dihitung, tetapi dirasakan dan dihayati; tempat karakter tidak hanya diajarkan, tetapi diteladankan; serta tempat kehidupan tidak hanya dipelajari, tetapi dicintai (Walter, 2024)

Integrasi Artificial Intelligence pada pendidikan dasar menegaskan bahwa teknologi bukan sekadar perangkat bantu, melainkan instrumen transformasi sistemik yang menuntut kesiapan ekosistem pendidikan secara menyeluruh. Keberhasilan implementasi memerlukan visi yang menempatkan AI sebagai mitra manusia, strategi bertahap yang memperkuat kapasitas guru dan tata kelola sekolah, serta kebijakan yang menjamin keamanan dan etika penggunaannya. Penerapan model implementasi adaptif melalui fase persiapan, integrasi terarah, hingga ekspansi inovatif menunjukkan bahwa teknologi cerdas hanya akan berdampak signifikan jika terinstitusionalisasi dalam praktik pembelajaran yang akuntabel serta responsif terhadap keragaman karakteristik peserta (Kim et al., 2021; Kit Ng et al., 2023). Penguatan kurikulum digital, literasi AI, dan pembelajaran berdiferensiasi menambah fondasi bagi terciptanya pengalaman belajar yang personal, relevan, dan sejalan tuntutan abad ke-21.

Transformasi tersebut pada saat yang sama menegaskan bahwa peran guru tetap menjadi pusat dari seluruh proses, bukan tergeser atau terpinggirkan oleh kehadiran teknologi. Guru memegang otoritas moral dan pedagogis untuk menjaga keseimbangan antara kecerdasan algoritmik dan nilai-nilai kemanusiaan, memastikan setiap keputusan instruksional bersandar pada sensitivitas terhadap perkembangan psikososial peserta

didik (Rochaendi, Fuadi, & Sari, 2024; The Department for Education, 2023). AI dapat menghadirkan efisiensi dan analitik pembelajaran yang unggul, tetapi kemampuan menghadirkan empati, dialog, keteladanan karakter, dan hubungan antarpribadi tetap berada pada ranah guru sebagai pendidik profesional. Strategi dan model implementasi yang dirancang, karenanya, tidak semata fokus pada kecanggihan teknologi, tetapi terutama pada keberlanjutan relasi edukatif humanis yang menjaga sekolah dasar menjadi ruang tumbuh kembang yang memerdekakan potensi dan martabat setiap anak.

Integrasi Artificial Intelligence dalam pembelajaran di sekolah dasar menegaskan bahwa teknologi telah menjadi bagian tak terpisahkan dari upaya peningkatan mutu pendidikan, sekaligus membuka babak baru rekonstruksi cara belajar dan mengajar. AI menghadirkan peluang besar bagi personalisasi pembelajaran, penguatan asesmen formatif, peningkatan inklusivitas, serta efisiensi tata kelola, sebagaimana tergambar melalui pemanfaatan learning analytics, tutor cerdas, dan konten adaptif berbasis data. Seluruh potensi tersebut memberikan dasar optimistis bahwa tantangan klasik sekolah dasar—seperti rendahnya capaian literasi dan numerasi, ketimpangan mutu antarwilayah, serta keterbatasan diferensiasi pembelajaran—dapat didekati melalui inovasi yang lebih terukur dan sistematis.

Realitas di lapangan sekaligus menunjukkan bahwa AI tidak pernah hadir dalam ruang kosong. Kesenjangan infrastruktur digital, disparitas literasi teknologi, keterbatasan kapasitas pedagogis guru, serta problem etika pemanfaatan data anak membentuk lanskap kompleks yang harus dihadapi secara jujur. Teknologi cerdas menyimpan potensi bias, risiko komersialisasi data, dan kemungkinan reduksi interaksi manusia apabila tidak dikelola dengan prinsip kehati-hatian. Analisis ini menegaskan bahwa AI bukan solusi instan, melainkan instrumen yang efektivitasnya sangat ditentukan oleh desain kebijakan, kesiapan ekosistem sekolah, serta kualitas refleksi kritis para pemangku kepentingan.

Simpulan penting lain merujuk pada posisi guru yang justru semakin strategis. Transformasi AI memindahkan guru dari sekadar penyampai informasi menjadi pemimpin pembelajaran yang menafsirkan data, merancang pengalaman belajar, dan menjaga watak humanistik pendidikan. Guru memegang mandat etis dan pedagogis untuk memastikan bahwa setiap keputusan instruksional yang memanfaatkan AI tetap berpijak pada martabat peserta didik, keseimbangan aspek kognitif–afektif, serta kebutuhan perkembangan sosial-emosional anak. AI dapat mempercepat proses, tetapi guru yang menentukan arah; AI dapat mengelola informasi, tetapi guru yang memberi makna.

Implikasi ke depan mengarah pada kebutuhan penguatan kebijakan yang komprehensif, mulai dari tata kelola data anak, standar etika pemanfaatan AI, hingga mekanisme akuntabilitas penyedia teknologi pendidikan. Negara perlu memastikan bahwa investasi teknologi diarahkan bukan sekadar pada pengadaan perangkat, melainkan juga pada peningkatan kapasitas guru, pengembangan kurikulum yang mengintegrasikan literasi AI, dan skema afirmatif bagi sekolah di wilayah tertinggal. Upaya ini menuntut koordinasi erat antara pemerintah, satuan pendidikan, perguruan tinggi, dan industri edtech agar integrasi AI berkontribusi nyata pada keadilan pendidikan, bukan memperlebar jarak.

Arah pengembangan ke depan juga meniscayakan riset berkelanjutan mengenai dampak pedagogis, sosial, dan etis penggunaan AI di sekolah dasar. Kebutuhan muncul atas model implementasi yang kontekstual Indonesia, praktik baik dari berbagai daerah, serta pengayaan teori mengenai relasi guru–siswa–teknologi pada usia dasar. Penguatan AI literacy bagi siswa sejak sekolah dasar perlu dirancang tidak hanya sebagai penguasaan teknis, tetapi sebagai

pendidikan kritis tentang bagaimana teknologi bekerja, apa batasannya, dan bagaimana menjaganya tetap berpihak pada kemanusiaan. Jika seluruh agenda ini dijalankan secara konsisten, integrasi AI berpeluang menjadi salah satu pilar penting transformasi pendidikan dasar menuju sistem yang lebih adaptif, berkeadilan, dan sungguh-sungguh memerdekakan potensi setiap anak.

Daftar Pustaka

- Akintola, A. S., Akintayo, M., Kadri, T., & Oforgu, C. M. (2024). Adaptive AI Systems in Education: Real-Time Personalised Learning Pathways for Skill Development. *Proceedings of ISETE International Conference*, 6–12.
- Alali, R., Wardat, Y., Al-Saud, K., & Alhayek, K. A. (2024). Generative AI in Education: Best Practices for Successful Implementation. *International Journal of Religion*, 5(9), 1016–1025.
- Benoit, K. (2024). AI and Data Science for Public Policy. *LSE Public Policy Review*, 3(3), 1–6.
- Bozkurt, A. (2024). The Manifesto for Teaching and Learning in a Time of Generative AI: A Critical Collective Stance to Better Navigate the Future. *Open Praxis*, 16(4), 485–513.
- Brazil, J., Yang, S., & van der Kleij, F. (2025). AI systems in teaching and learning: Principles and practical examples. Building a PATH forward. The Australian Council for Educational Research Ltd.
- Damodaran, A., & Kanwar, S. (2025). AI IN SCHOOL EDUCATION: TOWARDS A PREPAREDNESS FRAMEWORK.
- Fengchun, M., Shiohira, K., & laon, N. (2024). AI competency framework for students.
- Giannini, S. (2023). Generative AI and the future of education. UNESCO.
- Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, K., Sutherland, E., Baker, T., Shum, S. B., Santos, O. C., Rodrigo, M. T., Cukurova, M., Bittencourt, I. I., & Koedinger, K. R. (2022). Ethics of AI in Education: Towards a Community-Wide Framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32, 504–526. <https://doi.org/DOI:10.1007/s40593-021-00239-1>
- Kim, J., Lee, H., & Cho, Y. H. (2021). Learning design to support student-AI collaboration: perspectives of leading teachers for AI in education. *Education and Information Technologies*, 27, 6069–6104. <https://doi.org/DOI:10.1007/s10639-021-10831-6>
- Kit Ng, D. T., Leung, J. K. L., & Wui Ng, R. C. (2023). Teachers’ AI digital competencies and twenty first century skills in the post pandemic world. *Education Tech Research Dev*, 71, 137–161.
- Kreinsen, M., & Achulz, S. (2023). Towards the Triad of Digital Literacy, Data Literacy and AI Literacy in Teacher Education – A Discussion in Light of the Accessibility of Novel Generative AI.
- Langeveldt, D. C. (2024). AI-Driven Leadership: A Conceptual Framework for Educational Decision-Making in the AI Era. *E-Journal of Humanities, Arts and Social Sciences (EHASS)*, 5(8), 1582–1595. <https://doi.org/DOI:10.38159/ehass.20245812>
- Lee, Y.-J., Davis, R. O., & Ryu, J. (2024). Korean in-Service Teachers’ Perceptions of Implementing Artificial Intelligence (AI) Education for Teaching in Schools and Their AI Teacher Training Programs. *International Journal of Information and Education Technology*, 14(2), 214–219. <https://doi.org/DOI:10.18178/ijiet.2024.14.2.2042>
- Luckin, R., & Holmes, W. (2016). *Intelligence Unleashed: An argument for AI in Education*. Pearson.
- Miao, F., & Cukurova, M. (2024). AI competency framework for teachers. UNESCO.
- Molina, E., Cobo, C., Pineda, J., & Rovner, H. (2024). *AI Revolution in Education*. International Bank for Reconstruction and Development/ The World Bank.

- Na, S., Heo, S., Han, S., Shin, Y. S., & Roh, Y. S. (2022). Acceptance Model of Artificial Intelligence (AI)-Based Technologies in Construction Firms: Applying the Technology Acceptance Model (TAM) in Combination With the Technology–Organisation–Environment (TOE) Framework. *Buildings*, 12(2), 90.
- Porayska-Pomsta, K., Holmes, W., & Nemorin, S. (2022). The Ethics of AI in Education. In *Handbook of Artificial Intelligence in Education*.
- Rochaendi, E. (2025). *Pengelolaan Deep Learner di Sekolah Dasar*. ITERA Press.
- Rochaendi, E., Fuadi, A., & Arifin, A. S. (2024). *Manajemen Pendidikan. Perspektif dan Praktik Kebijakan di Sekolah Dasar*. ITERA Press.
- Rochaendi, E., Fuadi, A., & Sari, I. P. (2024). *Problematika Pembelajaran di Sekolah Dasar. Sebuah Catatan Reflektif*. ITERA Press.
- Rochaendi, E., Sholihah, D. A., & Ma'mun, S. (2025). *Kurikulum Sekolah Dasar. Perspektif Filosofis, Inovasi dan Implementasi*. ITERA Press.
- Rutti-Joy, O., Winder, G., & Biedermann, H. (2023). Building AI Literacy for Sustainable Teacher Education. *Zeitschrift Für Hochschulentwicklung*, 18(4), 175–189. <https://doi.org/https://orcid.org/0000-0002-0371-0599>
- Schiff, D. (2022). Education for AI, not AI for Education: The Role of Education and Ethics in National AI Policy Strategies. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32, 527–563. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s40593-021-00270-2>
- Strielkowski, W., Grebennikova, V., Lisovskiy, A., Rakhimova, G., & Vasileva, T. (2024). AI-driven adaptive learning for sustainable educational transformation. *Sustainable Development*, 1–27. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/sd.3221>
- The Department for Education. (2023). *Generative AI in education*. The Department for Education.
- UNESCO. (2022). *K-12 AI curricula: a mapping of government-endorsed AI curricula*. UNESCO.
- Vashista, N., Gugnani, P., & Bala, M. (2023). The Educator's Lens: Understanding the Impact of AI on Management Education. *International Journal of Education and Development Using Information and Communication Technology*, 19(3), 9–27.
- Walter, Y. (2024). Embracing the future of Artificial Intelligence in the classroom: the relevance of AI literacy, prompt engineering, and critical thinking in modern education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 21(15). <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s41239-024-00448-3>
- Williamson, B. (2024). The Social life of AI in Education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 34, 97–104.

Kesiapan Guru dan Siswa dalam Menghadapi Implementasi AI pada Pembelajaran di SD: Studi Perspektif dan Arah Pengembangan

Asim Supriadi

Percepatan transformasi digital telah menggeser batas tradisional ruang belajar dan membawa sekolah dasar memasuki fase edukasi yang terhubung secara cerdas melalui pemanfaatan Artificial Intelligence (AI). AI tidak sekadar hadir sebagai alat bantu teknis, melainkan sebagai kekuatan epistemik baru yang mengubah cara pengetahuan dikonstruksi, dianalisis, dan dialami oleh peserta didik. Perubahan ini memperkuat model pembelajaran yang berorientasi pembelajar, di mana keunikan karakteristik masing-masing anak dihargai sebagai dasar penyusunan strategi instruksional adaptif yang lebih manusiawi (Saleem et al., 2025). Transformasi tersebut memberi peluang memecahkan persoalan klasik pembelajaran dasar yang selama ini sulit diatasi melalui pendekatan homogen dan satu arah (Akintola et al., 2024).

Perhatian dunia pendidikan mengarah kepada kemampuan AI membaca pola belajar secara real-time melalui analitik berbasis data besar, memberikan umpan balik langsung, serta memfasilitasi jalur belajar personal yang tidak bergantung pada ritme kelas secara keseluruhan (Majeed et al., 2025). Pendekatan ini memungkinkan guru menajamkan keputusan pembelajaran berdasarkan bukti dan kebutuhan aktual siswa, terutama bagi mereka yang kerap tertinggal dalam sistem yang padat dan standar. Kapasitas AI memperluas kesempatan bagi pembelajaran berdiferensiasi yang sebelumnya sangat menantang diterapkan pada kelas besar yang heterogeny (Silva et al., 2024).

Kemunculan AI juga berkaitan erat dengan agenda peningkatan mutu pembelajaran sekolah dasar yang hingga kini masih berjuang mengejar target capaian literasi dan numerasi di tingkat nasional. Peluang pemanfaatan teknologi cerdas dianggap mampu mempercepat intervensi pedagogis untuk mengatasi learning loss, memperkuat motivasi belajar, serta memastikan tidak ada siswa yang tertinggal dalam perkembangan kompetensi dasar (Bećirović et al., 2025). Perspektif pembangunan manusia menekankan bahwa kualitas pengalaman belajar awal menentukan daya saing generasi masa depan, sehingga pemanfaatan AI menjadi bagian penting dari strategi peningkatan kualitas layanan pendidikan (Umoke et al., 2025).

Arah transformasi tersebut semakin relevan ketika sekolah-sekolah menghadapi tuntutan pembelajaran abad ke-21 yang menekankan kreativitas, pemikiran kritis, kolaborasi, serta kecakapan digital. AI menciptakan akses lebih luas terhadap sumber belajar, simulasi interaktif, dan lingkungan virtual yang memungkinkan eksplorasi konsep secara lebih kontekstual serta menyenangkan bagi peserta didik usia dasar (World Economic Forum, 2024). Anak bukan hanya menjadi penerima informasi, melainkan partisipan aktif yang berinteraksi dengan agen cerdas untuk mengonstruksi makna dan solusi atas permasalahan nyata.

Potensi besar yang ditawarkan AI tetap tidak terlepas dari risiko pedagogis maupun tantangan implementatif yang harus diantisipasi. Kesiapan guru sebagai ujung tombak pembelajaran

menentukan sejauh mana teknologi bekerja secara pedagogis, bukan sekadar kosmetik digital. Sikap profesional guru, tingkat literasi AI, dan kemampuan memadukan hasil analitik data ke dalam pengambilan keputusan instruksional menjadi dimensi krusial. (Tanzi & Hermanto, 2024) menggarisbawahi bahwa penerapan AI membutuhkan peran guru sebagai desainer pembelajaran dan kurator informasi yang menjaga agar penggunaan teknologi tetap searah visi pendidikan yang humanistik (Molina et al., 2024).

Siswa sekolah dasar turut memiliki karakteristik perkembangan unik yang menjadikan kesiapan mereka terhadap penggunaan AI perlu dikaji secara hati-hati. AI dapat meningkatkan kemandirian belajar, namun perlu pengawasan ketat agar teknologi tidak menurunkan interaksi sosial, empati, dan perkembangan moral. Fengchun et al. (2024) mengingatkan bahwa keseimbangan antara dukungan teknologi dan pengalaman belajar interpersonal harus dijaga, mengingat tahap perkembangan anak menuntut kehadiran bimbingan emosional dari figur pendidik. Kesiapan siswa mencakup literasi digital, kontrol diri, dan kemampuan memahami konsekuensi perilaku di ruang digital yang rentan menimbulkan risiko (Miao et al., 2024).

Tantangan besar muncul dari isu etika, privasi data, dan prinsip keadilan dalam algoritma yang digunakan AI. Sistem AI menyimpan jejak data personal siswa, mulai dari performa akademik hingga perilaku digital. Risiko bias algoritmik berpotensi menciptakan labelisasi negatif yang menghambat perkembangan diri anak. Xu (2025) menekankan bahwa penerapan AI harus memperhatikan perlindungan hak anak serta menjamin keamanan data secara ketat. Pengawasan regulatif dan tata kelola etis menjadi satu kesatuan yang tidak dapat dinegosiasikan dalam konteks pendidikan dasar yang melibatkan kelompok rentan.

Kompleksitas implementasi semakin terlihat ketika mempertimbangkan ketimpangan infrastruktur digital antarwilayah. Reformasi digital tidak akan mencapai tujuan jika hanya dinikmati sebagian kecil sekolah yang sudah maju. Kesenjangan jaringan internet, ketersediaan perangkat, serta dukungan teknis menjadi determinan nyata yang menentukan keadilan akses terhadap inovasi pendidikan (Damodaran & Kanwar, 2025; Lee et al., 2024). Tanpa pemerataan infrastruktur, AI justru berpotensi memperlebar jarak mutu layanan pendidikan dan menghambat agenda pemerataan kualitas nasional.

Kolaborasi multipihak menjadi keharusan untuk mengatasi seluruh tantangan tersebut dan memastikan keberlanjutan inovasi. Pemerintah, lembaga pendidikan tinggi, penyedia teknologi, serta komunitas belajar memegang peran strategis dalam memperkuat kapasitas sumber daya manusia, menyediakan dukungan teknis, serta mengawal arah transformasi agar tetap memuliakan martabat anak sebagai pusat pendidikan. Strielkowski et al. (2024) menegaskan bahwa perubahan struktural hanya dapat terwujud jika pemangku kepentingan berbagi visi yang sama mengenai hubungan harmonis antara kecerdasan buatan dan kecerdasan manusia (Haetami, 2025).

Menguji kesiapan guru dan siswa menjadi langkah awal yang sangat menentukan keberhasilan perjalanan panjang integrasi AI di sekolah dasar. Gambaran mengenai kondisi riil kesiapan, persepsi, serta kebutuhan dukungan akan membantu merumuskan strategi berbasis bukti bagi

perencanaan implementasi. Analisis kritis atas kesiapan aktor utama pendidikan ini memberikan arah pengembangan yang sejalan tujuan utama pendidikan dasar: menumbuhkan generasi yang cerdas, berkarakter, dan mampu merawat nilai kemanusiaan di tengah di era teknologi cerdas (Tanzi & Hermanto, 2024).

Keseluruhan konteks ini memperlihatkan bahwa AI bukan hanya soal teknologi, tetapi tentang bagaimana manusia menggunakannya untuk memperkuat hakikat pembelajaran. Keberhasilan implementasi AI akan sangat ditentukan oleh kesiapan akademik, psikologis, dan etis guru dan siswa. Oleh karena itu, kajian terhadap kesiapan keduanya merupakan fondasi yang tidak dapat diabaikan untuk memastikan transformasi pembelajaran berlangsung inklusif dan bermakna bagi semua anak (Ayodele et al., 2023).

A. Perspektif Kesiapan Guru: Kompetensi, Sikap, dan Dukungan Ekosistem

Perubahan lanskap pembelajaran berbasis Artificial Intelligence (AI) telah memperluas cakupan profesionalisasi guru secara signifikan. Guru tidak lagi diposisikan semata sebagai penyampai pengetahuan, melainkan sebagai arsitek pengalaman belajar yang memastikan teknologi cerdas bekerja searah tujuan pedagogis. Penguatan kompetensi teknopedagogis menjadi elemen mendasar yang menentukan keberhasilan transformasi digital tersebut. Istilah teknopedagogis merujuk pada kemampuan memadukan teknologi dan strategi instruksional agar setiap komponen saling menguatkan serta mengarah pada pembelajaran yang lebih adaptif dan bermakna bagi setiap peserta didik (Selwyn, 2019). Guru yang kompeten mampu mengelola AI bukan sebagai alat bantu administratif, tetapi sebagai instrumen pendukung pengambilan keputusan berbasis data serta pendampingan belajar personal.

Teknologi berbasis AI menghasilkan learning analytics yang merekam, mengolah, dan menyajikan jejak belajar anak secara real-time. Data tersebut menggambarkan dinamika pemahaman, kesulitan konseptual, tingkat motivasi, hingga pola interaksi siswa dengan materi. Lee et al. (2024) menegaskan bahwa pemanfaatan data seperti ini menuntut kemampuan guru membaca indikator secara kritis dan mengkonversinya ke dalam keputusan pedagogis yang tepat. Guru perlu memahami kapan intervensi diberikan, strategi apa yang dipilih, serta bagaimana penguatan dilakukan tanpa mengurangi otonomi belajar anak. Kompetensi interpretatif semacam ini membedakan guru profesional dari sekadar operator teknologi yang hanya mengikuti rekomendasi algoritmik tanpa telaah reflektif (Miao & Cukurova, 2024).

Pendekatan pembelajaran berdiferensiasi semakin menemukan relevansinya melalui penerapan AI. Setiap siswa memiliki kecepatan, gaya belajar, serta kebutuhan pendampingan yang berbeda. AI menyediakan adaptasi kurikulum secara personal: tugas yang menantang bagi anak yang lebih cepat, bantuan remedial bagi yang masih kesulitan, dan pengayaan materi bagi mereka yang siap melampaui tahapan kelas (Rutti-Joy et al., 2023). Peran guru menegaskan bahwa adaptasi tersebut harus tetap memperhatikan keseimbangan psikologis dan sosial peserta didik. Tingkat personalisasi yang terlalu mekanis dapat menjauhkan siswa dari interaksi kelompok dan kesempatan membangun

kemampuan sosial. Guru diharapkan mampu menyelaraskan hasil rekomendasi AI dengan dinamika realitas kelas yang lebih kompleks daripada data statistik yang tampil di layar perangkat (Kit Ng et al., 2023).

Integritas profesional menjadi kompetensi lanjutan yang tidak dapat dinegosiasikan. Teknologi dapat mengoptimalkan efisiensi proses belajar, tetapi hanya guru yang dapat memastikan pengalaman pendidikan tetap berpihak kepada nilai-nilai kemanusiaan. Küçükuncular & Ertugan (2025) menekankan bahwa guru memegang mandat etik untuk menjaga keamanan, keadilan, dan keselamatan psikologis anak saat berinteraksi dengan platform digital. Pendekatan humanistik harus menjadi fondasi saat AI dipakai dalam asesmen, agar siswa tetap dipandang sebagai subjek yang berkembang, bukan angka yang dinilai oleh model prediktif. Guru harus selektif dalam memilih teknologi, mengkritisi bias algoritmik, serta memastikan penggunaan AI menegakkan prinsip nondiskriminasi terhadap peserta didik berkebutuhan khusus maupun mereka yang berasal dari lingkungan kurang beruntung (Kim et al., 2021; Kit Ng et al., 2023).

Tuntutan profesional tersebut hanya dapat terpenuhi apabila guru memiliki sikap positif dan kepercayaan diri terhadap inovasi digital. Sikap yang terbuka terhadap perubahan akan menumbuhkan motivasi belajar sepanjang hayat dan menyiapkan guru menghadapi evolusi teknologi yang bergerak cepat (Kim et al., 2021). Beberapa guru masih mengalami kecemasan teknologi karena minim pengalaman dan keterbatasan pelatihan sistematis. Kekhawatiran bahwa AI dapat menggantikan sebagian fungsi guru juga memunculkan perasaan terancam terhadap eksistensi peran profesional mereka. Perasaan tersebut sering berkembang menjadi resistensi, bukan terhadap teknologi itu sendiri, tetapi terhadap risiko hilangnya kontrol pedagogis atau kewibawaan akademik di dalam kelas.

Hambatan psikologis tersebut menggambarkan bahwa transformasi digital bukan sekadar persoalan peningkatan keterampilan teknis, tetapi juga penguatan mindset profesional. Kit Ng et al. (2023) meyakini bahwa guru akan lebih mudah menerima AI ketika mereka memahami bahwa teknologi bukan pengganti, melainkan perpanjangan tangan yang memperkuat kapasitas humanis mereka. AI mengurangi beban kerja repetitif seperti penilaian rutin atau rekapitulasi data, sehingga guru memiliki lebih banyak ruang untuk menghadirkan pendampingan emosional dan hubungan interpersonal berkualitas yang tidak dapat digantikan oleh mesin. Teknologi memperbesar ruang kreativitas pedagogik, bukan menghilangkannya (Miao & Cukurova, 2024).

Penguatan kompetensi teknopedagogis dan sikap profesional itu sangat dipengaruhi kualitas pendampingan dalam ekosistem sekolah. Budaya kerja yang suportif memfasilitasi tumbuhnya eksperimen pedagogis, kolaborasi antarguru, dan praktik berbasis refleksi berkelanjutan (Miao & Cukurova, 2024; Selwyn, 2019). Ketika ruang inovasi dibuka, guru termotivasi mencoba pendekatan baru, menganalisis hasilnya, serta mendesain ulang strategi jika dibutuhkan. Kepemimpinan sekolah berperan penting sebagai inspirator perubahan yang memberi insentif bagi pemanfaatan AI serta

memastikan partisipasi semua guru, bukan hanya mereka yang lebih melek teknologi (Lee et al., 2024).

Ekosistem pendukung juga mencakup penyediaan infrastruktur memadai yang menjamin akses setara terhadap perangkat digital dan kelancaran jaringan internet. Damodaran & Kanwar (2025) menegaskan bahwa sekolah yang belum memiliki sarana teknologi memadai akan sulit meningkatkan literasi digital guru, sehingga memunculkan ketimpangan kemampuan antarsekolah. Pemutakhiran perangkat dan fasilitas teknologi harus diiringi pelatihan intensif yang tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga memberikan pemahaman pedagogis mendalam tentang peran AI dalam asesmen, materi ajar, serta penugasan berbasis diferensiasi (Chan, 2023).

Kolaborasi multipihak turut menjadi penguat kesiapan guru. Kemitraan bersama perguruan tinggi dan industri teknologi mampu menyediakan program peningkatan kompetensi berkelanjutan yang selalu mengikuti perkembangan terbaru kecerdasan buatan (Khan, 2023). Model pendampingan berbasis komunitas praktisi juga menjadi medium efektif dalam berbagi pengetahuan dan pengalaman implementasi AI yang konkret di kelas. Kurikulum pelatihan yang komprehensif serta kesempatan magang teknologi edukasi dapat mempercepat peningkatan kapasitas guru dalam skala luas (Kim et al., 2021).

Aspek penting lain berkaitan erat terhadap workload guru. Tidak sedikit guru menganggap teknologi digital justru menambah beban administratif baru seperti input data dan monitoring platform online. Persepsi tersebut muncul ketika sekolah tidak menyediakan dukungan teknis yang memadai atau sistem pembelajaran digital tidak terintegrasi secara baik. Harus dipastikan bahwa teknologi memudahkan kerja guru, bukan mempersulit proses pembelajaran yang sudah memiliki tantangan inheren. Perencanaan implementasi wajib memastikan harmonisasi prosedur kerja serta integrasi sistem informasi yang efisien agar guru dapat merasakan manfaat langsung dari penerapan AI (Miao & Cukurova, 2024; Selwyn, 2019).

Profesionalisme guru akan berkembang secara signifikan ketika mereka memiliki ruang refleksi untuk mengaitkan pengalaman empirik di kelas dengan landasan teoretis mengenai pedagogi dan perkembangan anak. Transformasi digital harus diikuti peningkatan kesadaran kritis terhadap implikasi penggunaan AI terhadap otonomi siswa, keadilan pembelajaran, serta kesehatan mental. Guru yang mampu melakukan refleksi dan evaluasi diri secara konsisten akan lebih siap menghadapi dinamika perubahan teknologi yang tidak pernah berhenti (Haetami, 2025; Strielkowski et al., 2024).

Keseluruhan analisis memperlihatkan bahwa kesiapan guru merupakan pilar fundamental dalam integrasi AI di sekolah dasar. Kapasitas teknopedagogis, sikap profesional, serta dukungan ekosistem yang kondusif membentuk satu sistem yang saling terkait erat. Kelemahan satu aspek berpotensi menghambat keseluruhan upaya transformasi. Karena itu, intervensi penguatan kompetensi dan kebijakan harus dirancang secara menyeluruh,

bukan terfokus pada pelatihan teknis semata. Guru perlu diperlakukan sebagai mitra strategis yang dihormati kapasitas intelektualnya, bukan sebagai pengguna teknologi yang hanya menerima instruksi (Kim et al., 2021; Tanzi & Hermanto, 2024).

Keberhasilan implementasi AI bergantung pada seberapa jauh guru mampu memaknai teknologi sebagai instrumen untuk memperluas ruang belajar anak serta menguatkan nilai humanis dalam proses pendidikan. AI mungkin unggul dalam analisis data, tetapi hanya guru yang dapat memberikan sentuhan emosional, inspirasi moral, dan keteladanan yang menumbuhkan karakter. Relasi ini memastikan pendidikan tetap menjadi ruang pembentukan manusia berintegritas, bukan sekadar ruang produksi kompetensi teknis (Fengchun et al., 2024; Miao et al., 2024).

B. Perspektif Kesiapan Siswa: Literasi Digital, Kematangan Belajar, dan Perlindungan Etis

Transformasi digital berbasis Artificial Intelligence (AI) menghadirkan realitas baru bagi peserta didik sekolah dasar yang tengah membangun identitas belajar, kontrol diri, dan kemandirian dalam memahami pengetahuan. Jenjang sekolah dasar merupakan fase perkembangan penting ketika anak mulai memasuki tahap berpikir operasional konkret serta mulai mengenali logika kausalitas yang lebih terstruktur. AI memperbesar peluang bagi anak untuk mengeksplorasi konsep melalui simulasi interaktif, pendampingan personal, dan pembelajaran adaptif yang menyesuaikan kemampuan setiap siswa secara dinamis (Damodaran & Kanwar, 2025). Kesiapan siswa bukan semata tentang kecakapan teknis menggunakan platform digital, melainkan juga kemampuan metakognitif, regulasi emosi, serta kesadaran etis dalam berinteraksi dengan teknologi (Kim et al., 2021; Miao et al., 2024).

Literasi digital menjadi fondasi utama yang menentukan bagaimana peserta didik memahami dan memanfaatkan AI untuk tujuan belajar. Literasi ini tidak hanya mencakup keterampilan menavigasi perangkat dan aplikasi, tetapi juga mencakup kemampuan mengenali informasi kredibel, memahami struktur logika sistem, serta bertanya secara kritis terhadap konten yang ditampilkan algoritma (Figaredo & Stoyanovich, 2023). Anak usia sekolah dasar memerlukan pendampingan untuk menyadari bahwa teknologi tidak selalu netral dan dapat menampilkan hasil yang bias atau tidak akurat. Kemampuan membedakan informasi yang objektif dari preferensi algoritmik menjadi aspek penting literasi digital yang belum banyak dipahami oleh siswa di tingkat dasar (Lyublinskaya & Du, 2025).

Pembelajaran berbasis AI memungkinkan munculnya personalisasi jalur belajar yang menyesuaikan karakteristik dan gaya belajar masing-masing siswa. Sistem adaptif dapat memberikan intervensi remedial ketika mendeteksi miskonsepsi atau menyediakan pengayaan untuk siswa yang sudah melampaui target capaian (Ejjami, 2024). Kendati demikian, kemandirian belajar siswa masih berkembang secara bertahap. Anak memerlukan arahan guru untuk memahami tujuan belajar, memantau progres diri, dan mengevaluasi strategi yang digunakan. AI harus dirancang untuk mendorong kontrol diri

progresif, bukan menghasilkan ketergantungan masif pada bantuan otomatis sehingga anak kehilangan kapasitas untuk berusaha dan berlatih mengatasi tantangan akademik secara mandiri (Singh, 2024; World Economic Forum, 2024).

Keberhasilan pemanfaatan AI terkait erat hubungan antara teknologi dan perkembangan sosial-emosional siswa. Usia sekolah dasar merupakan tahap ketika anak belajar membangun kepercayaan diri, interaksi sosial, empati, dan kolaborasi. Teknologi yang menggantikan terlalu banyak peran komunikasi antarmanusia berpotensi menimbulkan isolasi digital, menurunkan sensitivitas terhadap ekspresi emosional orang lain, serta memperlemah keterampilan bekerja sama secara langsung (Funa & Gabay, 2025). Guru dan orang tua memegang peran penting sebagai penjaga agar peserta didik tidak terjebak dalam ketergantungan interaksi satu arah bersama mesin cerdas, yang hanya mampu memberikan respons berdasarkan pola data tanpa empati autentik (Gabay & Funa, 2025).

Konsep literasi AI menjadi perlu untuk mulai diperkenalkan di usia sekolah dasar secara bertahap. Literasi ini mencakup pemahaman mendasar mengenai apa itu algoritma, bagaimana data digunakan untuk memberikan rekomendasi belajar, dan bahwa teknologi memiliki keterbatasan serta potensi bias. Figaredo & Stoyanovich (2023) mencatat bahwa pemahaman semacam ini dapat menumbuhkan kesadaran kritis siswa terhadap intervensi teknologi sehingga mereka tidak sepenuhnya menyerahkan kontrol belajar kepada sistem, melainkan tetap aktif sebagai pengambil keputusan belajar. Semakin dini pemahaman ini diajarkan, semakin besar peluang terbentuknya generasi yang mampu menggunakan AI secara bertanggung jawab dan etis (Rutti-Joy et al., 2023; Walter, 2024).

Regulasi diri menjadi tantangan signifikan bagi anak yang sedang belajar menggunakan AI. Sistem yang mampu menjawab pertanyaan secara otomatis dapat menurunkan motivasi anak untuk berusaha memecahkan masalah secara mandiri. Kecenderungan ini akan menghambat pembentukan karakter ulet serta kemampuan problem solving berbasis nalar kritis yang menjadi tujuan utama pendidikan abad 21 (Bećirović et al., 2025; Walter, 2024). Guru perlu merancang strategi yang menegaskan AI sebagai pendamping, bukan pelaksana penuh tugas akademik anak. Proses scaffolding harus tetap diberikan sehingga anak belajar merumuskan pertanyaan, menjajaki solusi alternatif, serta melakukan refleksi terhadap hasil kerjanya (Lyublinskaya & Du, 2025).

Kemampuan berkolaborasi termasuk bagian dari kesiapan siswa yang tidak boleh terpinggirkan oleh teknologi. AI dapat membantu mengelompokkan siswa berdasarkan capaian belajar, tetapi keterampilan sosial tetap harus dipupuk melalui interaksi langsung yang menumbuhkan empati, komunikasi efektif, dan sikap saling menghargai. Program pembelajaran perlu memadukan aktivitas berbasis AI yang berorientasi individual dengan aktivitas kelompok seperti diskusi, permainan edukatif, dan proyek kolaboratif yang melibatkan pengalaman nyata di dunia sosial (Khan, 2023; Kim et al., 2021). Ruang belajar tetap harus menjadi ekosistem sosial yang sehat, bukan isolasi digital yang dingin (Kim et al., 2021; Zavalevskyi et al., 2024).

Perlindungan etis menjadi isu utama ketika membicarakan kesiapan siswa memanfaatkan AI. Seluruh aktivitas yang dilakukan siswa di ekosistem digital menghasilkan jejak data yang bersifat sensitif. Data tersebut mencakup rekaman performa akademik, profil kognitif, emosi belajar, kebiasaan digital, dan interaksi yang dapat dianalisis untuk membuat prediksi perilaku di masa depan (Bing & Leong, 2025; Porayska-Pomsta et al., 2022). Pengelolaan data tanpa etika yang kuat dapat berpotensi mengancam privasi anak, memperbesar risiko penyalahgunaan informasi, atau bahkan mengonstruksi label akademik yang menstigma perkembangan siswa pada fase berikutnya. Terdapat kebutuhan mendesak untuk memastikan adanya tata kelola data yang transparan, aman, dan berpihak kepada hak-hak peserta didik (Holmes et al., 2022).

Isu bias algoritmik turut menuntut perhatian serius. Sistem AI yang dilatih menggunakan data yang tidak inklusif dapat menghasilkan diskriminasi terhadap siswa berkebutuhan khusus, siswa dari daerah terpencil, atau siswa yang memiliki latar belakang sosio-ekonomi tertentu (Xu, 2025). Bias tersebut dapat menyebabkan rekomendasi belajar tidak tepat, bahkan memperlebar kesenjangan capaian akademik yang berusaha diatasi melalui teknologi. Guru perlu memiliki literasi etis untuk mengenali potensi bias tersebut serta melakukan koreksi melalui kebijakan pembelajaran yang bersifat lebih adaptif dan adil bagi semua peserta didik (Rutti-Joy et al., 2023).

Aspek perlindungan kesehatan mental siswa juga perlu dikawal secara ketat. Akses pendidikan digital berlebihan dapat meningkatkan risiko kelelahan mental, kecemasan, dan kecanduan teknologi (Pawar, 2023). Anak usia sekolah dasar masih membutuhkan stimulasi fisik, permainan di ruang terbuka, dan interaksi keluarga yang hangat untuk memastikan keseimbangan perkembangan pada seluruh domain pertumbuhan. Program literasi digital yang berorientasi kesejahteraan psikososial wajib menjadi bagian dari strategi implementasi AI sehingga siswa tidak hanya cerdas secara kognitif, tetapi juga sehat secara emosional (Küçük et al., 2025; Silva et al., 2024).

Kesiapan siswa menghadapi pembelajaran berbasis AI terletak pada sinergi antara bimbingan guru, dukungan keluarga, serta kebijakan sekolah yang melindungi perkembangan holistik anak. Kurikulum yang mengintegrasikan AI secara bijaksana harus memprioritaskan pengembangan kemandirian dan karakter siswa sebagai pembelajar sepanjang hayat. Sistem pembelajaran yang menempatkan AI sebagai penguat kecerdasan alami, bukan penggantinya, akan mendorong anak menemukan kegembiraan belajar, mengasah kreativitas, dan memperluas kapasitas reflektif mereka sebagai pemikir muda (Fengchun et al., 2024; Khan, 2023).

Implementasi AI yang bertanggung jawab akan menciptakan generasi yang tidak hanya terampil memanfaatkan teknologi, tetapi juga mampu mengkritisi serta memanusiakan penggunaannya. Anak perlu memahami bahwa mereka adalah subjek yang mengendalikan teknologi, bukan objek yang dikendalikan algoritma. Kesadaran tersebut membangun fondasi literasi etis yang sangat penting pada era digital yang terus berkembang. Penguatan nilai integritas, otonomi, dan keadilan menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari

pembelajaran berbasis AI, karena AI harus membantu menumbuhkan manusia yang berkarakter mulia dan memiliki komitmen terhadap kemaslahatan sosial (Alali et al., 2024; Lee et al., 2024).

Keseluruhan perspektif menunjukkan bahwa kesiapan siswa tidak dapat dipisahkan dari pendampingan yang diberikan lingkungan pendidikan. Literasi digital, kematangan belajar, dan perlindungan etis merupakan pilar yang saling melengkapi, membentuk struktur kesiapan yang secara komprehensif mendukung keberhasilan pembelajaran berbasis kecerdasan buatan. Setiap upaya inovasi teknologi harus berpijak pada prinsip memelihara martabat dan potensi peserta didik, sehingga AI benar-benar menjadi wahana yang membantu mereka bertumbuh sebagai pribadi yang utuh, kreatif, dan peduli pada lingkungan sosial (Funa & Gabay, 2025; World Economic Forum, 2024).

C. Faktor Pendukung dan Penghambat Kesiapan

Kesiapan ekosistem sekolah dasar menghadapi implementasi Artificial Intelligence (AI) sangat ditentukan oleh sejauh mana sekolah memiliki kapasitas sistemik untuk merespons perubahan teknologi dan pedagogi secara terintegrasi. Transformasi digital tidak bisa disederhanakan sebagai inovasi perangkat, melainkan memerlukan tata kelola yang memastikan keberlanjutan, pemerataan, dan keberpihakan terhadap kebutuhan perkembangan peserta didik. Faktor pendukung memberi landasan bagi sekolah untuk beradaptasi cepat sekaligus menjaga nilai-nilai humanistik. Sebaliknya, faktor penghambat berpotensi memperlebar kesenjangan kualitas layanan pendidikan apabila tidak dikelola secara strategis (AITSL, 2023; Gabay & Funa, 2025). Analisis keduanya harus diletakkan sebagai kerangka yang saling melengkapi agar kesiapan sekolah tidak hanya bersifat administratif, tetapi juga menyentuh kompetensi pedagogis dan moral seluruh pelaku pendidikan (Khan, 2023).

Kepemimpinan sekolah yang visioner menempati posisi sentral sebagai penggerak transformasi. Kepala sekolah yang memiliki orientasi futuristik mengenai pemanfaatan teknologi akan lebih berani membuka ruang bagi inovasi, membangun jejaring, serta memobilisasi sumber daya internal secara efektif. Kepemimpinan seperti ini menghendaki adanya dukungan terhadap eksperimen pedagogis dan pengembangan kompetensi guru secara berkelanjutan (Langeveldt, 2024). Keberhasilan transformasi AI tidak dapat dilepaskan dari kepemimpinan yang mampu menafsirkan teknologi sebagai sarana memanusiakan pendidikan, bukan menggeser karakter relasi edukatif yang telah lama menjadi inti pendidikan dasar (Tanzi & Hermanto, 2024).

Infrastruktur digital yang memadai menjadi faktor material yang menentukan akses dan kelancaran penggunaan AI di ruang kelas. Sekolah yang telah memiliki perangkat pendukung, jaringan internet stabil, dan sistem keamanan siber yang kuat akan lebih mudah mengintegrasikan teknologi cerdas ke dalam proses pembelajaran daripada sekolah yang masih bergelut dengan keterbatasan teknis. Ketersediaan infrastruktur perlu diarahkan untuk menciptakan lingkungan digital yang aman, adaptif, dan memungkinkan semua peserta didik memperoleh akses pembelajaran yang setara (Kit Ng et al., 2023).

Infrastruktur yang kuat bukan hanya mengenai keberadaan perangkat, tetapi juga ketersediaan layanan teknis dan budaya penggunaan yang bertanggung jawab (Ayodele et al., 2023).

Kemitraan multipihak memperkuat kapasitas sekolah dalam menghadapi perkembangan teknologi yang cepat. Dukungan dari pemerintah daerah, perguruan tinggi, komunitas belajar, hingga industri teknologi membuka akses sumber daya yang tidak dapat disediakan sekolah secara mandiri (Kim et al., 2021). Sinergi lintas sektor menghasilkan ekosistem inovasi yang dinamis, di mana penelitian, pelatihan, serta penyediaan perangkat AI dapat diaktualisasikan secara berkelanjutan. Kolaborasi tersebut menciptakan kesempatan pemerataan edukasi berbasis AI, terutama bagi sekolah yang berada di wilayah terpencil secara ekonomi maupun geografis (Khan, 2023; Kim et al., 2021).

Kurikulum yang fleksibel menjadi motor pedagogis bagi pembelajaran berbasis AI. Pendidikan dasar di abad ke-21 menuntut model kurikulum yang memberi ruang diferensiasi instruksional dan pengembangan jalur belajar personal bagi setiap anak (UNESCO, 2022). Kurikulum adaptif memungkinkan guru mengoptimalkan rekomendasi AI untuk pengayaan maupun remediasi tanpa terjebak pada penyampaian materi bersifat seragam. Fleksibilitas ini memberi peluang bagi siswa untuk berkembang sesuai profil belajar masing-masing sekaligus menjaga tujuan karakter dan kompetensi fondasional tetap tercapai (Ejjami, 2024; Lyublinskaya & Du, 2025).

Elemen pendukung tersebut harus berhadapan langsung dengan realitas hambatan yang juga muncul seiring percepatan adopsi teknologi. Ketimpangan akses internet serta ketersediaan perangkat masih menjadi tantangan terbesar dalam pemerataan pemanfaatan AI pada sekolah dasar di berbagai wilayah Indonesia (Akintola et al., 2024). Sekolah yang berada di daerah rural memiliki keterbatasan serius terkait jaringan dan pembiayaan perangkat, sehingga pemanfaatan AI berpotensi hanya mempertegas kesenjangan pembelajaran antara sekolah perkotaan dan pedesaan. Ketidaksetaraan akses ini turut mengancam prinsip keadilan pendidikan yang menjadi mandat konstitusional (Kreinsen & Achulz, 2023; Umoke et al., 2025).

Kesenjangan literasi digital antarwilayah menambah kompleksitas tantangan. Siswa di wilayah yang memiliki budaya digital lebih berkembang akan lebih siap memanfaatkan teknologi daripada siswa yang baru mengenal perangkat digital secara dasar (Lyublinskaya & Du, 2025). Ketidakmerataan ini juga tergambar pada kapasitas guru dalam mengintegrasikan AI ke dalam instruksi pembelajaran. Guru di daerah yang memiliki fasilitas pelatihan lebih baik menunjukkan tingkat adopsi yang lebih tinggi dibandingkan guru yang belum tersentuh program penguatan teknopedagogis secara sistematis (Kreinsen & Achulz, 2023). Apabila tidak diintervensi, kesenjangan literasi digital dapat terwariskan lintas generasi.

Pelatihan teknopedagogis bagi guru masih sering terfokus pada aspek operasional platform tanpa mengangkat pemahaman konseptual mengenai desain pembelajaran berbasis AI.

Akibatnya, guru mengalami keraguan dalam memadukan rekomendasi sistem AI ke dalam keputusan instruksional yang sesuai konteks kelas (Kit Ng et al., 2023; Miao & Cukurova, 2024). Tantangan ini menjadi semakin berat karena beban administratif sering kali menyita waktu guru untuk bereksperimen menerapkan pendekatan baru. Peningkatan kompetensi yang berorientasi pedagogi kritis harus menjadi prioritas agar AI tidak hanya menjadi perangkat instruksional pasif tanpa dampak pembelajaran bermakna (Akintola et al., 2024).

Kekhawatiran akan hilangnya sentuhan humanis menjadi faktor penghambat yang bersumber dari aspek filosofis pendidikan. Interaksi emosi antara guru dan siswa merupakan elemen fundamental dalam pembentukan kepribadian anak. Beberapa guru memandang AI sebagai ancaman terhadap dimensi afektif tersebut, terutama ketika sistem otomatis mulai mengambil alih sebagian fungsi monitoring dan asesmen perkembangan siswa (Bing & Leong, 2025; Porayska-Pomsta et al., 2022). Kekhawatiran ini dapat memunculkan resistensi kultur terhadap teknologi apabila sekolah tidak memiliki visi humanistik yang menjelaskan relasi sinergis antara AI dan peran profesional guru.

Hambatan psikologis tidak hanya dialami guru, tetapi juga siswa yang sedang membangun identitas belajar di tengah perubahan teknologi. Ketergantungan algoritmik dapat menimbulkan pemahaman keliru bahwa jawaban instan lebih penting daripada proses berpikir mendalam (Xu, 2025). Pendekatan pembelajaran harus memastikan bahwa kemampuan memecahkan masalah secara mandiri tetap tumbuh, bukan melemah akibat kenyamanan solusi otomatis. Tantangan ini menyentuh aspek utama perkembangan kemandirian dan kontrol diri yang sangat kritis pada usia sekolah dasar (Singh, 2024; Zavalevsky et al., 2024).

Faktor pendukung dan penghambat tersebut memperlihatkan bahwa kesiapan menghadapi implementasi AI bukan semata kondisi yang melekat pada individu guru atau siswa. Kesiapan merupakan hasil konstruksi sistem pendidikan yang dipengaruhi dinamika kebijakan, kepemimpinan, infrastruktur, kompetensi profesional, serta tata nilai pendidikan yang dianut sekolah (Hutson & Ceballos, 2023; Kit Ng et al., 2023). Ekosistem yang kuat mampu memaksimalkan potensi teknologi serta memitigasi dampak negatif yang mungkin muncul. Sebaliknya, ekosistem yang rapuh menghadapi risiko ketertinggalan inovasi, kegagalan adopsi, dan erosi nilai-nilai humanistik pendidikan (Gupta et al., 2024; Langeveldt, 2024).

Transformasi AI akan berjalan efektif ketika sekolah memiliki kemampuan manajemen perubahan yang terstruktur, mencakup pemetaan kondisi awal, strategi intervensi yang terukur, serta monitoring dan evaluasi jangka panjang (Bozkurt, 2024). Keberhasilan integrasi AI tidak diukur dari seberapa canggih perangkat yang digunakan, melainkan sejauh mana teknologi meningkatkan kualitas pembelajaran, memperkuat relasi manusia, dan menjamin keadilan akses bagi semua peserta didik. Analisis kesiapan menegaskan bahwa sekolah yang belum siap secara sistemik akan mengalami disrupsi yang kontraproduktif bagi perkembangan belajar anak (Na et al., 2022).

Keseluruhan uraian menghadirkan pemahaman bahwa keberhasilan pemanfaatan AI dalam pendidikan dasar merupakan hasil kolaboratif antara kapasitas internal sekolah dan dukungan eksternal lintas pemangku kepentingan. AI hanya akan menjadi pendorong mutu pembelajaran apabila sekolah berinvestasi pada kompetensi guru, kesejahteraan emosional siswa, dan kepemimpinan visioner yang menempatkan dimensi kemanusiaan sebagai fondasi utama. Transformasi yang bertanggung jawab memerlukan keberanian untuk memanfaatkan teknologi sebagai katalis perubahan, sekaligus kebijaksanaan menjaga esensi pendidikan sebagai proses pemanusiaan yang memuliakan setiap anak (Williamson, 2024; Williamson et al., 2023).

D. Arah Pengembangan Strategis

Artificial Intelligence (AI) telah berkembang menjadi katalis transformasi pembelajaran yang signifikan, terutama di jenjang sekolah dasar yang menuntut pendekatan pedagogis adaptif dan personal. Pemanfaatan AI bukan lagi sekadar opsi inovasi, melainkan kebutuhan strategis untuk menjawab kesenjangan kualitas pembelajaran, rendahnya capaian literasi dan numerasi, serta keterbatasan intervensi individual guru di kelas besar. Pengembangan strategi implementasi ke depan harus diarahkan untuk memastikan bahwa kecerdasan buatan mampu bekerja seiring kecerdasan manusia, bukan menggantikannya. AI yang dikelola secara visioner akan mempercepat pemerataan mutu layanan pendidikan sekaligus memperkuat ruang tumbuh bagi karakter dan kemanusiaan peserta didik (Benoit, 2024; Rutti-Joy et al., 2023; Williamson, 2024).

Program literasi AI berjenjang bagi guru dan siswa menjadi prioritas pertama yang tidak dapat ditunda. Perubahan teknologi yang sangat cepat menuntut guru untuk memiliki kompetensi teknopedagogis yang selalu diperbarui. Pelatihan bukan hanya berfokus pada keterampilan operasional platform AI, tetapi juga pada kemampuan membaca data secara kritis, interpretatif, dan kontekstual agar dapat diterjemahkan menjadi keputusan instruksional yang berpihak pada kebutuhan perkembangan individual siswa (Ayodele et al., 2023; Ejjami, 2024). Penguatan literasi AI di kalangan siswa pun harus dilakukan sejak dini melalui pendekatan yang bersifat fungsional, reflektif, dan etis, sehingga mereka tidak sekadar menjadi pengguna pasif teknologi, tetapi aktor pembelajar yang mampu memahami logika algoritmik serta konsekuensi sosialnya (Lyublinskaya & Du, 2025).

Pendampingan profesional melalui peer coaching dan komunitas belajar menjadi strategi efektif dalam membangun budaya inovasi. Guru tidak boleh dibiarkan berjalan sendiri ketika mengintegrasikan AI ke kelas, sebab resistensi perubahan sering berakar dari kecemasan dan ketidakpastian pedagogis (Khan, 2023). Komunitas praktik yang terorganisir memungkinkan guru saling berbagi pengalaman, mendiskusikan tantangan, dan memecahkan masalah secara kolaboratif. Model mentoring antarsejawat menegaskan bahwa transformasi pendidikan berbasis AI merupakan proses sosial yang membutuhkan kolaborasi dan dukungan emosional, bukan hanya instruksi teknis. Kepemimpinan sekolah harus menciptakan lingkungan yang aman bagi eksperimen pedagogis agar guru dapat terus berinovasi tanpa takut melakukan kesalahan (Kim et al., 2021; Langeveltdt, 2024).

Kebijakan tata kelola data yang ketat serta akuntabilitas publik merupakan fondasi etis dari keamanan pembelajaran digital. Integrasi AI berimplikasi pada peningkatan intensitas pengumpulan data personal siswa, termasuk data perilaku, asesmen, dan rekam pembelajaran. Anak usia sekolah dasar tergolong kelompok paling rentan terhadap penyalahgunaan data karena belum memiliki kapasitas kontrol diri dan kesadaran digital yang utuh (Igbokwe, 2023; Prakash, 2024). Pengembangan regulasi harus memastikan bahwa setiap data yang dikumpulkan diproses dan disimpan berdasarkan prinsip keamanan, transparansi, dan persetujuan yang jelas. Keberadaan mekanisme audit independen dan sistem pelaporan publik menegaskan bahwa implementasi AI tidak boleh keluar dari prinsip keadilan, nondiskriminasi, dan perlindungan hak anak (Ayodele et al., 2023).

Riset tindakan sekolah memiliki peran kritis sebagai instrumen evaluasi berkelanjutan untuk memastikan efektivitas inovasi berbasis AI. Keberhasilan implementasi tidak dapat diukur secara instan karena perubahan praktik pedagogi membutuhkan waktu panjang untuk menampilkan hasil yang bermakna. Siklus riset tindakan memungkinkan sekolah merefleksikan praktik yang sedang berlangsung, menganalisis data secara longitudinal, dan menyempurnakan strategi berdasarkan bukti empiris (Haetami, 2025). Penelitian yang dilaksanakan guru memperkuat peran mereka sebagai profesional reflektif yang menilai dampak teknologi bukan hanya dari sisi teknis, tetapi juga dari dimensi sosial-emosional dan perkembangan karakter anak.

Jejaring kemitraan lintas pemangku kepentingan perlu diperkuat agar inovasi tidak hanya menjadi milik sekolah yang memiliki sumber daya berlebih. Dukungan pemerintah daerah, perguruan tinggi, dan sektor teknologi diperlukan untuk menjembatani kesenjangan akses antara sekolah di perkotaan dan wilayah terpencil (Kreinsen & Achulz, 2023; Umoke et al., 2025). Bentuk kolaborasi tersebut meliputi penyediaan perangkat digital, pendampingan teknis, pengembangan konten kontekstual berbasis budaya lokal, hingga penguatan kapasitas guru. Upaya ini menciptakan demokratisasi inovasi, di mana seluruh anak Indonesia memperoleh kesempatan yang setara menikmati manfaat pembelajaran berbasis AI (Haetami, 2025).

Arah pengembangan strategi juga harus memastikan bahwa AI memperkuat identitas sekolah sebagai ruang pemanusiaan. Guru tetap menjadi figur sentral yang menafsirkan, mengarahkan, dan mengvalidasi setiap informasi yang dihasilkan sistem AI. Teknologi menyediakan data, tetapi guru memberikan makna (Damodaran & Kanwar, 2025; Lee et al., 2024). Relasi edukatif humanis, berupa percakapan yang membangun rasa percaya diri, empati, serta keteladanan moral, tidak boleh digantikan oleh kecerdasan buatan. AI yang ditempatkan sebagai mitra pendukung akan memperluas kapasitas guru untuk mengampu pembelajaran yang lebih berfokus pada interaksi, eksplorasi kreativitas, dan pemupukan karakter (Lee et al., 2024; Majeed et al., 2025).

Ekosistem digital yang kuat memerlukan kepemimpinan sekolah yang mampu merumuskan visi pembelajaran yang holistik. Kepala sekolah berperan sebagai arsitek perubahan, mengorkestrasi seluruh komponen sekolah agar bergerak menuju arah yang sama: memanfaatkan AI untuk meningkatkan kualitas belajar serta menjamin keadilan akses pendidikan (Singh, 2024). Kepemimpinan transformatif akan memfasilitasi kolaborasi guru, mendorong inovasi berbasis kebutuhan siswa, dan menjaga agar perubahan tidak mengorbankan nilai-nilai dasar pendidikan (Strielkowski et al., 2024).

Pengembangan model pembelajaran berbasis AI tidak boleh mengabaikan dimensi sosial pembelajaran. Anak usia sekolah dasar membutuhkan pengalaman belajar yang kaya interaksi sosial agar keterampilan kolaborasi, empati, dan komunikasi berkembang optimal (Ejjami, 2024; Singh, 2024). Teknologi harus dirancang untuk memperkuat aktivitas belajar kelompok, permainan edukatif, serta proyek berbasis komunitas yang merangsang keberanian anak untuk berekspresi. AI menjadi jembatan pemetaan potensi, bukan batas yang menyeragamkan kemampuan (Gupta et al., 2024; Pawar, 2023).

Pengembangan kompetensi siswa ke depan harus diarahkan agar mereka mampu menghadapi masa depan yang sangat digital tanpa kehilangan nilai luhur kemanusiaannya. Literasi AI perlu ditanamkan sebagai literasi multidimensional yang mencakup kemampuan teknis, pemikiran komputasional, serta nalar etis dalam mengelola informasi dan pengaruh algoritma (Kim et al., 2021). Siswa perlu belajar memanfaatkan teknologi untuk menciptakan nilai dan kontribusi nyata bagi lingkungan sosial-budaya sekitarnya, bukan sekadar untuk konsumsi informasi (Miao et al., 2024).

Keberhasilan strategi pengembangan memerlukan tata kelola pembelajaran yang berpihak pada keberlanjutan dan adaptasi terus menerus. Transformasi AI tidak akan pernah selesai karena teknologi akan terus berkembang. Sekolah yang mampu mempertahankan fleksibilitas dan budaya belajar sepanjang hayat akan lebih siap menghadapi perubahan yang tidak terduga (Saleem et al., 2025). Strategi ini menegaskan bahwa AI bukan tujuan akhir, melainkan sarana untuk menguatkan ekosistem pendidikan yang responsif, reflektif, dan resilien.

Konklusi strategis dari keseluruhan arah pengembangan ini memperlihatkan bahwa AI bukan substitusi guru, melainkan katalis yang memperluas cakrawala pembelajaran. Teknologi yang dikelola secara etis dan humanistik akan memperkaya pengalaman belajar siswa, meningkatkan akurasi intervensi pedagogis, dan membuka akses yang lebih setara bagi seluruh peserta didik. Perjalanan transformasi ini mengandaimkan keberanian untuk berinovasi dan kebijaksanaan untuk tetap menempatkan anak sebagai pusat setiap keputusan pendidikan. Sekolah dasar sebagai fondasi pertama pembentukan karakter bangsa akan mengalami lompatan mutu ketika AI dijadikan mitra untuk memuliakan setiap potensi anak secara optimal (Kit Ng et al., 2023; Miao & Cukurova, 2024; Rutti-Joy et al., 2023; Selwyn, 2019).

Integrasi Artificial Intelligence menawarkan akselerasi signifikan terhadap peningkatan mutu pendidikan dasar, khususnya pada aspek personalisasi belajar, asesmen diagnostik, dan penguatan layanan pembelajaran yang inklusif. AI memberi kemungkinan bagi guru untuk memahami keberagaman ritme belajar siswa sekaligus memberikan jalur intervensi yang lebih presisi dan adaptif. Teknologi ini juga berpotensi mengefisiensikan beban administratif guru sehingga interaksi edukatif semakin berorientasi pada pembentukan karakter dan pengalaman belajar yang bermakna. Meskipun demikian, dampak positif tersebut tidak akan terwujud apabila kesiapan guru dan siswa diabaikan dalam proses transformasi teknologi. Peningkatan kompetensi teknopedagogis guru, literasi digital siswa, serta jaminan etika penggunaan data menjadi prasyarat yang tidak dapat dinegosiasikan.

Peran guru semakin krusial sebagai kurator pembelajaran dan penjaga nilai kemanusiaan agar AI tidak sekadar menghadirkan efisiensi, tetapi juga kemampuan untuk memelihara empati dan kesehatan sosial-emosional peserta didik. Siswa pun perlu dilibatkan sebagai subjek aktif yang memahami teknologi sebagai ruang belajar yang menuntut refleksi, tanggung jawab moral, serta kreativitas. Kesiapan kedua aktor tersebut menegaskan bahwa keberhasilan AI bersumber dari harmonisasi antara kecerdasan digital dan kebijaksanaan profesional manusia. AI bukan pengganti guru, melainkan katalis yang memperluas kapasitas profesi pendidik dalam menuntun tumbuh kembang anak secara holistik.

Implikasi strategis bagi pemangku kepentingan pendidikan perlu dirumuskan secara komprehensif agar transformasi digital tidak menciptakan kesenjangan baru. Sekolah berperan sebagai penyedia ekosistem digital yang aman, inklusif, dan mendukung budaya inovasi. Guru bertanggung jawab untuk mengembangkan literasi AI dan sensitivitas pedagogis terhadap penggunaan learning analytics sebagai dasar pengambilan keputusan instruksional yang tepat sasaran. Siswa harus didukung untuk memperkuat literasi digital sejak dini agar mampu menggunakan teknologi secara mandiri dan etis. Pemerintah berperan menyediakan pemerataan infrastruktur, investasi kapasitas sumber daya manusia, serta regulasi perlindungan privasi data yang ketat bagi peserta didik usia dasar. Penelitian lanjutan pun perlu diperkuat melalui studi longitudinal berbasis konteks lokal guna memastikan bahwa implementasi AI memberikan manfaat nyata dan berkelanjutan bagi mutu pendidikan Indonesia.

Narasi strategis tersebut menegaskan bahwa kesiapan guru dan siswa merupakan fondasi utama bagi keberhasilan implementasi AI di sekolah dasar. Teknologi hanya menjadi alat yang bermakna ketika digunakan secara kritis, etis, dan berpihak pada perkembangan anak sebagai pembelajar sepanjang hayat. Pendidikan yang memanfaatkan AI harus tetap menjunjung nilai humanisasi: memerdekakan cara berpikir, menumbuhkan budi pekerti, serta menjadikan sekolah sebagai ruang terbaik untuk mengalami pertumbuhan intelektual dan spiritual dalam suasana yang aman dan penuh kasih. Integrasi AI akan mencapai dampak transformatif ketika seluruh pemangku kepentingan menyadari bahwa masa depan pembelajaran tidak hanya bergantung pada kecanggihan algoritma, tetapi pada kemampuan bersama merawat martabat manusia sebagai pusat dari pendidikan itu sendiri.

Daftar Pustaka

- AITSL. (2023). Reframing feedback to improve teaching and learning. Australian Institute for Teaching and School Leadership.
- Akintola, A. S., Akintayo, M., Kadri, T., & Ofarau, C. M. (2024). Adaptive AI Systems in Education: Real-Time Personalised Learning Pathways for Skill Development. *Proceedings of ISETE International Conference*, 612.
- Alali, R., Wardat, Y., Al-Saud, K., & Alhayek, K. A. (2024). Generative AI in Education: Best Practices for Successful Implementation. *International Journal of Religion*, 5(9), 1016–1025.
- Ayodele, O. S., Aliu, J., Owoeye, F. O., Ajayi, E. A., & Sheidu, A. Y. (2023). The Role of Artificial Intelligence in Curriculum Development and Management. *Journal of Digital Innovations & Contemporary Research in Science, Engineering & Technology*, 11(2), 37–46. <https://doi.org/DOI:10.22624/AIMS/DIGITAL/V11N2P4>
- Bećirović, S., Polz, E., & Tinkel, I. (2025). Exploring students' AI literacy and its effects on their AI output quality, self-efficacy, and academic performance. *Smart Learning Environments*, 12(1), 29. <https://doi.org/10.1186/s40561-025-00384-3>
- Benoit, K. (2024). AI and Data Science for Public Policy. *LSE Public Policy Review*, 3(3), 1–6.
- Bing, Z. J., & Leong, W. Y. (2025). Ethical Design of AI for Education and Learning Systems. *ASM Science Journal*, 20(1), 1–9. <https://doi.org/10.32802/asmscj.2025.1917>
- Bozkurt, A. (2024). The Manifesto for Teaching and Learning in a Time of Generative AI: A Critical Collective Stance to Better Navigate the Future. *Open Praxis*, 16(4), 485–513.
- Chan, C. K. Y. (2023). A comprehensive AI policy education framework for university teaching and learning. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20(38), 2–25.
- Damodaran, A., & Kanwar, S. (2025). AI IN SCHOOL EDUCATION: TOWARDS A PREPAREDNESS FRAMEWORK.
- Ejjami, R. (2024). The Future of Learning: AI-Based Curriculum Development. *International Journal for Multidisciplinary Research*, 6(4), 1–31. <https://doi.org/DOI:10.36948/ijfmr.2024.v06i04.24441>
- Fengchun, M., Shiohira, K., & laon, N. (2024). AI competency framework for students.
- Figaredo, D. D., & Stoyanovich, J. (2023). Responsible AI literacy: A stakeholder-first approach. *Big Data & Society*, Juli-Desember, 1–15. <https://doi.org/DOI:10.1177/20539517231219958>
- Funa, A. A., & Gabay, R. A. E. (2025). Policy guidelines and recommendations on AI use in teaching and learning: A meta-synthesis study. *Social Sciences & Humanities Open*, 11(101221).
- Gabay, R. A., & Funa, A. A. (2025). Policy guidelines and recommendations on AI use in teaching and learning: A meta-synthesis study. *Social Sciences & Humanities Open*, 11(1), 101221. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2024.101221>
- Gupta, P., Ding, B., Guan, C., & Ding, D. (2024). Generative AI: A systematic review using topic modelling techniques. *Data and Information Management*, 8(2), 100066. <https://doi.org/10.1016/j.dim.2024.100066>

- Haetami. (2025). AI-Driven Educational Transformation in Indonesia: From Learning Personalization to Institutional Management. *AI-Ishlah. Jurnal Pendidikan*, 17(2), 1819–1832. <https://doi.org/DOI:10.35445/alishlah.v17i2.7448>
- Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, K., Sutherland, E., Baker, T., Shum, S. B., Santos, O. C., Rodrigo, M. T., Cukurova, M., Bittencourt, I. I., & Koedinger, K. R. (2022). Ethics of AI in Education: Towards a Community-Wide Framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32, 504–526. <https://doi.org/DOI:10.1007/s40593-021-00239-1>
- Hutson, J., & Ceballos, J. (2023). Rethinking Education in the Age of AI: The Importance of Developing Durable Skills in the Industry 4.0. *Journal of Information Economics*, 1(2), 26–36. <https://doi.org/DOI:10.58567/jie01020002>
- Igbokwe, I. C. (2023). Application of Artificial Intelligence (AI) in Educational Management. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 13(3), 300–307.
- Khan, A. (2023, May 20). Peer Tutoring: Empowering Students through Collaborative Learning. Medium.
- Kim, J., Lee, H., & Cho, Y. H. (2021). Learning design to support student-AI collaboration: perspectives of leading teachers for AI in education. *Education and Information Technologies*, 27, 6069–6104. <https://doi.org/DOI:10.1007/s10639-021-10831-6>
- Kit Ng, D. T., Leung, J. K. L., & Wui Ng, R. C. (2023). Teachers' AI digital competencies and twenty first century skills in the post pandemic world. *Education Tech Research Dev*, 71, 137–161.
- Kreinsen, M., & Achulz, S. (2023). Towards the Triad of Digital Literacy, Data Literacy and AI Literacy in Teacher Education – A Discussion in Light of the Accessibility of Novel Generative AI.
- Küçük, E., Cincin, F., & Karal, Y. (2025). Systematic Review of the Ethical Use of Artificial Intelligence (AI) Tools in Education. *Educational Technology and Computing*, 18(2), 385–412.
- Küçükuncular, A., & Ertugan, A. (2025). Teaching in the AI Era: Sustainable Digital Education through Ethical Integration and Teacher Empowerment. *Sustainability*, 17(16), 7405. <https://doi.org/10.3390/su17167405>
- Langeveldt, D. C. (2024). AI-Driven Leadership: A Conceptual Framework for Educational Decision-Making in the AI Era. *E-Journal of Humanities, Arts and Social Sciences (EHASS)*, 5(8), 1582–1595. <https://doi.org/DOI:10.38159/ehass.20245812>
- Lee, Y.-J., Davis, R. O., & Ryu, J. (2024). Korean in-Service Teachers' Perceptions of Implementing Artificial Intelligence (AI) Education for Teaching in Schools and Their AI Teacher Training Programs. *International Journal of Information and Education Technology*, 14(2), 214–219. <https://doi.org/DOI:10.18178/ijiet.2024.14.2.2042>
- Lyublinskaya, I., & Du, X. (2025). Teaching AI Literacy Across the Curriculum. Corwin.
- Majeed, M. K., Ali, M. W., & Ahmad, T. B. (2025). Artificial Intelligence (AI) Based Instructional Model for Enhancing Personalized Learning in the Classroom. *Scholar Insight Journal*, 3(2), 52–89.
- Miao, F., & Cukurova, M. (2024). AI competency framework for teachers. UNESCO.
- Miao, F., Shiohira, K., & Lao, N. (2024). AI competency framework for students. UNESCO.

- Molina, E., Cobo, C., Pineda, J., & Rovner, H. (2024). AI Revolution in Education. What You Need to Know (1).
- Na, S., Heo, S., Han, S., Shin, Y. S., & Roh, Y. S. (2022). Acceptance Model of Artificial Intelligence (AI)-Based Technologies in Construction Firms: Applying the Technology Acceptance Model (TAM) in Combination With the Technology–Organisation–Environment (TOE) Framework. *Buildings*, 12(2), 90.
- Pawar, P. (2023). AI-Enhanced Education: Personalized Learning and Educational Technology. In *Fusion of Knowledge* (1st ed.). Red'shine Publications PVT. LTD. <https://doi.org/DOI:10.25215/9358791152.01>
- Porayska-Pomsta, K., Holmes, W., & Nemorin, S. (2022). The Ethics of AI in Education. In *Handbook of Artificial Intelligence in Education*.
- Prakash, R. (2024). AI in Educational Management. *International Journal for Multidisciplinary Research*, 6(2), 1–7. <https://doi.org/https://doi.org/10.36948/ijfmr.2024.v06i02.14094>
- Rutti-Joy, O., Winder, G., & Biedermann, H. (2023). Building AI Literacy for Sustainable Teacher Education. *Zeitschrift Für Hochschulentwicklung*, 18(4), 175–189. <https://doi.org/https://orcid.org/0000-0002-0371-0599>
- Saleem, S., Aziz, M. U., Iqbal, M. J., & Abbas, S. (2025). AI in Education: Personalized Learning Systems and Their Impact on Student Performance and Engagement. *The Critical Review of Social Sciences Studies*, 3(1), 2445–2459. <https://doi.org/10.59075/c35qa453>
- Selwyn, N. (2019). *Should robots replace teachers? AI and the Future of Education* (1st ed.). Polity Press.
- Silva, G., Godwin, G., & Jayanagara, O. (2024). The Impact of AI on Personalized Learning and Educational Analytics. *International Transactions on Education Technology (ITEE)*, 3(1), 36–46. <https://doi.org/10.33050/itee.v3i1.669>
- Singh, A. (2024). The Future of Learning: AI-Driven Personalized Education.
- Strielkowski, W., Grebennikova, V., Lisovskiy, A., Rakhimova, G., & Vasileva, T. (2024). AI-driven adaptive learning for sustainable educational transformation. *Sustainable Development*, 1–27. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/sd.3221>
- Tanzi, M., & Hermanto. (2024). The Role of Principals in Implementing Inclusive Education Through Culturally Responsive School Leadership. *Al-Ishlah: Jurnal Pendidikan*, 16(1), 570–580.
- Umoke, C. C., Nwangbo, S. O., & Onwe, O. A. (2025). AI-Driven Educational Policy Design: Enhancing Equity and Access through Intelligent Data Analytics. *International Journal of Computer Science and Mathematical Theory (IJCSMT)*, 11(3), 1–19.
- UNESCO. (2022). K-12 AI curricula: a mapping of government-endorsed AI curricula. UNESCO.
- Walter, Y. (2024). Embracing the future of Artificial Intelligence in the classroom: the relevance of AI literacy, prompt engineering, and critical thinking in modern education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 21(15). <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s41239-024-00448-3>
- Williamson, B. (2024). The Social life of AI in Education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 34, 97–104.
- Williamson, B., Macgilchrist, F., & Potter, J. (2023). Re-examining AI, automation and datafication in education. *Learning, Media and Technology*, 48, 1–5.

World Economic Forum. (2024). Shaping the Future of Learning: The Role of AI in Education 4.0. World Economic Forum.

Xu, X. (2025). AI optimization algorithms enhance higher education management and personalized teaching through empirical analysis. *Scientific Reports*, 15, 10157. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-025-94481-5>

Zavalevskyi, Y., Kyrilenko, S., Kijan, O., Bessarab, N., & Mosyakova, I. (2024). The role of AI in individualizing learning and creating personalized programs. *Revista Amazonia Investiga*, 13(73), 200–208. <https://doi.org/10.34069/AI/2024.73.01.16>

Adaptive Learning Berbasis AI sebagai Penguat Individualisasi Pembelajaran di SD: Analisis Potensi dan Hambatannya

Yusinta Dwi Ariyani

Kebutuhan pembelajaran yang mampu merespons keberagaman karakteristik peserta didik semakin menguat sebagai konsekuensi dari perubahan sosial dan dinamika kehidupan abad ke-21. Setiap peserta didik membawa latar sosial, tingkat kesiapan belajar, minat, serta ritme perkembangan kognitif yang berbeda. Pendidikan dasar memiliki mandat untuk memastikan bahwa seluruh anak memperoleh dukungan pembelajaran yang sesuai kebutuhan unik mereka sehingga potensi dapat berkembang optimal sejak awal. Kerangka Kurikulum Merdeka menegaskan urgensi personalisasi sebagai bagian integral dari praktik pembelajaran bermakna serta responsif terhadap perkembangan anak usia dasar, suatu langkah yang sejalan dengan gagasan bahwa pendidikan bukan proses yang menyeragamkan, tetapi justru menumbuhkan keunikan manusia (World Economic Forum, 2024).

Realitas pembelajaran di ruang kelas Indonesia menunjukkan tantangan yang tidak sederhana. Jumlah peserta didik dalam satu kelas yang relatif besar sering kali menghambat upaya guru melakukan asesmen formatif mendalam terhadap setiap individu. Keterbatasan waktu tatap muka dan beban administrasi juga menekan kapasitas guru untuk memberikan intervensi personal secara konsisten kepada peserta didik yang membutuhkan perhatian lebih. Hambatan tersebut menimbulkan potensi terjadinya *learning loss* yang sulit terdeteksi secara cepat dan tepat, khususnya bagi siswa dengan hambatan literasi dan numerasi sejak kelas awal (Fengchun et al., 2024; Selwyn, 2019). Kondisi ini mengindikasikan bahwa diferensiasi pembelajaran masih menjadi tantangan struktural dalam sistem pendidikan dasar.

Fenomena transformasi digital menghadirkan paradigma baru yang memberi peluang untuk menghadirkan pembelajaran adaptif secara lebih aplikatif. Teknologi Artificial Intelligence (AI) menjadi penggerak utama yang memungkinkan program adaptive learning bekerja melalui pemrosesan data secara real-time, penyusunan jalur belajar personal, serta pemberian umpan balik otomatis yang bersifat diagnostik. Pendekatan ini memosisikan algoritma sebagai mitra pedagogis yang membantu guru memahami profil belajar peserta didik secara objektif dan berkelanjutan (Ayodele et al., 2023). Akses informasi berbasis analitik tersebut menyediakan ruang bagi guru untuk mengambil keputusan instruksional yang lebih presisi, tepat waktu, dan berdampak pada capaian belajar.

AI adaptif menghadirkan lompatan signifikan melalui teknologi tutor cerdas, rekomendasi pembelajaran, serta kemampuan mendeteksi kesalahan konseptual individu jauh lebih cepat dibandingkan asesmen manual. Penelitian Ejjami (2024) menunjukkan bahwa pemanfaatan adaptive learning mampu meningkatkan motivasi belajar dan kepercayaan diri peserta didik karena setiap proses belajar menunjukkan kemajuan sesuai ritme personal. Selain itu, sistem adaptif memberi ruang untuk pembelajaran yang lebih inklusif sebab peserta didik yang mengalami kesulitan tidak tertinggal terlalu jauh sebelum dilakukan remediasi sesuai

kebutuhan spesifik mereka. Potensi transformatif adaptive learning tersebut memberi harapan baru bagi peningkatan pemerataan mutu pembelajaran sekolah dasar.

Ekosistem sekolah sebagai institusi pendidikan formal tidak selalu berada dalam posisi siap menyambut inovasi ini. Kapasitas teknologi yang tidak merata antarsekolah, terutama antara wilayah perkotaan dan daerah 3T, masih menjadi kendala utama dalam penerapan adaptive learning (Brazil et al., 2025). Tidak hanya berkaitan pada perangkat dan jaringan, kesiapan sumber daya manusia juga menentukan. Guru membutuhkan penguasaan literasi AI dan keterampilan teknopedagogis agar mampu memanfaatkan rekomendasi algoritma secara kritis serta memastikan fungsi AI tidak menggantikan sensitivitas profesional mereka dalam memahami dimensi emosional dan moral perkembangan anak (AITSL, 2023). Dukungan kebijakan serta pendampingan berkelanjutan menjadi bagian integral dalam membangun kesiapan ekosistem yang berkelanjutan.

Menguatnya urgensi implementasi adaptive learning berbasis AI tidak terlepas dari kelemahan struktural yang telah lama dihadapi pendidikan dasar Indonesia. Evaluasi nasional memperlihatkan persentase besar peserta didik yang belum mencapai kompetensi minimum literasi dan numerasi, bahkan sebelum pandemi Covid-19 memperdalam ketimpangan tersebut (Gabay & Funa, 2025). Sistem asesmen konvensional tidak selalu mampu mendeteksi miskonsepsi belajar secara cepat. Adaptive learning menawarkan mekanisme pembelajaran yang lebih diagnostik dan preventif agar hambatan belajar tidak berlarut hingga jenjang pendidikan selanjutnya.

Penerapan adaptive learning juga menghadirkan tantangan konseptual yang harus ditangani secara hati-hati agar tidak terjebak pada pendekatan teknokratis. Keberhasilan teknologi bergantung pada kemampuan menjaga keseimbangan antara kecerdasan algoritmik dan relasi edukatif humanis. Potensi reduksi interaksi antarpribadi selalu menghantui setiap adopsi teknologi, terlebih bagi peserta didik usia dasar yang masih membutuhkan figur guru sebagai teladan emosional, konselor moral, serta pendamping dalam pembentukan karakter (Akintola et al., 2024; Haetami, 2025). Pengembangan adaptive learning perlu memastikan adanya integrasi kuat antara aspek kognitif dan nonkognitif sebagai fondasi pendidikan dasar.

AI adaptif bukan sekadar isu teknis, melainkan isu pedagogis, etis, dan kebijakan publik. Kerangka tata kelola data siswa harus dijamin agar seluruh aktivitas belajar yang terekam oleh sistem tidak menimbulkan kerentanan pelanggaran privasi atau bias algoritmik yang berdampak pada penilaian tidak adil terhadap kemampuan anak (Kim et al., 2021; Miao et al., 2024). Kesiapan masyarakat dan keluarga pun menjadi bagian penting karena persepsi mereka terhadap teknologi berpengaruh terhadap tingkat penerimaan peserta didik terhadap pembelajaran adaptif.

Analisis awal terhadap kesiapan ekosistem pendidikan menegaskan bahwa integrasi adaptive learning berbasis AI perlu diterapkan melalui tahapan yang terencana dan terukur. Upaya integrasi harus selaras visi pendidikan yang menempatkan teknologi sebagai katalis penguatan

layanan pembelajaran, bukan sebagai substitusi peran guru. Transformasi digital yang tidak terarah berisiko memperluas kesenjangan mutu pendidikan, bukan memperbaikinya.

Rumusan fokus penulisan ini diarahkan pada upaya menjawab pertanyaan: Bagaimana adaptive learning berbasis AI dapat memperkuat individualisasi pembelajaran sekolah dasar? Faktor apa yang menjadi pendorong atau penghambat dalam implementasinya? Sejauh mana kesiapan ekosistem sekolah dalam mendukung transformasi digital ini? Analisis yang dikembangkan bertujuan menyajikan pemahaman teoretis yang kuat sekaligus rekomendasi implementatif yang dapat memperkaya arah kebijakan dan praktik pembelajaran.

Tulisan ini mengedepankan perspektif bahwa pemanfaatan adaptive learning bukan hanya tentang respons terhadap perkembangan teknologi global, tetapi juga momentum inovasi pendidikan yang berpihak pada kebutuhan belajar setiap anak. Pendidikan dasar harus tetap menjadi ruang yang mengutamakan karakter manusia. AI adaptif dapat menjadi instrumen yang memerdekakan potensi belajar anak apabila dirancang secara bijak, diterapkan secara inklusif, serta dikawal oleh kompetensi guru yang berlandaskan nilai-nilai kemanusiaan dan keadilan.

A. Konsep Adaptive Learning Berbasis AI

Konsep adaptive learning berkembang sebagai respon terhadap keterbatasan model pembelajaran seragam yang cenderung mengabaikan keragaman kebutuhan peserta didik. Adaptive learning secara teoretis dipahami sebagai pendekatan instruksional yang memanfaatkan teknologi untuk menyesuaikan materi, strategi pengajaran, serta tingkat tantangan berdasarkan kemampuan, progres, dan gaya belajar individu. Perspektif Strielkowski et al. (2024) menjelaskan bahwa pembelajaran adaptif bertumpu pada pemanfaatan algoritma yang mampu memproses data interaksi siswa secara berkelanjutan sehingga menghasilkan jalur belajar personal yang dinamis serta kontekstual terhadap perkembangan peserta didik usia dasar.

Konsep tersebut berakar pada gagasan konstruktivisme yang menempatkan peserta didik sebagai agen aktif dalam pembentukan pengetahuannya sendiri. Sistem pembelajaran adaptif mengadopsi prinsip bahwa siswa akan mencapai performa belajar yang optimal ketika pengalaman belajar selaras kesiapan kognitif dan preferensi mereka. Akintola et al. (2024) menekankan bahwa adaptive learning bukan sekadar teknologi, melainkan strategi pedagogis yang bertujuan membangun keterlibatan emosional dan rasa kompetensi dalam diri siswa. Prinsip optimal challenge melekat pada pendekatan ini: tugas yang tidak terlalu mudah agar tidak membosankan, serta tidak terlalu sulit agar tidak menimbulkan frustrasi.

Mekanisme kerja adaptive learning berbasis Artificial Intelligence beroperasi pada kemampuan algoritma menganalisis data perilaku belajar secara real-time. Sistem mengumpulkan data dari respons siswa, pola klik, waktu pengerjaan, jenis kesalahan, tingkat kepercayaan terhadap jawaban, hingga frekuensi penggunaan fitur bantuan. Berdasarkan data tersebut, algoritma Machine Learning memetakan profil belajar dan mengidentifikasi area miskonsepsi atau penguasaan yang kuat. Proses ini disebut

diagnostic analytics yang kemudian menjadi dasar dalam menentukan rekomendasi materi, aktivitas, serta intervensi yang tepat sasaran (Singh, 2024; Zavalevskiy et al., 2024).

AI berfungsi sebagai tutor cerdas ketika mampu memberikan umpan balik yang bersifat personal bagi setiap peserta didik. Feedback tersebut tidak hanya menyampaikan benar atau salah, melainkan menyediakan penjelasan konsep yang lebih detail, alternatif cara penyelesaian, hingga latihan tambahan yang relevan. Saleem et al. (2025) menegaskan bahwa fungsi tutor AI memperkuat apa yang sulit dicapai dalam kelas besar karena guru tidak mungkin memberikan analisis mendalam untuk setiap kesalahan individu secara serentak. Pendekatan ini memberi pengalaman belajar yang lebih responsif serta mendorong pemahaman konseptual yang lebih kuat.

Sistem AI juga menjalankan peran signifikan sebagai asisten asesmen. Asesmen formatif otomatis menghadirkan keunggulan dalam kecepatan dan konsistensi penilaian. Setiap respons peserta didik dianalisis tanpa jeda, memungkinkan guru memperoleh informasi perkembangan akademik secara instan. Majeed et al. (2025) menyatakan bahwa asesmen diagnostik berbasis AI memberi peluang deteksi dini terhadap hambatan belajar sehingga intervensi korektif tidak tertunda. Keunggulan ini menjadikan pembelajaran adaptif sebagai instrumen yang mengurangi risiko learning loss yang kerap terjadi pada jenjang pendidikan dasar.

Peran ketiga AI terletak pada kemampuannya sebagai agen rekomendasi belajar. Algoritma mampu menyarankan konten digital yang sesuai minat siswa, sehingga menguatkan motivasi intrinsik dan rasa ingin tahu sebagai fondasi utama belajar sepanjang hayat. (Silva et al. (2024) menekankan bahwa rekomendasi yang sensitif terhadap preferensi dan gaya belajar peserta didik menciptakan hubungan emosional positif antara siswa dan proses belajar. Penguatan motivasi inilah yang membedakan adaptive learning dari pembelajaran digital generik yang bersifat satu arah dan mekanis.

Penerapan konsep adaptive learning memiliki relevansi fundamental bagi pendidikan dasar Indonesia. Tantangan literasi dan numerasi masih dirasakan kuat pada kelas awal, sementara rasio guru dan peserta didik yang tinggi menyulitkan guru melakukan pendampingan personal secara konsisten. Teknologi AI memungkinkan praktik pembelajaran berdiferensiasi yang sebelumnya sulit dicapai karena keterbatasan kapasitas manusia. Gupta et al. (2024) menyebut bahwa pembelajaran adaptif mampu menciptakan pemerataan kesempatan belajar dalam satu kelas meskipun tingkat kesiapan siswa sangat beragam. Pendekatan ini menjadi solusi inovatif untuk mengatasi ketertinggalan konsep dasar yang sifatnya kumulatif.

Relevansi adaptive learning bagi pendidikan dasar juga berkaitan erat dengan fase perkembangan kognitif dan afektif anak. Interaksi yang bersifat personal meningkatkan kepercayaan diri peserta didik terhadap kemampuannya untuk berhasil dalam belajar, yang selanjutnya memperkuat motivasi dan ketekunan akademik. Perspektif Küçükuncular & Ertugan (2025) menyatakan bahwa peserta didik usia dasar membutuhkan pengalaman

belajar yang memberikan rasa berhasil secara berkelanjutan. AI mampu memperkuat self-efficacy tersebut melalui penguatan berbasis data yang memperlihatkan progres aktual siswa secara transparan.

Implementasi adaptive learning bukan sekadar inovasi teknologis, melainkan upaya strategis memanusiakan pembelajaran. Guru tetap menjadi otoritas pedagogis yang menginterpretasikan data AI untuk memastikan intervensi yang diberikan tidak hanya membenahi kesalahan akademik, tetapi juga mempertimbangkan konteks sosial emosional peserta didik. AI mengurangi beban administratif sehingga waktu guru lebih banyak untuk komunikasi empatik, dialog reflektif, serta pembentukan karakter yang tidak mungkin digantikan algoritma (Kağan, 2023). Relevansi tersebut memperkuat posisi adaptive learning sebagai pendukung utama pendidikan humanis.

Konsep adaptive learning harus ditempatkan pada rancangan kurikulum yang fleksibel dan berpihak pada anak agar integrasi teknologi tidak menambah tekanan mekanistik pada pembelajaran. Keberhasilan implementasi sangat bergantung kesiapan sekolah dalam menyediakan ekosistem digital yang memadai dan pelatihan berkelanjutan bagi guru. Bing & Leong (2025) menegaskan bahwa literasi AI menjadi prasyarat agar teknologi tidak hanya hadir sebagai alat bantu, tetapi benar-benar berfungsi sebagai katalis peningkatan kualitas pembelajaran individual (Khan, 2023).

Rumusan teoretis adaptive learning berbasis AI memperlihatkan bahwa teknologi tidak dimaksudkan menggantikan guru atau menghilangkan interaksi sosial dalam pembelajaran. Teknologi berperan memperkaya praktik instruksional melalui pemahaman lebih dalam terhadap data belajar sehingga keputusan pedagogis menjadi lebih terukur, berkeadilan, dan berpihak pada keunikan setiap anak. Relevansi konsep ini semakin kuat bagi Indonesia karena kualitas pendidikan dasar memerlukan inovasi sistematis yang mampu menurunkan kesenjangan capaian belajar secara nasional (Akintola et al., 2024).

Konsep adaptive learning berbasis AI pada akhirnya menghadirkan sebuah pergeseran paradigma signifikan: dari pengajaran yang generik menuju pembelajaran yang sungguh-sungguh memerdekakan cara belajar setiap anak. Teknologi menjadi jembatan menuju pengalaman belajar yang penuh makna ketika dikendalikan oleh kompetensi profesional guru dan kerangka etis yang kuat. Pendidikan dasar yang menerapkan pendekatan adaptif mencerminkan komitmen terhadap perbaikan kualitas kemanusiaan, bukan sekadar akselerasi digital (Akintola et al., 2024; Strielkowski et al., 2024).

B. Potensi AI untuk Individualisasi Pembelajaran di SD

Individualisasi pembelajaran di sekolah dasar menjadi aspek krusial untuk menjawab kenyataan bahwa setiap anak berkembang melalui jalur yang berbeda, baik dari sisi kemampuan akademik, gaya belajar, maupun kondisi sosial-emosional. Artificial Intelligence (AI) menawarkan peluang signifikan untuk memperkuat strategi diferensiasi pembelajaran yang selama ini sulit diwujudkan secara optimal di kelas besar. Zavalevskyi et al. (2024) menegaskan bahwa AI mampu menyusun pengalaman belajar yang

terpersonalisasi melalui pemanfaatan data interaksi siswa secara berkelanjutan sehingga guru dapat merespons kebutuhan setiap peserta didik secara lebih cepat dan akurat. Pendekatan ini memberikan ruang bagi setiap anak untuk berkembang menurut potensinya tanpa harus diseragamkan oleh ritme kelas (Pawar, 2023).

AI memperkuat praktik pembelajaran berdiferensiasi dengan menghadirkan jalur pembelajaran adaptif yang dinamis. Sistem adaptif membaca pola penguasaan konsep, preferensi media belajar, ritme penyelesaian tugas, dan tingkat kesalahan siswa sehingga materi atau aktivitas belajar dapat disesuaikan secara otomatis. Pawar (2023) menjelaskan bahwa diferensiasi berbasis AI memungkinkan siswa yang telah memahami konsep untuk bergerak ke tantangan berikutnya, sementara siswa yang masih mengalami kesulitan memperoleh materi pengayaan atau remedial yang lebih relevan. Situasi ini membantu mencegah kejenuhan bagi siswa yang cepat menyerap materi sekaligus mengurangi frustrasi bagi siswa yang membutuhkan pendampingan lebih intensif (Silva et al., 2024; Singh, 2024).

Analitik pembelajaran menjadi komponen penting dalam memfasilitasi intervensi akademik yang tepat sasaran. AI menyediakan dashboard analytics yang mampu memetakan progres setiap siswa secara detail, termasuk identifikasi kesalahan berulang, kecenderungan miskonsepsi, hingga dinamika motivasi belajar. Guru memperoleh data berbasis bukti untuk melakukan instructional decision-making yang lebih presisi. Majeed et al. (2025) menegaskan bahwa pembelajaran yang bertumpu pada analitik membantu guru mengevaluasi efektivitas strategi instruksional serta menyusun intervensi yang benar-benar dibutuhkan, bukan berdasarkan asumsi. Pendekatan ini membuka peluang peningkatan hasil belajar secara sistematis, terutama pada capaian literasi dan numerasi yang sangat menentukan keberhasilan akademik di jenjang berikutnya.

AI mendukung penguatan pembelajaran diagnostik yang menekankan proses diagnose–prescribe dalam satu siklus terintegrasi. Sistem adaptive learning mampu mendeteksi secara real-time area kelemahan spesifik setiap siswa sehingga guru dapat merancang terapi instruksional yang bersifat personal. Haetami (2025) menyoroti bahwa diagnosis dini terhadap hambatan belajar memiliki implikasi signifikan untuk mencegah terjadinya learning gaps yang semakin melebar seiring berjalannya waktu. Strategi-preskriptif berbasis AI menghadirkan respon cepat yang menghubungkan kondisi aktual siswa dengan solusi pembelajaran yang konkret dan kontekstual.

Dampak potensial AI tidak hanya menyentuh aspek kognitif peserta didik, tetapi juga penguatan motivasi belajar melalui peningkatan self-efficacy. Sistem yang memberikan umpan balik instan dan positif dapat membangun rasa percaya diri anak dalam menghadapi tantangan akademik. Perspektif Hatcher & Campbell (2024) menegaskan bahwa ketika siswa memahami perkembangan mereka secara jelas melalui visualisasi progres, mereka terdorong untuk lebih aktif mengelola proses belajarnya. AI dapat menjadi katalis bagi tumbuhnya kompetensi self-regulated learning yang pada akhirnya berkontribusi terhadap keberhasilan belajar jangka panjang (Bećirović et al., 2025).

AI turut memperkuat partisipasi siswa dalam proses pembelajaran melalui pengalaman belajar yang lebih imersif dan interaktif. Agen cerdas berbasis dialog mampu merangsang keterlibatan siswa dalam mengemukakan pendapat, bertanya, serta mengembangkan nalar kritis. Miao et al. (2024) menyatakan bahwa komunikasi anak dengan teknologi dapat memberikan ruang aman untuk bereksperimen ide tanpa rasa takut salah, terutama bagi siswa yang pemalu atau memiliki hambatan ekspresi verbal. Interaksi yang beragam ini menciptakan kelas yang lebih partisipatif, demokratis, dan menyenangkan.

Potensi AI dalam individualisasi pembelajaran memiliki relevansi penting dalam konteks keberagaman sosial-budaya Indonesia. Sekolah dasar di wilayah terpencil kerap menghadapi keterbatasan tenaga guru khusus atau tutor tambahan yang mampu memberi pendampingan intensif kepada siswa tertentu. Teknologi AI dapat menjadi equalizer yang menjembatani keterbatasan sumber daya manusia sekaligus membuka akses terhadap materi pembelajaran yang kaya konteks. Fengchun et al. (2024) menekankan bahwa inklusivitas pendidikan akan semakin terwujud ketika setiap anak memiliki kesempatan yang sama untuk memperoleh dukungan belajar yang sesuai kebutuhannya.

Penguatan individualisasi pembelajaran melalui AI menciptakan transformasi yang menempatkan peserta didik sebagai pusat ekosistem belajar. Guru tetap menjadi aktor vital dalam menginterpretasikan data pembelajaran agar keputusan instruksional tetap mempertimbangkan faktor psikologis, sosial, dan etis. Kit Ng et al. (2023) menegaskan bahwa keputusan berbasis algoritma harus selalu diseimbangkan oleh kebijaksanaan profesional guru agar teknologi tidak mendominasi arah pembelajaran. Keberhasilan integrasi AI terletak pada sinergi antara kecerdasan sistem dan kecerdasan manusia yang saling melengkapi.

Transformasi menuju pembelajaran yang sepenuhnya individualistik tidak berhenti pada penyediaan jalur belajar yang berbeda bagi tiap siswa. Esensi pendidikan tetap bermuara pada pemanusiaan proses belajar yang menumbuhkan rasa ingin tahu, karakter tangguh, serta nilai kolaboratif sebagai modal menghadapi masa depan yang kompleks. AI memberikan dukungan struktural dan analitik, tetapi sentuhan humanis dari guru yang memberi makna di setiap langkah kemajuan belajar tetap menjadi pusat pendidikan sekolah dasar (Fengchun et al., 2024; Miao et al., 2024).

Potensi besar AI ini memperlihatkan peluang Indonesia untuk mempercepat pencapaian mutu pembelajaran melalui strategi pemanfaatan teknologi yang tepat sasaran, adaptif, dan berpihak pada keberagaman anak. Integrasi adaptive learning menunjukkan bahwa teknologi informasi bukan lagi pelengkap pembelajaran, melainkan katalis transformasi sistem pendidikan dasar menuju arah yang lebih adil, inklusif, serta relevan bagi kebutuhan generasi masa depan.

C. Hambatan Implementasi Adaptive Learning di SD

Pemanfaatan adaptive learning berbasis AI menawarkan prospek transformatif bagi sistem pembelajaran sekolah dasar, namun proses implementasinya tidak terlepas dari berbagai tantangan struktural dan pedagogis yang perlu diantisipasi secara komprehensif. Keterbatasan infrastruktur digital masih menjadi persoalan mendasar di banyak satuan pendidikan. Kesenjangan akses internet kecepatan tinggi serta ketersediaan perangkat yang memadai menciptakan ketidakmerataan peluang bagi siswa untuk terlibat dalam pembelajaran adaptif secara optimal. Strielkowski et al. (2024) menyatakan bahwa digital divide antarwilayah di Indonesia berpotensi memperlebar ketimpangan mutu pendidikan apabila teknologi pembelajaran diterapkan tanpa strategi pemerataan yang kuat. Sekolah-sekolah di daerah terpencil menghadapi risiko tertinggal lebih jauh akibat keterbatasan akses terhadap teknologi cerdas.

Kemampuan teknopedagogis guru turut memengaruhi kualitas adopsi adaptive learning di sekolah dasar. Integrasi AI menuntut guru bukan hanya mampu mengoperasikan perangkat dan platform digital, melainkan juga memahami cara menginterpretasikan data analitik dan menerjemahkannya menjadi strategi pembelajaran yang tepat sasaran. Akintola et al. (2024) menekankan bahwa resistensi perubahan masih sering muncul karena kekhawatiran guru kehilangan otoritas profesional dan ruang kreativitas dalam praktik mengajar. Kecemasan teknologi, keterbatasan pelatihan, serta budaya sekolah yang belum sepenuhnya mendukung inovasi dapat menjadi penghambat transformasi pembelajaran adaptif yang berkelanjutan.

Risiko bias algoritmik pada sistem AI menimbulkan kekhawatiran tersendiri terkait keadilan dalam penyediaan intervensi pembelajaran. Algoritma yang dilatih berdasarkan data yang tidak inklusif berpotensi menghasilkan rekomendasi belajar yang tidak tepat bagi kelompok siswa tertentu, terutama mereka yang berasal dari latar belakang sosial-ekonomi kurang beruntung. Miao et al. (2024) mengingatkan bahwa keputusan instruksional berbasis AI harus tetap diawasi secara ketat oleh guru agar tidak menyingkirkan dimensi kemanusiaan pendidikan yang menghargai keberagaman dan martabat setiap anak. Situasi ini mempertegas bahwa AI perlu diposisikan sebagai mitra pendukung guru, bukan sebagai aktor yang mendominasi arah pembelajaran.

Tantangan privasi data anak menghadirkan dimensi etis yang tidak dapat diabaikan. Aktivitas siswa pada platform adaptive learning terekam dalam bentuk jejak digital yang bersifat personal dan sensitif. (Lee et al., 2024)) menegaskan bahwa perlindungan data dan keamanan siber harus menjadi prioritas agar implementasi AI tidak mengorbankan keselamatan informasi pribadi peserta didik. Kebocoran data, penyalahgunaan informasi, dan praktik pemantauan berlebihan dapat merusak kepercayaan publik terhadap teknologi. Sekolah membutuhkan kebijakan tata kelola data yang transparan serta mekanisme akuntabilitas yang melibatkan orang tua sebagai pemangku kepentingan utama dalam perlindungan hak-hak anak.

Interaksi edukatif yang humanis turut menghadapi tantangan saat teknologi mengambil sebagian porsi pendampingan guru. Rutti-Joy et al. (2023) mengingatkan bahwa apabila pembelajaran terlalu bergantung pada sistem adaptif, peluang siswa untuk memperoleh bimbingan emosional dan dorongan moral dari guru dapat berkurang. Lingkungan pembelajaran di sekolah dasar memiliki peran kuat dalam pembentukan karakter, empati, dan kemampuan sosial sehingga penggunaan AI perlu dikelola secara proporsional agar tidak menimbulkan isolasi digital. Relasi humanis antara guru dan murid tetap menjadi fondasi perkembangan psikologis dan sosial anak yang tidak dapat digantikan teknologi.

Ketimpangan literasi digital siswa menambah kompleksitas implementasi adaptive learning. Kemampuan anak dalam menggunakan perangkat teknologi sangat dipengaruhi faktor lingkungan keluarga, akses terhadap teknologi di rumah, serta pengalaman sebelumnya dalam pembelajaran digital. Kim et al. (2021) menyatakan bahwa siswa dari keluarga kurang mampu lebih berisiko mengalami hambatan adaptasi terhadap sistem AI sehingga kesenjangan capaian belajar berpotensi semakin melebar. Pengembangan literasi digital harus dirancang secara bertahap dan berkeadilan agar teknologi tidak menciptakan eksklusivitas hanya bagi siswa yang telah terbiasa menggunakan perangkat digital.

Hambatan-hambatan tersebut memperlihatkan bahwa transformasi pembelajaran berbasis AI memerlukan kesiapan sistemik yang tidak hanya berfokus pada kecanggihan teknologi, melainkan juga memperhatikan kapasitas sumber daya manusia, dukungan kebijakan, dan prinsip keadilan pendidikan. Integrasi adaptive learning membutuhkan tata kelola yang sensitif terhadap konteks sosial-budaya sekolah dasar di Indonesia. Ketika tantangan-tantangan tersebut direspons melalui kolaborasi multipihak serta pendekatan reflektif, teknologi AI dapat berkembang sebagai solusi inovatif yang benar-benar memperkuat kualitas belajar anak secara komprehensif.

D. Arah Strategis Pengembangan

Transformasi pendidikan dasar melalui penerapan adaptive learning berbasis AI menuntut suatu arah strategis yang tidak hanya menekankan kelayakan teknologi, tetapi juga kesiapan manusia dan budaya organisasi sekolah. Upaya pengembangan harus dirancang melalui tahapan yang sistemik, kolaboratif, serta berorientasi pada nilai kemanusiaan yang menjadi fondasi pendidikan sekolah dasar. Model implementasi bertahap menjadi pendekatan yang mampu menjamin keberlanjutan inovasi dan mencegah terjadinya disrupsi yang kontraproduktif bagi praktik belajar mengajar. Wang (2023) menekankan pentingnya memulai transformasi digital melalui fase peningkatan kesiapan (readiness), kemudian berlanjut ke tahap integrasi terarah (integration), sebelum akhirnya memasuki ekspansi berkelanjutan (scaling-up) agar perubahan yang terjadi bersifat natural dan tidak memicu resistensi di tingkat sekolah.

Fokus utama fase kesiapan berkaitan erat dengan penguatan kapasitas guru sebagai aktor kunci dalam mengelola adaptasi teknologi cerdas di ruang kelas. Penguatan peran guru sebagai kurator data serta fasilitator humanis harus menjadi agenda prioritas. Schiff (2022) menyebut bahwa guru memiliki otoritas profesional dalam memahami konteks

perkembangan siswa, sehingga interpretasi rekomendasi algoritma perlu melalui penilaian pedagogis yang memprioritaskan kebutuhan emosional dan sosial anak. Identifikasi kesulitan belajar melalui data analitik memang memberikan gambaran objektif tentang capaian akademik siswa, tetapi keputusan final tentang intervensi tetap berada pada guru yang memahami karakter dan latar belakang pribadi siswa secara lebih komprehensif. Kepekaan humanis inilah yang memastikan AI tidak merekayasa pembelajaran berdasarkan logika yang kaku, melainkan mengukuhkan pendidikan sebagai relasi empatik antara guru dan peserta didik.

Pengembangan konten digital adaptif yang sesuai konteks lokal menjadi langkah strategis berikutnya agar teknologi AI tidak hanya menjadi alat impor yang terlepas dari realitas peserta didik. Kit Ng et al. (2023) menggarisbawahi bahwa relevansi konten pembelajaran merupakan faktor penting yang menentukan keterlibatan siswa serta kualitas pemahaman mereka terhadap materi pelajaran. Pengembangan konten lokal tidak hanya mencakup bahasa dan budaya, melainkan juga menyesuaikan kurikulum nasional, karakteristik lingkungan sosial sekolah, serta kekhasan potensi daerah. Upaya ini memastikan bahwa adaptive learning tidak hanya memperhalus mekanisme asesmen dan pengajaran, tetapi juga memperkaya pembelajaran berakar pada kehidupan nyata siswa sehingga kemampuan abad ke-21 tumbuh selaras dengan penguatan identitas kebangsaan dan moralitas (Ayodele et al., 2023; Kreinsen & Achulz, 2023).

Kemitraan multipihak menjadi elemen kritis untuk memperkuat keberlanjutan pemanfaatan AI di sekolah dasar. Kolaborasi antara pemerintah daerah, perguruan tinggi, sektor industri teknologi, dan komunitas pendidikan masyarakat berkontribusi dalam penyediaan sumber daya, pendampingan teknis, penelitian, serta inovasi pedagogis. Ayodele et al. (2023) menilai bahwa solidaritas lintas sektor menentukan keberhasilan pemerataan kualitas teknologi pembelajaran terutama di wilayah dengan keterbatasan infrastruktur. Kemitraan tersebut dapat menghasilkan ekosistem berbagi praktik baik, pemeliharaan fasilitas digital, serta program penguatan kompetensi guru yang dirancang inklusif. Kolaborasi multipihak juga memperkuat proses penyempurnaan model adaptive learning melalui feedback berbasis evidensi, bukan sekadar uji coba sesaat yang berakhir tanpa jejak peningkatan kapasitas.

Kebijakan tata kelola data dan etika AI bagi anak usia dasar menjadi komponen strategis yang memastikan keamanan serta keadilan implementasi. Xu (2025) menekankan kewajiban sekolah untuk menjamin bahwa data yang dihasilkan dari penggunaan adaptive learning tidak disimpan atau diproses secara abusif oleh pihak eksternal. Tata kelola data yang transparan memberikan jaminan kepada orang tua dan masyarakat bahwa penggunaan teknologi tidak mengancam privasi anak maupun memanfaatkan data mereka untuk kepentingan komersial yang tidak berorientasi pendidikan. Prinsip ethical-by-design perlu diterapkan dalam seluruh platform AI sehingga rekomendasi belajar tidak mengandung bias algoritmik yang mendiskriminasi siswa berdasarkan kemampuan awal, kondisi sosial ekonomi, atau latar belakang budaya (Bing & Leong, 2025; Porayska-Pomsta et al., 2022).

Kepemimpinan digital di tingkat sekolah menjadi penentu arah pengembangan strategi adaptive learning berbasis AI. Pemimpin sekolah harus mampu mengomunikasikan visi transformasi yang memfasilitasi kegigihan dan keberanian dalam bereksperimen pedagogis. Tanzi & Hermanto (2024) menyatakan bahwa kepemimpinan digital yang efektif terlihat dari cara kepala sekolah memberikan ruang inovasi kepada guru, mengatur alokasi anggaran untuk perangkat dan pelatihan, serta menyusun regulasi internal yang mendukung pemanfaatan teknologi secara bertanggung jawab. Ketika kepemimpinan kolaboratif terbangun, para guru tidak lagi memandang AI sebagai ancaman profesi, melainkan sebagai katalis yang memperkuat kualitas pendampingan belajar.

Strategi implementasi adaptif menuntut evaluasi dan riset tindakan sekolah sebagai pendekatan reflektif yang memungkinkan perbaikan berkelanjutan. Setiap fase penerapan adaptive learning harus disertai dokumentasi praktik, analisis data hasil belajar, serta diskusi terstruktur untuk menilai apakah teknologi benar-benar meningkatkan kualitas pembelajaran. Langeveldt (2024) menegaskan bahwa riset tindakan sekolah memberikan pemahaman kontekstual sehingga pengambilan keputusan lebih presisi dan tidak mengadopsi teknologi secara generik. Sekolah yang melibatkan guru dalam riset akan memperkuat budaya pembelajaran profesional serta meningkatkan sense of ownership terhadap inovasi yang dijalankan.

Keberlanjutan implementasi adaptive learning juga bergantung kualitas literasi AI siswa sebagai pengguna akhir. Model pelatihan yang berjenjang memungkinkan siswa mengenali mekanisme kerja teknologi sekaligus memahami batasan dan risiko etisnya. Gupta et al. (2024) mengingatkan bahwa kemampuan berpikir kritis dalam evaluasi informasi digital merupakan fondasi agar siswa tidak terjebak pada ketergantungan berlebih terhadap rekomendasi algoritmik. Semakin siswa memahami peran AI sebagai pendukung nalar manusia, semakin besar potensi teknologi untuk meningkatkan kualitas kompetensi diri tanpa mengikis nilai otonomi belajar.

Berbagai arah strategis tersebut memperlihatkan bahwa pengembangan adaptive learning tidak dapat hanya mengandalkan penyediaan teknologi canggih. Kejelasan visi, kesiapan sumber daya manusia, dan kesadaran etis menjadi pilar utama yang memastikan AI memperkenalkan masa depan pendidikan yang lebih inklusif, tidak sekadar futuristik. Ketika teknologi disinergikan secara utuh dengan jiwa pendidikan, lingkungan belajar di sekolah dasar akan menjadi ruang bagi setiap anak untuk tumbuh sesuai potensi uniknya, menerima pendampingan yang personal, dan mengalami pembelajaran yang bermakna dari waktu ke waktu. AI berkembang sebagai mitra strategis yang memperkuat harkat manusia dan menegaskan bahwa pendidikan adalah seni menuntun kehidupan, bukan sekadar mengelola data pengetahuan (Holmes et al., 2022; Küçük et al., 2025).

Integrasi adaptive learning berbasis Artificial Intelligence menghadirkan peluang strategis untuk mengatasi tantangan pembelajaran yang selama ini sulit dijangkau pendekatan konvensional di sekolah dasar. AI memberikan kemampuan personalisasi yang memungkinkan

setiap siswa memperoleh jalur belajar sesuai karakteristik, ritme perkembangan, dan tingkat penguasaan materi. Yim (2025) menegaskan bahwa analitik pembelajaran memberi guru pijakan data yang kuat untuk melakukan intervensi instruksional yang lebih akurat. Posisi AI sebagai penguat individualisasi pembelajaran menegaskan pentingnya rekontekstualisasi praktik belajar agar semakin manusiawi, bukan semakin mekanistik.

Paradigma baru tersebut hanya akan bermakna jika keseimbangan antara teknologi dan relasi edukatif yang humanis dijaga secara berkelanjutan. Guru tetap menjadi aktor utama yang memegang kompas etis serta sensitivitas pedagogis dalam proses belajar anak. Hartati (2024) menyoroti kapasitas guru sebagai pemberi makna yang memastikan pemanfaatan AI tidak mereduksi interaksi sosial, empati, serta pendampingan emosional yang dibutuhkan siswa usia dasar. Teknologi memberi efisiensi dan data, sementara guru memberikan kebijaksanaan dan keteladanan. Kolaborasi fungsi antropologis dan algoritmik inilah yang memastikan pendidikan dasar tetap menjadi ruang pemanusiaan, bukan instrumentalisasi teknologi.

Pengaruh penerapan adaptive learning meluas kepada seluruh pemangku kepentingan pendidikan. Siswa diharapkan memperoleh pengalaman belajar yang lebih inklusif, terarah, dan memotivasi kemandirian. Guru memperkuat profesionalisme melalui kompetensi teknopedagogis serta kemampuan interpretasi data yang responsif terhadap kebutuhan belajar. Sekolah memperkuat budaya inovasi dan kepemimpinan digital yang visioner. Pemerintah mengemban mandat pemerataan akses, peningkatan infrastruktur, serta penguatan regulasi privasi dan keamanan data. Sugiharto (2025) menekankan bahwa perlindungan informasi anak menjadi pilar etis yang tidak dapat dinegosiasi dalam seluruh praktik pemanfaatan AI. Dunia penelitian memperoleh ruang luas untuk menilai efektivitas implementasi berbasis konteks dan dampak longitudinal terhadap perkembangan peserta didik.

Rekomendasi kebijakan perlu diarahkan pada jaminan keadilan pembelajaran agar teknologi tidak memperlebar jurang kualitas antarwilayah. Prayitno (2025) menegaskan urgensi investasi yang seimbang pada sekolah-sekolah dengan keterbatasan sumber daya. Kebijakan penguatan literasi AI bagi guru dan siswa menjadi prioritas demi membangun kesadaran kritis terhadap peran serta risiko algoritma. Kolaborasi multipihak harus dilembagakan guna memastikan keberlanjutan inovasi. Semua langkah tersebut memastikan bahwa implementasi adaptive learning berbasis AI tidak hanya menghadirkan modernisasi alat, tetapi transformasi esensial menuju pembelajaran yang lebih personal, kolaboratif, dan bermartabat secara kemanusiaan.

Keseluruhan simpulan ini menandakan bahwa keberhasilan integrasi AI ditentukan oleh kemampuan memadukan kecanggihan teknologi dengan nilai-nilai humanistik pendidikan. Ketika AI dikelola sebagai katalis, bukan pengganti, sekolah dasar akan menjadi tempat terbaik bagi setiap anak untuk bertumbuh secara kognitif, emosional, dan moral. Ekosistem pendidikan yang berkeadilan memberi setiap siswa kesempatan meraih masa depan yang adaptif dan penuh harapan.

Daftar Pustaka

- AITSL. (2023). Reframing feedback to improve teaching and learning. Australian Institute for Teaching and School Leadership.
- Akintola, A. S., Akintayo, M., Kadri, T., & Ofarau, C. M. (2024). Adaptive AI Systems in Education: Real-Time Personalised Learning Pathways for Skill Development. *Proceedings of ISETE International Conference*, 612.
- Ayodele, O. S., Aliu, J., Owoeye, F. O., Ajayi, E. A., & Sheidu, A. Y. (2023). The Role of Artificial Intelligence in Curriculum Development and Management. *Journal of Digital Innovations & Contemporary Research in Science, Engineering & Technology*, 11(2), 37–46. <https://doi.org/DOI:10.22624/AIMS/DIGITAL/V11N2P4>
- Bećirović, S., Polz, E., & Tinkel, I. (2025). Exploring students' AI literacy and its effects on their AI output quality, self-efficacy, and academic performance. *Smart Learning Environments*, 12(1), 29. <https://doi.org/10.1186/s40561-025-00384-3>
- Bing, Z. J., & Leong, W. Y. (2025). Ethical Design of AI for Education and Learning Systems. *ASM Science Journal*, 20(1), 1–9. <https://doi.org/10.32802/asmscj.2025.1917>
- Brazil, J., Yang, S., & van der Kleij, F. (2025). AI systems in teaching and learning: Principles and practical examples. Building a PATH forward. The Australian Council for Educational Research Ltd.
- Ejjami, R. (2024). The Future of Learning: AI-Based Curriculum Development. *International Journal for Multidisciplinary Research*, 6(4), 1–31. <https://doi.org/DOI:10.36948/ijfmr.2024.v06i04.24441>
- Fengchun, M., Shiohira, K., & laon, N. (2024). AI competency framework for students.
- Gabay, R. A., & Funa, A. A. (2025). Policy guidelines and recommendations on AI use in teaching and learning: A meta-synthesis study. *Social Sciences & Humanities Open*, 11(1), 101221. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2024.101221>
- Gupta, P., Ding, B., Guan, C., & Ding, D. (2024). Generative AI: A systematic review using topic modelling techniques. *Data and Information Management*, 8(2), 100066. <https://doi.org/10.1016/j.dim.2024.100066>
- Haetami. (2025). AI-Driven Educational Transformation in Indonesia: From Learning Personalization to Institutional Management. *Al-Ishlah. Jurnal Pendidikan*, 17(2), 1819–1832. <https://doi.org/DOI:10.35445/alishlah.v17i2.7448>
- Hatcher, R., & Campbell, R. (2024). Literature Review: The Impact of AI-Personalized Tutors on Academic Ability, SelfEsteem, Self-Efficacy, Socialization, and Academic Integrity. *ISAR Journal of Arts, Humanities and Social Sciences*, 2(2), 72–78.
- Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, K., Sutherland, E., Baker, T., Shum, S. B., Santos, O. C., Rodrigo, M. T., Cukurova, M., Bittencourt, I. I., & Koedinger, K. R. (2022). Ethics of AI in Education: Towards a Community-Wide Framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32, 504–526. <https://doi.org/DOI:10.1007/s40593-021-00239-1>
- Kağan, R. (2023). Ethical Frameworks for AI-Integrated Education: Issues and Prospects. *Journal of Computer Education*, 2(2), 1–17.
- Khan, A. (2023, May 20). Peer Tutoring: Empowering Students through Collaborative Learning. Medium.

Kim, J., Lee, H., & Cho, Y. H. (2021). Learning design to support student-AI collaboration: perspectives of leading teachers for AI in education. *Education and Information Technologies*, 27, 6069–6104. <https://doi.org/DOI:10.1007/s10639-021-10831-6>

Kit Ng, D. T., Leung, J. K. L., & Wui Ng, R. C. (2023). Teachers' AI digital competencies and twenty first century skills in the post pandemic world. *Education Tech Research Dev*, 71, 137–161.

Kreinsen, M., & Achulz, S. (2023). Towards the Triad of Digital Literacy, Data Literacy and AI Literacy in Teacher Education – A Discussion in Light of the Accessibility of Novel Generative AI.

Küçük, E., Cincin, F., & Karal, Y. (2025). Systematic Review of the Ethical Use of Artificial Intelligence (AI) Tools in Education. *Educational Technology and Computing*, 18(2), 385–412.

Küçükuncular, A., & Ertugan, A. (2025). Teaching in the AI Era: Sustainable Digital Education through Ethical Integration and Teacher Empowerment. *Sustainability*, 17(16), 7405. <https://doi.org/10.3390/su17167405>

Langeveldt, D. C. (2024). AI-Driven Leadership: A Conceptual Framework for Educational Decision-Making in the AI Era. *E-Journal of Humanities, Arts and Social Sciences (EHASS)*, 5(8), 1582–1595. <https://doi.org/DOI:10.38159/ehass.20245812>

Lee, Y.-J., Davis, R. O., & Ryu, J. (2024). Korean in-Service Teachers' Perceptions of Implementing Artificial Intelligence (AI) Education for Teaching in Schools and Their AI Teacher Training Programs. *International Journal of Information and Education Technology*, 14(2), 214–219. <https://doi.org/DOI:10.18178/ijiet.2024.14.2.2042>

Majeed, M. K., Ali, M. W., & Ahmad, T. B. (2025). Artificial Intelligence (AI) Based Instructional Model for Enhancing Personalized Learning in the Classroom. *Scholar Insight Journal*, 3(2), 52–89.

Miao, F., Shiohira, K., & Lao, N. (2024). AI competency framework for students. UNESCO.

Pawar, P. (2023). *AI-Enhanced Education: Personalized Learning and Educational Technology*. In *Fusion of Knowledge (1st ed.)*. Red'shine Publications PVT. LTD. <https://doi.org/DOI:10.25215/9358791152.01>

Porayska-Pomsta, K., Holmes, W., & Nemorin, S. (2022). The Ethics of AI in Education. In *Handbook of Artificial Intelligence in Education*.

Rutti-Joy, O., Winder, G., & Biedermann, H. (2023). Building AI Literacy for Sustainable Teacher Education. *Zeitschrift Für Hochschulentwicklung*, 18(4), 175–189. <https://doi.org/https://orcid.org/0000-0002-0371-0599>

Saleem, S., Aziz, M. U., Iqbal, M. J., & Abbas, S. (2025). AI in Education: Personalized Learning Systems and Their Impact on Student Performance and Engagement. *The Critical Review of Social Sciences Studies*, 3(1), 2445–2459. <https://doi.org/10.59075/c35qa453>

Schiff, D. (2022). Education for AI, not AI for Education: The Role of Education and Ethics in National AI Policy Strategies. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32, 527–563. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s40593-021-00270-2>

Selwyn, N. (2019). *Should robots replace teachers? AI and the Future of Education (1st ed.)*. Polity Press.
Silva, G., Godwin, G., & Jayanagara, O. (2024). The Impact of AI on Personalized Learning and Educational Analytics. *International Transactions on Education Technology (ITEE)*, 3(1), 36–46. <https://doi.org/10.33050/itee.v3i1.669>

Singh, A. (2024). The Future of Learning: AI-Driven Personalized Education.

Strielkowski, W., Grebennikova, V., Lisovskiy, A., Rakhimova, G., & Vasileva, T. (2024). AI-driven adaptive learning for sustainable educational transformation. *Sustainable Development*, 1–27. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/sd.3221>

Tanzi, M., & Hermanto. (2024). The Role of Principals in Implementing Inclusive Education Through Culturally Responsive School Leadership. *Al-Ishlah: Jurnal Pendidikan*, 16(1), 570–580.

Wang, Z. (2023). The Empirical Study on Developing Strategies of AI Education in China. *IEIT*, 100, 743–748. https://doi.org/https://doi.org/10.2991/978-94-6463-058-9_116

World Economic Forum. (2024). Shaping the Future of Learning: The Role of AI in Education 4.0. World Economic Forum.

Xu, X. (2025). AI optimization algorithms enhance higher education management and personalized teaching through empirical analysis. *Scientific Reports*, 15, 10157. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-025-94481-5>

Zavalevskiy, Y., Kyrilenko, S., Kijan, O., Bessarab, N., & Mosyakova, I. (2024). The role of AI in individualizing learning and creating personalized programs. *Revista Amazonia Investiga*, 13(73), 200–208. <https://doi.org/10.34069/AI/2024.73.01.16>

Artificial Intelligence dalam Pembelajaran: Peluang, Tantangan, dan Transformasi Pendidikan

Muhammad Hakiem Sedo Putra

Perkembangan teknologi digital dalam dua dekade terakhir telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk di bidang Pendidikan [1]. Salah satu teknologi yang mengalami kemajuan pesat dan mulai memberikan dampak luas terhadap sistem pembelajaran adalah Artificial Intelligence (AI) [2]. AI tidak lagi terbatas pada ranah industri dan komputasi, tetapi telah merambah ke dunia pendidikan melalui berbagai aplikasi seperti sistem pembelajaran adaptif, asisten virtual, analisis data pembelajaran, hingga otomatisasi penilaian. Transformasi ini menandai pergeseran paradigma pembelajaran dari pendekatan konvensional menuju pembelajaran yang lebih personal, adaptif, dan berbasis data [3].

Urgensi pemanfaatan AI dalam pembelajaran semakin menguat seiring dengan tantangan global yang dihadapi dunia pendidikan, termasuk meningkatnya kebutuhan akan pembelajaran jarak jauh, kesenjangan kualitas pendidikan, serta tuntutan penguasaan keterampilan abad ke-21 [4]. Pandemi COVID-19 menjadi salah satu momentum penting yang mempercepat adopsi teknologi digital dalam pendidikan, sekaligus membuka ruang bagi penerapan AI sebagai solusi untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi pembelajaran. Melalui analisis perilaku belajar peserta didik, AI berpotensi membantu pendidik memahami kebutuhan individual siswa secara lebih akurat dan merancang strategi pembelajaran yang sesuai [5].

Di sisi lain, pemanfaatan AI dalam pembelajaran juga memunculkan berbagai tantangan yang tidak dapat diabaikan. Isu etika, perlindungan data pribadi, ketimpangan akses teknologi, serta kesiapan pendidik dan institusi pendidikan menjadi perhatian utama dalam implementasi AI. Tanpa kerangka kebijakan dan literasi digital yang memadai, penggunaan AI berisiko memperlebar kesenjangan pendidikan dan mengurangi peran manusia dalam proses pembelajaran [6]. Oleh karena itu, pemanfaatan AI perlu dipahami tidak hanya sebagai inovasi teknologi, tetapi juga sebagai fenomena sosial dan pedagogis yang menuntut pendekatan kritis dan bertanggung jawab [7].

Dalam konteks Indonesia, peluang dan tantangan AI dalam pembelajaran memiliki karakteristik tersendiri. Keberagaman kondisi geografis, sosial, dan ekonomi memengaruhi tingkat kesiapan infrastruktur dan sumber daya manusia dalam mengadopsi teknologi AI. Di satu sisi, AI berpotensi menjadi solusi untuk meningkatkan akses dan kualitas pendidikan di daerah terpencil melalui pembelajaran digital yang cerdas [8]. Di sisi lain, keterbatasan infrastruktur, literasi teknologi, serta regulasi yang belum matang dapat menghambat pemanfaatan AI secara optimal dan berkelanjutan.

AI dalam proses pembelajaran. Melalui tulisan ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai posisi AI sebagai alat pendukung pembelajaran yang berorientasi pada penguatan peran manusia, bukan pengganti pendidik. Pendahuluan ini menjadi landasan untuk pembahasan lebih lanjut mengenai bagaimana AI dapat dimanfaatkan secara bijak dan strategis dalam dunia pendidikan, sehingga mampu mendorong transformasi pembelajaran yang inklusif, etis, dan berkelanjutan [9].

A. Konsep Dasar Artificial Intelligence

Artificial Intelligence (AI) merupakan cabang ilmu komputer yang berfokus pada pengembangan sistem atau mesin yang mampu meniru kecerdasan manusia, seperti kemampuan belajar, bernalar, memecahkan masalah, dan mengambil keputusan. AI dirancang untuk memproses data dalam jumlah besar, mengenali pola, serta menghasilkan respons atau rekomendasi secara otomatis [10] berdasarkan algoritma tertentu. Dalam konteks pendidikan, AI dimanfaatkan untuk meningkatkan efektivitas proses pembelajaran melalui pemrosesan data pembelajaran secara cerdas dan adaptif [11].

Secara umum, AI mencakup beberapa teknologi utama, antara lain machine learning, deep learning, natural language processing (NLP), dan computer vision. Machine learning memungkinkan sistem belajar dari data tanpa diprogram secara eksplisit [12], sedangkan deep learning menggunakan jaringan saraf tiruan berlapis untuk menangani permasalahan kompleks seperti pengenalan suara dan gambar. NLP memungkinkan interaksi bahasa alami antara manusia dan mesin, misalnya melalui chatbot pembelajaran atau asisten virtual. Teknologi-teknologi ini menjadi fondasi utama dalam pengembangan sistem pembelajaran berbasis AI [13].

Dalam pendidikan, AI berperan sebagai alat pendukung yang membantu pendidik dan peserta didik [14]. Contoh penerapan AI meliputi sistem pembelajaran adaptif yang menyesuaikan materi dengan kemampuan siswa, analisis data pembelajaran (learning analytics), sistem rekomendasi materi, serta otomatisasi penilaian. Dengan demikian, AI berpotensi meningkatkan personalisasi pembelajaran dan efisiensi pengelolaan pendidikan.

B. Artificial Intelligence dalam Konteks Pembelajaran

Pemanfaatan AI dalam pembelajaran tidak hanya berfokus pada aspek teknologi, tetapi juga pada transformasi proses pedagogis. AI memungkinkan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik (student-centered learning), di mana sistem dapat menyesuaikan kecepatan, tingkat kesulitan, dan metode penyampaian materi sesuai dengan kebutuhan individu [15]. Hal ini sejalan dengan pendekatan pembelajaran modern yang menekankan diferensiasi dan personalisasi [16].

Selain itu, AI mendukung pembelajaran berbasis data melalui analisis perilaku belajar peserta didik. Data seperti waktu belajar, tingkat keberhasilan, dan pola kesalahan dapat dianalisis untuk memberikan umpan balik yang cepat dan akurat [17]. Bagi pendidik, informasi ini sangat berguna dalam merancang intervensi pembelajaran yang lebih tepat

sasaran. Dengan demikian, AI berfungsi sebagai alat bantu pengambilan keputusan pedagogis yang berbasis bukti [18].

Namun, penting untuk dipahami bahwa AI dalam pembelajaran bukanlah pengganti peran pendidik. AI berperan sebagai augmenting tool yang memperkuat peran guru dalam memfasilitasi pembelajaran, membangun interaksi sosial, serta menanamkan nilai dan karakter [19]. Oleh karena itu, pemanfaatan AI perlu ditempatkan dalam kerangka pedagogis yang humanis dan etis.

C. Teori Pembelajaran yang Relevan dengan Pemanfaatan AI

Beberapa teori pembelajaran menjadi landasan penting dalam memahami integrasi AI dalam pembelajaran. Pertama, teori konstruktivisme menekankan bahwa pengetahuan dibangun secara aktif oleh peserta didik melalui pengalaman dan interaksi. Sistem pembelajaran berbasis AI dapat mendukung konstruktivisme dengan menyediakan lingkungan belajar yang interaktif, umpan balik real-time, dan sumber belajar yang disesuaikan dengan kebutuhan individu [20].

Kedua, teori behaviorisme relevan dalam konteks penggunaan AI untuk memberikan penguatan (reinforcement) melalui umpan balik otomatis, penilaian instan, dan sistem penghargaan digital. AI dapat memfasilitasi pembelajaran berbasis latihan dan pengulangan secara efisien, terutama untuk penguasaan keterampilan dasar.

Ketiga, teori kognitivisme memandang pembelajaran sebagai proses mental internal yang melibatkan pengolahan informasi. AI mendukung pendekatan ini melalui penyajian materi yang terstruktur, visualisasi konsep [21], serta sistem adaptif yang membantu mengurangi beban kognitif peserta didik. Dengan mengatur kompleksitas materi secara dinamis, AI dapat membantu peserta didik memahami konsep secara lebih mendalam.

Selain itu, teori connectivism menjadi semakin relevan dalam era digital. Teori ini menekankan pentingnya jaringan, konektivitas, dan kemampuan mengakses informasi. AI berperan dalam menghubungkan peserta didik dengan sumber belajar yang relevan, komunitas belajar, serta pengetahuan global, sehingga memperluas ekosistem pembelajaran [22].

D. Implikasi Teoretis terhadap Transformasi Pembelajaran

Berdasarkan landasan teori tersebut, integrasi AI dalam pembelajaran dapat dipahami sebagai bagian dari transformasi pendidikan menuju pembelajaran yang adaptif, kolaboratif, dan berbasis teknologi. AI memungkinkan penerapan berbagai teori pembelajaran secara lebih efektif melalui dukungan data dan otomatisasi [23]. Namun, keberhasilan transformasi ini sangat bergantung pada kesiapan pendidik, institusi, dan kebijakan pendidikan dalam mengelola teknologi secara bijak.

Dengan memahami konsep dasar AI dan teori pembelajaran yang relevan, pendidik dan pemangku kepentingan pendidikan dapat merancang strategi pemanfaatan AI yang tidak

hanya inovatif, tetapi juga pedagogis, etis, dan berorientasi pada pengembangan manusia secara utuh [24], [25].

E. Penerapan AI dalam Pembelajaran

Salah satu bentuk penerapan AI yang paling menonjol adalah sistem pembelajaran adaptif. Sistem ini memanfaatkan algoritma machine learning untuk menyesuaikan materi, tingkat kesulitan, dan kecepatan belajar dengan kemampuan individu peserta didik [26]. Dengan demikian, siswa yang memiliki kecepatan belajar tinggi dapat memperoleh tantangan yang lebih kompleks, sementara siswa yang mengalami kesulitan mendapatkan penguatan tambahan. Pendekatan ini terbukti mampu meningkatkan motivasi belajar dan hasil akademik karena pembelajaran menjadi lebih personal dan relevan [27].

Selain itu, AI banyak digunakan dalam learning analytics untuk menganalisis data pembelajaran. Data seperti kehadiran, waktu akses materi, pola kesalahan, dan hasil evaluasi dapat diolah untuk memberikan umpan balik secara real-time. Bagi pendidik, analisis ini membantu dalam mengidentifikasi kebutuhan siswa secara lebih dini dan merancang intervensi pembelajaran yang tepat. Dalam konteks pembelajaran daring dan hybrid, AI juga mendukung pemantauan keterlibatan siswa yang sebelumnya sulit dilakukan secara manual.

Penerapan AI lainnya terlihat pada penggunaan chatbot dan asisten virtual dalam pembelajaran. Teknologi berbasis natural language processing memungkinkan siswa mengajukan pertanyaan kapan saja dan memperoleh respon secara instan. Chatbot pembelajaran dapat membantu menjelaskan konsep dasar, memberikan latihan tambahan, atau mengarahkan siswa ke sumber belajar yang relevan. Hal ini sangat bermanfaat dalam mengatasi keterbatasan waktu dan jumlah pendidik, terutama pada kelas dengan jumlah peserta didik yang besar.

AI juga berperan dalam otomatisasi penilaian, khususnya untuk soal objektif dan tugas berbasis teks sederhana. Sistem penilaian otomatis dapat mempercepat proses evaluasi dan memberikan umpan balik yang cepat kepada siswa. Dengan berkurangnya beban administratif, pendidik memiliki lebih banyak waktu untuk fokus pada pendampingan, diskusi, dan pengembangan kompetensi berpikir tingkat tinggi.

F. Peluang Pemanfaatan AI dalam Pembelajaran

Peluang utama pemanfaatan AI dalam pembelajaran terletak pada kemampuannya untuk mendorong personalisasi dan inklusivitas pendidikan. AI memungkinkan pembelajaran yang lebih responsif terhadap perbedaan gaya belajar, latar belakang, dan kebutuhan khusus peserta didik. Bagi siswa dengan kebutuhan khusus, AI dapat menyediakan alat bantu belajar yang disesuaikan, seperti teks ke suara, visualisasi interaktif, atau latihan berulang yang terstruktur [28].

Selain itu, AI mendukung transformasi peran pendidik dari penyampai informasi menjadi fasilitator pembelajaran. Dengan bantuan AI, guru dapat mengambil keputusan pedagogis

berbasis data dan merancang pembelajaran yang lebih bermakna. Dalam jangka panjang, pemanfaatan AI juga berpotensi meningkatkan kualitas pendidikan melalui inovasi berkelanjutan dan pembelajaran sepanjang hayat.

G. Tantangan dalam Penerapan AI

Meskipun menawarkan berbagai peluang, penerapan AI dalam pembelajaran juga menghadapi tantangan signifikan. Salah satu tantangan utama adalah kesenjangan akses teknologi. Tidak semua institusi pendidikan dan peserta didik memiliki akses yang memadai terhadap infrastruktur digital, perangkat, dan konektivitas internet. Kondisi ini berisiko memperlebar kesenjangan pendidikan antara kelompok masyarakat.

Tantangan lain berkaitan dengan kesiapan sumber daya manusia. Banyak pendidik belum memiliki literasi digital dan pemahaman yang cukup tentang AI, sehingga pemanfaatannya belum optimal. Selain itu, isu etika dan privasi data menjadi perhatian penting, mengingat sistem AI bergantung pada pengumpulan dan analisis data peserta didik [29]. Tanpa regulasi dan pengelolaan yang tepat, penggunaan AI dapat menimbulkan risiko penyalahgunaan data dan bias algoritma.

Dengan demikian, ini menunjukkan bahwa AI memiliki potensi besar untuk mentransformasi pembelajaran, namun keberhasilannya sangat bergantung pada kesiapan teknologi, pendidik, kebijakan, serta pendekatan etis dalam implementasinya.

Pemanfaatan Artificial Intelligence dalam pembelajaran menunjukkan potensi besar dalam mentransformasi sistem pendidikan menuju arah yang lebih adaptif, inklusif, dan berbasis data. AI memungkinkan personalisasi pembelajaran, peningkatan efektivitas evaluasi, serta penguatan peran pendidik sebagai fasilitator pembelajaran. Melalui sistem pembelajaran adaptif, learning analytics, chatbot edukatif, dan otomatisasi penilaian, AI dapat meningkatkan kualitas proses belajar sekaligus mengurangi beban administratif pendidik.

Namun, implementasi AI dalam pembelajaran juga menghadapi berbagai tantangan, termasuk kesenjangan akses teknologi, keterbatasan literasi digital pendidik, serta isu etika dan perlindungan data peserta didik. Tanpa pengelolaan yang tepat, pemanfaatan AI berisiko memperlebar ketimpangan pendidikan dan menimbulkan masalah kepercayaan publik [30].

Oleh karena itu, penerapan AI dalam pembelajaran di masa depan perlu dilakukan secara terencana dan bertanggung jawab. Rekomendasi utama meliputi penguatan kebijakan dan regulasi terkait penggunaan AI, peningkatan kapasitas pendidik melalui pelatihan berkelanjutan, serta penyediaan infrastruktur digital yang merata. Selain itu, pendekatan kolaboratif antara pemerintah, institusi pendidikan, dan pengembang teknologi sangat diperlukan untuk memastikan bahwa AI dimanfaatkan sebagai alat pendukung pembelajaran yang beretika, adil, dan berkelanjutan. Dengan strategi yang tepat, AI dapat menjadi katalis penting dalam transformasi pendidikan di era digital.

Daftar Pustaka

- [1] M. T.- SEMNASFIP and undefined 2025, “Transformasi Pendidikan Melalui Teknologi Deep Learning: Peluang dan Tantangan di Dunia Pendidikan Indonesia,” *jurnal.umj.ac.id*, Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/SEMNASFIP/article/view/28563>
- [2] A. Fentyrina, ... M. M. M. (JSM) e-I. 2745, and undefined 2025, “Transformasi digital dalam manajemen pendidikan: Tantangan dan peluang di era pendidikan 5.0,” *ojs.cahayamandalika.com*, Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: <https://www.ojs.cahayamandalika.com/index.php/jomla/article/view/4194>
- [3] A. M. Alfi, A. Febriasari, J. N. Azka, J. Manajemen, F. Ekonomi, and D. Bisnis, “Transformasi pendidikan agama islam melalui teknologi,” *maryamsejahtera.com*, vol. 1, Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: <http://maryamsejahtera.com/index.php/Religion/article/view/249>
- [4] N. Wahyudi, J. J.-I. R. J. on Education, and undefined 2024, “Integrasi Teknologi dalam Pendidikan: Tantangan dan Peluang Pembelajaran Digital di Sekolah Dasar,” *irje.org*, Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: <http://www.irje.org/irje/article/view/1138>
- [5] N. Westari, R. S.-P. S. of Educational, and undefined 2025, “Tantangan dan Peluang Transformasi Manajemen Pendidikan di Era Digital (Tinjauan Literatur Sistematis),” *conference.um.ac.id*, Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: <http://conference.um.ac.id/index.php/pses/article/view/10270>
- [6] P. Mesara Averoes and U. Sultan Ageng Tirtayasa, “Analisis Tantangan dan Peluang Transformasi Pendidikan Inklusi Sains dan Teknologi untuk Mencapai Sustainable Development Goals (SDGs) 2030,” *prosiding.unipar.ac.id*, Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: <https://prosiding.unipar.ac.id/index.php/seminalu/article/view/54>
- [7] A. Isnayanti, P. Putriwanti, ... K. K.-... J. of P., and undefined 2025, “Integrasi Pembelajaran Mendalam (Deep Learning) dalam Kurikulum Sekolah Dasar: Tantangan dan Peluang,” *e-journal.my.id*, Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: <https://e-journal.my.id/cjpe/article/download/6027/4127>
- [8] H. Jaya, ... M. H.-... R. P., and undefined 2023, “Transformasi pendidikan: peran pendidikan berkelanjutan dalam menghadapi tantangan abad ke-21,” *repository.uin-malang.ac.id*, Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: <http://repository.uin-malang.ac.id/17431/>
- [9] A. Hafid, B. M.- Arriyadhah, and undefined 2023, “Transformasi Pendidikan Islam Dalam Konteks Masyarakat Adat Di Batam: Tantangan Dan Peluang,” *jurnalstaiibnusina.ac.id*, Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: <https://jurnalstaiibnusina.ac.id/index.php/ary/article/view/154>
- [10] T. Pendidikan et al., “Transformasi Pendidikan di Era Digital Peluang dan Tantangan bagi Generasi Muda,” *risetkendikia.com*, Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: <https://www.risetkendikia.com/index.php/journal-luxfia/article/view/21>
- [11] Z. Arbi, A. A.-S. S. in Education, and undefined 2024, “Transformasi sosial dalam pendidikan karakter di era digital: Peluang dan tantangan,” *jurnalftk.uinsa.ac.id*, vol. 02, no. 02, pp. 191–206, 2024, doi: 10.15642/sse.2024.2.1.191-206.
- [12] “PELUANG, TANTANGAN, DAN TRANSFORMASI PENDIDIKAN - Google Scholar.” Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&as_ylo=2020&as_yhi=2025&q=PELUANG%2C+TANTANGAN%2C+DAN+TRANSFORMASI+PENDIDIKAN&btnG=

- [13] J. S. Islam, D. Humaniora, and S. Rani1, “Transformasi komunikasi dakwah dalam era digital: Peluang dan tantangan dalam pendidikan Islam kontemporer,” *ejournal.insuriponorogo.ac.id*, vol. 4, 2023, doi: 10.37680/almikraj.v4i1.3513.
- [14] F. Ainun, ... H. M.-J., and undefined 2022, “Identifikasi transformasi digital dalam dunia pendidikan mengenai peluang dan tantangan di era disrupsi,” *download.garuda.kemdikbud.go.id*, Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: <https://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=3034640&val=20674&t>
- [15] T. Digital et al., “Transformasi Digital Dalam Manajemen Pendidikan Islam: Peluang Dan Tantangan,” *ejournal.iaida.ac.id*, vol. 5, no. 1, pp. 131–140, 2023, Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: <http://ejournal.iaida.ac.id/index.php/jmpid/article/view/2094>
- [16] S. F.-J. P. M. Malikussaleh and undefined 2024, “Transformasi Pendidikan Menuju Literasi Dalam Era Globalisasi: Tantangan Dan Peluang,” *ojs.unimal.ac.id*, Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: <https://ojs.unimal.ac.id/jpmm/article/view/13860>
- [17] V. P.-I. R. J. ON and undefined 2024, “Transformasi pendidikan di era digital,” *elibrary.ru*, Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: <https://elibrary.ru/item.asp?id=82044601>
- [18] J. S. Islam, D. Humaniora, and M. F. Hajri, “Pendidikan Islam di era digital: Tantangan dan peluang pada abad 21,” *ejournal.insuriponorogo.ac.id*, vol. 4, 2023, doi: 10.37680/almikraj.v4i1.3006.
- [19] P. Permana, N. P.-J.-J. I. Ilmu, and undefined 2020, “Artificial Intelligence dalam Pengembangan Media Pembelajaran Bahasa Inggris,” *jiip.stkipyapisdompnu.ac.id*, Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: <http://jiip.stkipyapisdompnu.ac.id/jiip/index.php/JIIP/article/view/185>
- [20] T. Kuncara, A. Bachtiar, ... A. A.-J. A., and undefined 2023, “Penggunaan Artificial Intelligence Dalam Bidang Pendidikan,” *journal.admi.or.id*, Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: <https://journal.admi.or.id/index.php/JAMMU/article/view/1153>
- [21] S. Sugiarto, I. Gusti Made Sulindra, and F. Keguruan dan ilmu pendidikan, “Pemanfaatan teknologi artificial intelligence dalam efektifitas pembelajaran mahasiswa universitas samawa,” *e-journalppmunsa.ac.id*, vol. 9, no. 1, pp. 70–79, 2024, Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: <http://e-journalppmunsa.ac.id/index.php/kependidikan/article/view/1676>
- [22] A. Hermawan et al., “Integrasi artificial intelligence dalam proses belajar mengajar,” *jurnalftijayabaya.ac.id*, 2024, Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: <https://jurnalftijayabaya.ac.id/index.php/TREnD/article/view/325>
- [23] A. Putri, S. Hayati, A. P.-J. (Jurnal M. Teknik, and undefined 2025, “Revolusi Pembelajaran Artificial Intelligence Dalam Membangun Efisiensi Belajar,” *ejournal.itn.ac.id*, Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: <https://www.ejournal.itn.ac.id/index.php/jati/article/view/12476>
- [24] Y. Fitri, D. I.-S. J. Jurnal, and undefined 2025, “Implementasi artificial intelligence dalam pembelajaran sekolah dasar: Peluang dan tantangan bagi guru SDN Madang Musi Rawas,” *publish.ojs-indonesia.com*, vol. 4, no. 5, 2025, doi: 10.54443/sibatik.v4i5.2716.
- [25] P. Maola, I. Handak, Y. H.- Educatio, and undefined 2024, “Penerapan artificial intelligence dalam pendidikan di era revolusi industri 4.0,” *e-journal.hamzanwadi.ac.id*, Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: <https://e-journal.hamzanwadi.ac.id/index.php/edc/article/view/24772>

- [26] “‘ARTIFICIAL INTELLIGENCE DALAM’ PEMBELAJARAN - Google Scholar.” Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: https://scholar.google.com/scholar?start=10&q=%22ARTIFICIAL+INTELLIGENCE+DALAM%22++PEMBELAJARAN&hl=en&as_sdt=0,5&as_ylo=2020&as_yhi=2025
- [27] L. H.-K. D. G. D. Tenaga and undefined 2022, “Peranan kecerdasan buatan (artificial intelligence) dalam pendidikan,” ppg.kemendikdasmen.go.id, Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: <https://ppg.kemendikdasmen.go.id/news/peranan-kecerdasan-buatan-artificial-intelligence-dalam-pendidikan>
- [28] D. Zaira Nurmila, N. Audya Asmaranti, N. Noer Fadhillah, and Z. Nanderis Lameikasya, “Implementasi artificial intelligence dalam proses pembelajaran mahasiswa pendidikan teknik bangunan,” journal.aspirasi.or.id, vol. 2, no. 2, pp. 238–246, 2024, doi: 10.61132/semantik.v2i2.652.
- [29] M. Fahmi et al., “Peran Artificial Intelligence dalam Pembelajaran Bahasa Arab: Peluang dan Tantangan,” digitalpress.gaes-edu.com, doi: 10.58737/jpled.v4i4.320.
- [30] I. Budi, I. Putrayasa, N. W.-... dan Pembelajaran, and undefined 2024, “Peran Dan Tantangan Penggunaan Artificial Intelligence Dalam Inovasi Pengembangan Kurikulum Pembelajaran Bahasa Indonesia Masa Depan,” jurnalp4i.com, vol. 4, no. 4, Accessed: Dec. 31, 2025. [Online]. Available: <https://www.jurnalp4i.com/index.php/learning/article/view/3767>

Buku ini merupakan buah dari pemikiran dan pengalaman yang dituangkan ke dalam tulisan oleh para pendidik di Indonesia dari tingkat Sekolah Dasar hingga Perguruan Tinggi tentang pemanfaatan dan tantangan hadirnya AI dalam dunia pendidikan. Melalui karya-karya inspiratif yang disajikan, buku ini diharapkan akan memperluas wawasan kita sehingga dapat menyikapi AI dalam pembelajaran dengan lebih arif dan bijaksana.



Website: press.itera.ac.id
Email: press@itera.ac.id

ISBN 978-634-7583-03-1 (PDF)



9

786347

583031