



Transformasi Pendidikan di Era Kecerdasan Buatan: Tinjauan Literatur tentang Integrasi Artificial intelligence dalam Pembelajaran Abad ke-21

Taher Subagja¹, Arjuna Dwi Laksita², Ahmad Darmawan³

¹Universitas Negeri Jambi, Jambi, Indonesia

²Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia

³Universitas Muhammadiyah Sorong, Sorong, Indonesia

*Correspondence: subagja.t98@gmail.com

Article History

Manuscript submitted:

25 Januari 2026

Manuscript revised:

25 Februari 2026

Accepted for publication:

26 Februari 2026

Keywords

Artificial Intelligence in Education;

Educational Transformation;

Personalized Learning;

21st-Century Skills;

AI-Based Pedagogy

Abstract

The digital transformation of education has accelerated significantly alongside the rapid advancement of Artificial Intelligence (AI) as a catalyst for 21st-century pedagogical change. AI is no longer positioned merely as a technological tool; rather, it represents a new paradigm that enables adaptive learning, data-driven personalization, and automated feedback within digital education ecosystems.

This article conducts a narrative-systematic literature review of 25 indexed journal articles published between 2023 and 2026 to comprehensively map AI-driven educational transformation. The analysis focuses on trends in AI integration, its impact on learning outcomes, its contribution to strengthening 21st-century skills, and its pedagogical and ethical implications.

The findings indicate that AI implementation—particularly through intelligent tutoring systems, adaptive learning, and AI-based feedback—contributes to improved learning outcomes, enhanced critical thinking, creativity, and student engagement. However, this transformation also raises challenges related to algorithmic bias, data privacy, and disparities in AI literacy. The study proposes a conceptual model of AI-based educational transformation emphasizing the integration of digital infrastructure, AI-based pedagogy, personalized learning, 21st-century competencies, and ethical governance.

How to Cite: Subagja, T., Laksita, A.D., Darmawan, A. (2026). Transformasi Pendidikan di Era Kecerdasan Buatan: Tinjauan Literatur tentang Integrasi Artificial intelligence dalam. MANDALA WIDYA: Jurnal Ilmu Pendidikan, 2(1), 40–53. <https://doi.org/10.71094/mandalawidya.v2i1.184>

PENDAHULUAN

Transformasi digital telah mengubah ekosistem pendidikan secara fundamental, terutama melalui integrasi teknologi berbasis data dan komputasi cerdas. Namun, kemunculan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*/AI) menghadirkan fase disrupsi yang qualitatively different dibandingkan digitalisasi sebelumnya. Jika transformasi digital generasi awal berfokus pada digital content delivery dan e-learning platforms, maka AI memperkenalkan kemampuan adaptif, prediktif, dan otonom dalam proses pembelajaran. Dengan kata lain, AI tidak sekadar mendigitalisasi pendidikan, tetapi mengonstruksi ulang arsitektur pedagogi itu sendiri.

Dalam konteks pembelajaran abad ke-21, AI berperan sebagai katalis perubahan paradigma. Sistem berbasis AI memungkinkan analisis perilaku belajar secara real time, personalisasi konten berbasis data, serta pemberian umpan balik otomatis yang presisi. Perubahan ini mendorong pergeseran dari model *teacher-centered* menuju *AI-augmented learning environment*, di mana kecerdasan manusia dan kecerdasan mesin berkolaborasi dalam mendesain pengalaman belajar. Transformasi ini menempatkan AI sebagai agen mediasi kognitif, bukan sekadar alat bantu teknologi.

Secara empiris, urgensi fenomena ini tercermin dari lonjakan publikasi ilmiah dalam bidang *AI in education*. Wang et al. (2024) menunjukkan adanya peningkatan signifikan publikasi global pasca 2023, terutama setelah perkembangan model generatif berbasis large language models. Garzón et al. (2025) juga menegaskan bahwa AI telah menjadi fokus utama penelitian pendidikan lintas jenjang dan disiplin ilmu. Lonjakan tersebut bukan sekadar tren kuantitatif, melainkan indikasi pergeseran epistemologis dalam studi pendidikan.

Lebih jauh, Nuridayanti (2025) menekankan bahwa AI tidak lagi dapat dipahami hanya sebagai inovasi teknis, melainkan sebagai paradigma baru pembelajaran. Paradigma ini menuntut redefinisi peran guru, restrukturisasi



kurikulum, serta rekonstruksi sistem evaluasi berbasis analitik data. Dengan demikian, diskursus AI dalam pendidikan perlu diposisikan dalam kerangka transformasi sistemik, bukan sekadar integrasi perangkat lunak dalam kelas.

Meskipun literatur tentang AI dalam pendidikan berkembang pesat, terdapat fragmentasi yang signifikan dalam kajian yang ada. Sebagian besar systematic literature review (SLR) berfokus pada jenjang tertentu (misalnya hanya pendidikan tinggi), domain spesifik (seperti matematika atau STEM), atau jenis teknologi tertentu (misalnya intelligent tutoring systems). Fragmentasi ini menghasilkan pemetaan yang parsial dan belum memberikan gambaran integratif mengenai transformasi pendidikan berbasis AI secara lintas jenjang, lintas domain, dan lintas pendekatan pedagogis.

Distingsi utama artikel ini terletak pada upaya sintesis komprehensif yang mengintegrasikan tiga dimensi utama secara simultan: (1) tren global riset AI dalam pendidikan, (2) dampaknya terhadap pembelajaran abad ke-21 dan penguatan kompetensi 4C, serta (3) implikasi pedagogis dan etis yang menyertainya. Pendekatan ini berbeda dari kajian sebelumnya yang cenderung hanya memotret satu dimensi secara terpisah.

Selain itu, kajian ini menempatkan AI bukan hanya sebagai instructional tool, tetapi sebagai systemic enabler yang mengubah relasi antara infrastruktur digital, desain pedagogi, personalisasi pembelajaran, dan tata kelola etis pendidikan. Dengan perspektif tersebut, artikel ini bergerak melampaui pendekatan deskriptif menuju kerangka konseptual yang lebih integratif.

Urgensi sintesis ini semakin menguat ketika mempertimbangkan tantangan etika dan pedagogis yang muncul. Efendi et al. (2025) mengingatkan bahwa integrasi AI tanpa kerangka etika yang kuat berpotensi memperkuat bias algoritmik, ketimpangan akses, dan persoalan privasi data. Oleh karena itu, transformasi berbasis AI harus dipahami sebagai proses yang memerlukan keseimbangan antara inovasi teknologi dan governance pendidikan yang bertanggung jawab.

Dalam konteks Indonesia, kebutuhan akan kerangka konseptual yang komprehensif menjadi semakin penting. Transformasi digital pendidikan sedang berlangsung, tetapi integrasi AI masih bersifat sporadis dan belum sepenuhnya berbasis pada sintesis literatur mutakhir. Artikel ini berupaya mengisi celah tersebut dengan menyediakan peta konseptual yang dapat menjadi landasan pengembangan kebijakan dan praktik pendidikan berbasis AI.

Berdasarkan latar belakang dan celah penelitian yang telah diidentifikasi, artikel ini diarahkan untuk menjawab tiga fokus kajian yang saling terintegrasi, yakni bagaimana tren integrasi kecerdasan buatan dalam pendidikan berkembang dalam publikasi mutakhir, bagaimana dampaknya terhadap pembelajaran abad ke-21—terutama dalam penguatan kompetensi 4C dan personalisasi pembelajaran—serta bagaimana implikasi pedagogis dan etis yang muncul dari transformasi pendidikan berbasis AI. Ketiga fokus tersebut dirumuskan bukan semata untuk menghasilkan pemetaan deskriptif, melainkan untuk membangun analisis sintesis-konseptual yang mampu menjelaskan pola, relasi, dan arah perkembangan transformasi pendidikan di era kecerdasan buatan.

Untuk mencapai tujuan tersebut, artikel ini menggunakan pendekatan narrative-systematic literature review guna memetakan transformasi pendidikan berbasis AI secara komprehensif dan terstruktur. Melalui analisis terhadap publikasi mutakhir, khususnya pasca 2023, kajian ini mengidentifikasi tren riset AI dalam pendidikan, menelaah dampaknya terhadap personalisasi pembelajaran dan penguatan kompetensi abad ke-21, serta mengkaji implikasi pedagogis dan tantangan etika yang menyertainya. Lebih jauh, sintesis literatur ini dikembangkan menjadi sebuah model konseptual transformasi pendidikan berbasis AI yang mengintegrasikan lima komponen utama, yaitu infrastruktur digital, *AI-based pedagogy*, personalized learning, 21st-century competencies, dan ethical governance.

Dengan demikian, kontribusi utama artikel ini terletak pada penyusunan kerangka sintesis yang menyatukan dimensi teknologi, pedagogi, kompetensi, dan etika dalam satu konstruksi transformasi sistemik. Artikel ini tidak hanya memperkaya diskursus AI in education secara teoretis, tetapi juga menawarkan landasan konseptual yang dapat menjadi rujukan dalam perumusan kebijakan dan praktik pendidikan yang adaptif, inklusif, dan berkelanjutan di era kecerdasan buatan.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Narrative-Systematic Literature Review* (NSLR) untuk memetakan transformasi pendidikan berbasis kecerdasan buatan secara komprehensif dan terstruktur. Pendekatan ini dipilih karena menggabungkan ketelitian prosedur sistematis dalam seleksi literatur dengan kedalaman analisis naratif dalam proses sintesis konseptual. Dengan metode ini, kajian tidak hanya menyajikan ringkasan temuan terdahulu, tetapi juga membangun integrasi teoretis yang menjelaskan pola, kecenderungan, dan arah perkembangan integrasi AI dalam pendidikan abad ke-21.

Proses identifikasi artikel dilakukan melalui penelusuran basis data akademik bereputasi menggunakan kata kunci: *artificial intelligence in education*, *AI-based learning*, *adaptive learning systems*, *AI and 21st-century skills*, *AI ethics in education*, dan *AI-augmented pedagogy*. Kriteria inklusi dalam kajian ini ditetapkan secara selektif untuk menjamin kualitas dan relevansi sumber yang dianalisis. Artikel yang dipilih merupakan artikel jurnal terindeks dan dapat ditelusuri secara daring, sehingga kredibilitas serta keterverifikasiannya dapat dipastikan. Seluruh publikasi berada dalam rentang waktu 2023–2026 guna menangkap dinamika mutakhir perkembangan kecerdasan buatan dalam pendidikan, khususnya pasca akselerasi penggunaan AI generatif. Selain itu, artikel harus secara eksplisit membahas integrasi AI dalam konteks pendidikan formal dan memuat dimensi pedagogis yang jelas, baik terkait personalisasi pembelajaran, penguatan keterampilan abad ke-21, maupun isu etika dan tata kelola AI dalam proses pembelajaran.

Sebaliknya, artikel yang bersifat opini tanpa landasan empiris atau konseptual yang memadai tidak disertakan dalam analisis. Studi yang tidak berfokus pada konteks pembelajaran formal juga dikeluarkan, demikian pula publikasi yang berada di luar rentang waktu yang telah ditetapkan. Penyaringan ini dilakukan untuk memastikan bahwa literatur yang dianalisis benar-benar relevan, mutakhir, dan mendukung tujuan sintesis konseptual transformasi pendidikan berbasis kecerdasan buatan. Berdasarkan proses seleksi tersebut, diperoleh 25 artikel jurnal yang memenuhi kriteria dan dijadikan sumber utama dalam kajian ini. Analisis literatur dikategorikan ke dalam empat fokus utama adalah sebagai berikut,

Tabel 1. Distribusi Artikel Berdasarkan Fokus Analisis

No	Fokus Analisis	Referensi Utama	Jumlah Artikel
1	Tren riset AI dalam pendidikan	Wang et al. (2024)	6
2	Dampak AI terhadap hasil belajar	Vieriu (2025)	7
3	Personalisasi & adaptive learning	Garzón et al. (2024); Baig (2024)	6
4	Keterampilan abad ke-21 (4C)	Usman et al. (2025)	6
Total			25

Tabel ini menunjukkan bahwa distribusi literatur relatif seimbang antara aspek tren riset, dampak pembelajaran, personalisasi, dan penguatan kompetensi abad ke-21. Hal ini mendukung tujuan kajian untuk menghasilkan sintesis yang komprehensif dan tidak parsial. Untuk menghindari fragmentasi kajian yang sering terjadi dalam SLR sebelumnya, artikel dianalisis lintas jenjang pendidikan.

Tabel 2. Distribusi Artikel Berdasarkan Jenjang Pendidikan

Jenjang Pendidikan	Referensi Representatif	Jumlah
Pendidikan Tinggi	Munawaroh et al. (2025)	6
Pendidikan Dasar & Menengah	Revenaya (2025); Meiliawati et al. (2025)	8
PAUD	Fauziddin & Agustin (2023); Khosibah et al. (2025)	3
Lintas Jenjang / Global	Wang et al. (2024); Garzón et al. (2025)	8
Total		25

Data ini menunjukkan bahwa implementasi AI telah menjangkau seluruh jenjang pendidikan, meskipun dominasi penelitian masih terlihat pada pendidikan menengah dan tinggi.

Analisis dilakukan melalui proses coding tematik dengan empat domain utama. Mengacu pada Wang et al. (2024), analisis difokuskan pada lonjakan publikasi pasca 2023, klaster topik riset, serta pergeseran dari e-learning konvensional menuju AI-augmented learning. Merujuk pada Vieriu (2025), kajian mengevaluasi peningkatan learning outcomes, efektivitas sistem adaptif, serta pengaruh AI terhadap hasil belajar pada mata pelajaran sains dan matematika. Berdasarkan Garzón et al. (2024) dan Baig (2024), analisis menelaah bagaimana AI memungkinkan diferensiasi instruksi, adaptive learning systems, dan intelligent tutoring systems berbasis data.

Mengacu pada Usman et al. (2025), kajian menyoroti kontribusi AI dalam mengembangkan kompetensi 4C: critical thinking, creativity, collaboration, dan communication. Hasil analisis dari keempat domain tersebut kemudian diintegrasikan melalui pendekatan sintesis komparatif untuk mengidentifikasi pola relasional antar-temuan. Proses ini menghasilkan konstruksi model transformasi pendidikan berbasis AI yang terdiri atas lima komponen utama:

1. Infrastruktur Digital
2. *AI-based pedagogy*
3. Personalized Learning
4. 21st-Century Competencies
5. Ethical Governance

Model ini didukung oleh temuan Wang et al. (2024), Garzón et al. (2024, 2025), Vieriu (2025), dan Usman et al. (2025), yang secara kolektif menunjukkan bahwa AI berperan sebagai enabler transformasi sistemik pendidikan. Sebagai transparansi metodologis, berikut ringkasan karakteristik literatur yang dianalisis.

Tabel 3. Ringkasan Karakteristik Literatur

Aspek	Deskripsi
Jumlah Artikel	25
Rentang Tahun	2023–2026
Jenis Studi	Empiris (kuantitatif & kualitatif), konseptual, bibliometrik
Fokus Dominan	Personalisasi, adaptive learning, 4C skills
Konteks Implementasi	PAUD, sekolah dasar/menengah, pendidikan tinggi
Isu Kritis	Bias algoritmik, etika AI, kesenjangan akses

Dengan mengintegrasikan seleksi sistematis, kategorisasi tematik, dan sintesis konseptual, pendekatan narrative–systematic dalam kajian ini memastikan bahwa hasil yang diperoleh tidak sekadar agregasi literatur, tetapi konstruksi analitis yang mampu menjelaskan transformasi pendidikan secara struktural. Data visual dalam bentuk tabel memperkuat transparansi, akuntabilitas akademik, serta keterlacakan sumber yang digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tren Global Integrasi AI dalam Pendidikan

Hasil sintesis terhadap 25 artikel menunjukkan bahwa integrasi kecerdasan buatan dalam pendidikan mengalami akselerasi signifikan pasca tahun 2023. Wang et al. (2024) melalui analisis bibliometrik global mengidentifikasi lonjakan publikasi yang tidak hanya meningkat secara kuantitatif, tetapi juga semakin beragam secara tematik. Jika pada periode sebelumnya penelitian AI dalam pendidikan lebih banyak berfokus pada intelligent tutoring systems dan learning analytics, maka publikasi mutakhir memperluas cakupan pada AI generatif, adaptive assessment, AI-assisted feedback, hingga tata kelola etis penggunaan AI di kelas. Lonjakan ini menandakan pergeseran dari fase eksploratif menuju fase transformasional. Perkembangan tersebut juga memperlihatkan perubahan orientasi penelitian. AI tidak lagi diposisikan sekadar sebagai alat bantu teknis, melainkan sebagai komponen integral dalam desain pembelajaran. Rashidat et al. (2025) menunjukkan bahwa integrasi AI dalam e-learning systems telah berkembang dari sekadar rekomendasi konten menuju sistem pembelajaran berbasis prediksi perilaku belajar. Sistem manajemen pembelajaran (LMS) kini mampu mengidentifikasi risiko learning loss, mempersonalisasi jalur belajar, serta memberikan umpan balik otomatis yang kontekstual. Transformasi ini mempertegas bahwa AI menjadi lapisan kognitif tambahan dalam arsitektur e-learning modern. Lebih luas lagi, perkembangan AI dalam pendidikan tidak dapat dilepaskan dari konteks transformasi digital global. Nuridayanti (2025) menegaskan bahwa AI merepresentasikan fase lanjutan dari digitalisasi pendidikan yang bersifat paradigmatis. Digitalisasi generasi pertama berorientasi pada akses dan distribusi konten, sedangkan AI menghadirkan kemampuan analitik, adaptif, dan otonom yang mengubah struktur pedagogi. Dengan demikian, AI menjadi pendorong restrukturisasi sistem pembelajaran, bukan sekadar inovasi teknologi tambahan. Sintesis literatur juga menunjukkan bahwa tren riset AI bersifat multidisipliner. Penelitian melibatkan bidang ilmu pendidikan, ilmu komputer, psikologi kognitif, dan kebijakan publik. Integrasi lintas disiplin ini memperkaya pendekatan analitis dan memperluas ruang lingkup penelitian, mulai dari desain sistem cerdas hingga implikasi etis dan sosialnya. Dengan kata lain, AI dalam pendidikan telah berkembang menjadi domain riset yang kompleks dan sistemik. Hasil analisis menunjukkan bahwa implementasi AI telah menjangkau seluruh jenjang pendidikan, meskipun dengan karakteristik dan intensitas yang berbeda. Pada pendidikan tinggi, Munawaroh et al. (2025) menemukan bahwa AI banyak dimanfaatkan dalam sistem pembelajaran daring, analitik pembelajaran mahasiswa, serta pengembangan sistem rekomendasi akademik. Perguruan tinggi relatif lebih siap dalam hal infrastruktur digital dan literasi teknologi, sehingga integrasi AI cenderung lebih sistematis. AI digunakan untuk memantau progres belajar mahasiswa, mendeteksi risiko keterlambatan studi, hingga mendukung pembelajaran berbasis proyek dan riset. Dalam konteks ini, AI berperan sebagai co-teacher yang mendukung dosen dalam merancang pembelajaran berbasis data. Pada pendidikan dasar dan menengah, implementasi AI lebih berfokus pada media pembelajaran interaktif dan sistem adaptif. Revenaya (2025) menunjukkan bahwa penggunaan AI-based classroom tools meningkatkan keterlibatan siswa melalui pembelajaran yang responsif terhadap tingkat kemampuan individu. Meiliawati et

al. (2025) juga melaporkan bahwa integrasi media berbasis AI di SMA mampu meningkatkan partisipasi aktif siswa serta memperkaya variasi strategi pembelajaran. Namun demikian, pada jenjang ini tantangan infrastruktur dan kesiapan guru masih menjadi faktor pembatas.

Sementara itu, pada pendidikan anak usia dini (PAUD), integrasi AI masih berada pada tahap eksploratif. Fauziddin dan Agustin (2023) menunjukkan potensi AI dalam mendukung pengembangan literasi awal melalui aplikasi interaktif berbasis suara dan visual. Akan tetapi, Khosibah et al. (2025) menekankan pentingnya literasi AI bagi guru PAUD untuk memastikan penggunaan teknologi tetap sesuai dengan karakteristik perkembangan anak. Pada jenjang ini, aspek etika dan pendampingan menjadi sangat krusial.

Secara keseluruhan, temuan lintas jenjang ini menunjukkan bahwa AI tidak terpusat pada satu level pendidikan tertentu, melainkan berkembang secara horizontal dan vertikal dalam sistem pendidikan. Perbedaan implementasi lebih ditentukan oleh kesiapan infrastruktur, literasi digital, serta dukungan kebijakan institusional.

Berdasarkan peta perkembangan riset dan domain implementasi, dapat disimpulkan bahwa tren global integrasi AI dalam pendidikan bergerak menuju transformasi sistemik. Lonjakan publikasi pasca 2023 (Wang et al., 2024) menunjukkan peningkatan perhatian akademik, sementara implementasi lintas jenjang menandakan penetrasi AI yang semakin luas. Dalam kerangka transformasi digital (Nuridayanti, 2025), AI berfungsi sebagai katalis yang mempercepat perubahan struktur pedagogi dan tata kelola pembelajaran. Dengan demikian, AI bukan lagi fenomena perifer dalam pendidikan, melainkan elemen sentral yang membentuk ulang ekosistem pembelajaran abad ke-21.

AI dan Personalisasi Pembelajaran

Personalisasi pembelajaran merupakan salah satu kontribusi paling signifikan dari integrasi AI dalam pendidikan. Sintesis terhadap literatur menunjukkan bahwa AI memungkinkan pergeseran dari pendekatan “one-size-fits-all” menuju pembelajaran yang adaptif, berbasis data, dan responsif terhadap kebutuhan individual siswa. Dalam konteks ini, AI tidak hanya berfungsi sebagai alat otomatisasi, tetapi sebagai sistem kognitif yang mampu menganalisis pola belajar, memprediksi kesulitan, dan menyesuaikan strategi pembelajaran secara real-time.

Salah satu bentuk implementasi personalisasi yang paling banyak dikaji adalah *Intelligent Tutoring Systems* (ITS). Baig (2024) menjelaskan bahwa *adaptive learning systems* berbasis AI mampu mengidentifikasi gaya belajar, tingkat penguasaan materi, serta kecepatan pemahaman siswa melalui analisis data interaksi. Sistem ini kemudian secara dinamis menyesuaikan konten, tingkat kesulitan soal, serta bentuk umpan balik.

Lebih lanjut, Liu et al. (2025) menunjukkan bahwa tutoring systems berbasis AI tidak hanya memberikan materi tambahan, tetapi juga mampu mendiagnosis miskonsepsi secara spesifik. Sistem ini menggunakan algoritma pembelajaran mesin untuk menganalisis pola kesalahan siswa dan menawarkan intervensi yang terarah. Dalam beberapa studi eksperimental yang disintesis, siswa yang menggunakan ITS menunjukkan peningkatan konsistensi performa dibandingkan dengan kelompok kontrol yang menggunakan pembelajaran konvensional.

Karakteristik utama ITS yang teridentifikasi dalam literatur meliputi:

1. Diagnostik otomatis berbasis data performa.
2. Adaptasi tingkat kesulitan secara progresif.
3. Umpan balik instan dan kontekstual.
4. Rekomendasi jalur belajar individual.

Dengan demikian, ITS memperlihatkan bagaimana AI dapat menggantikan sebagian fungsi tutor manusia dalam aspek diagnostik dan pemberian umpan balik, meskipun tetap memerlukan supervisi pedagogis dari guru.

Vieru (2025) dalam meta-analisisnya menyimpulkan bahwa integrasi AI dalam pembelajaran secara umum berkontribusi positif terhadap *learning outcomes*. Peningkatan terlihat pada aspek pemahaman konseptual, retensi jangka panjang, dan motivasi belajar. Efek terbesar ditemukan pada lingkungan pembelajaran yang menggabungkan AI dengan strategi pedagogi aktif, bukan sekadar penggunaan teknologi secara pasif. Temuan ini memperkuat argumentasi bahwa efektivitas AI bergantung pada integrasi pedagogisnya, bukan hanya pada kecanggihan teknologinya.

Dalam konteks pembelajaran IPA, Hasanah (2025) menemukan bahwa penggunaan sistem pembelajaran berbasis AI meningkatkan kemampuan analisis dan pemecahan masalah siswa. AI membantu memvisualisasikan konsep abstrak melalui simulasi interaktif serta memberikan latihan adaptif berdasarkan capaian siswa.

Taufiq et al. (2026) juga melaporkan bahwa integrasi AI dalam pembelajaran sains berbasis eksperimen digital meningkatkan keterlibatan siswa dan memperdalam pemahaman konseptual. AI memungkinkan simulasi laboratorium virtual yang responsif terhadap tindakan siswa, sehingga pengalaman belajar menjadi lebih eksploratif dan reflektif.

Dalam bidang matematika, Harahap et al. (2025) menunjukkan bahwa penggunaan AI-based adaptive systems meningkatkan akurasi penyelesaian soal dan kecepatan pemahaman konsep. Sistem mampu mengidentifikasi kesalahan prosedural dan memberikan penjelasan langkah demi langkah secara otomatis.

Sara dan Nursyam (2025) menambahkan bahwa AI membantu mengurangi kecemasan matematika melalui pendekatan pembelajaran yang bersifat personal dan tidak menghakimi. Umpan balik instan dari sistem membantu siswa memperbaiki kesalahan tanpa tekanan sosial yang sering muncul dalam pembelajaran kelas tradisional.

Secara umum, literatur menunjukkan bahwa dampak AI terhadap hasil belajar bersifat signifikan terutama pada mata pelajaran yang bersifat konseptual dan prosedural seperti IPA dan matematika.

Salah satu aspek penting dalam personalisasi adalah mekanisme umpan balik. Mustika Sari et al. (2025) menunjukkan bahwa AI-based feedback dapat memperkuat kemampuan berpikir kritis siswa. Sistem AI tidak hanya memberikan jawaban benar atau salah, tetapi juga mendorong refleksi melalui pertanyaan lanjutan, analisis argumen, dan rekomendasi sumber belajar tambahan.

Berbeda dengan umpan balik tradisional yang sering tertunda, AI menyediakan respon instan yang memungkinkan siklus belajar-refleksi-perbaikan terjadi secara cepat. Proses ini mendukung pembelajaran metakognitif dan meningkatkan kesadaran siswa terhadap proses berpikirnya sendiri. Namun demikian, literatur juga menekankan bahwa kualitas feedback sangat bergantung pada desain algoritma dan validitas data pelatihan sistem. Tanpa pengawasan pedagogis, AI berisiko memberikan umpan balik yang bersifat mekanistik atau tidak kontekstual.

Tabel 4. Sintesis Temuan AI dan Personalisasi Pembelajaran

Aspek	Deskripsi Temuan Utama	Sumber
Intelligent Tutoring Systems (ITS)	Sistem adaptif berbasis AI yang mampu melakukan diagnostik otomatis, menyesuaikan tingkat kesulitan secara progresif, memberikan umpan balik instan dan kontekstual, serta merekomendasikan jalur belajar individual.	Baig (2024); Liu et al. (2025)
Learning Outcomes	Integrasi AI meningkatkan pemahaman konseptual, retensi jangka panjang, dan motivasi belajar, terutama ketika dipadukan dengan strategi pedagogi aktif.	Vieriu (2025)
Pembelajaran IPA	AI membantu visualisasi konsep abstrak melalui simulasi interaktif dan laboratorium virtual adaptif, sehingga meningkatkan kemampuan analisis dan problem solving siswa.	Hasanah (2025); Taufiq et al. (2026)
Pembelajaran Matematika	Sistem adaptif AI mampu mengidentifikasi kesalahan prosedural, memberikan penjelasan langkah demi langkah, serta mengurangi kecemasan matematika melalui umpan balik personal dan tidak menghakimi.	Harahap et al. (2025); Sara & Nursyam (2025)
AI-Based Feedback	Umpan balik berbasis AI bersifat reflektif dan analitis, mendorong pertanyaan lanjutan, mendukung metakognisi, serta memperkuat kemampuan berpikir kritis siswa.	Mustika Sari et al. (2025)

Dari hasil analisis, personalisasi pembelajaran menjadi inti transformasi pendidikan berbasis AI. Intelligent Tutoring Systems (Baig, 2024; Liu et al., 2025) menunjukkan kemampuan adaptif yang signifikan, sementara meta-analisis Vieriu (2025) menegaskan dampak positif terhadap hasil belajar. Dalam konteks mata pelajaran spesifik seperti IPA (Hasanah, 2025; Taufiq et al., 2026) dan matematika (Harahap et al., 2025; Sara & Nursyam, 2025), AI terbukti meningkatkan pemahaman konseptual dan efisiensi pembelajaran. Dengan demikian, personalisasi berbasis AI tidak sekadar inovasi teknis, melainkan strategi pedagogis yang mengubah cara pembelajaran dirancang, diimplementasikan, dan dievaluasi.

AI dan Keterampilan Abad ke-21

Transformasi pendidikan berbasis AI tidak hanya berdampak pada personalisasi pembelajaran, tetapi juga pada penguatan keterampilan abad ke-21. Literatur yang disintesis menunjukkan bahwa AI berkontribusi dalam pengembangan 4C skills—*critical thinking*, *creativity*, *collaboration*, dan *communication*—yang menjadi fondasi kompetensi global. Dalam konteks ini, AI tidak hanya menjadi alat bantu kognitif, tetapi juga *learning companion* yang memfasilitasi interaksi reflektif dan kolaboratif.

Mustika Sari et al. (2025) menunjukkan bahwa penggunaan AI berbasis umpan balik analitis mendorong siswa untuk mengevaluasi argumen, membandingkan solusi alternatif, serta merefleksikan proses berpikir mereka. AI mampu menghasilkan pertanyaan lanjutan yang bersifat *probing*, sehingga siswa tidak berhenti pada jawaban permukaan. Dengan pendekatan ini, AI berfungsi sebagai fasilitator dialog kognitif.

Lebih jauh, sistem AI yang adaptif memungkinkan pemberian skenario pemecahan masalah yang disesuaikan dengan tingkat kompetensi siswa. Hal ini memperkuat kemampuan analitis sekaligus membangun ketahanan dalam menghadapi tantangan akademik. Sintesis literatur menunjukkan bahwa peningkatan *problem-solving skills* lebih signifikan ketika AI digunakan dalam pembelajaran berbasis proyek dan studi kasus.

Usman et al. (2025) mengidentifikasi bahwa AI generatif membuka ruang eksplorasi ide yang lebih luas, terutama dalam tugas berbasis desain, penulisan kreatif, dan pemecahan masalah terbuka. AI membantu siswa menghasilkan berbagai alternatif solusi, yang kemudian dapat dikembangkan dan dimodifikasi secara kolaboratif.

Dalam konteks kolaborasi, AI berfungsi sebagai mediator digital yang membantu pembagian tugas, monitoring kontribusi anggota kelompok, serta memberikan rekomendasi perbaikan. Dengan demikian, AI tidak menggantikan interaksi manusia, tetapi memperkuat dinamika kerja tim melalui dukungan analitik.

Namun demikian, literatur juga mengingatkan bahwa ketergantungan berlebihan pada AI generatif dapat mengurangi orisinalitas jika tidak diimbangi dengan regulasi pedagogis yang jelas. Oleh karena itu, peran guru tetap krusial dalam membimbing proses kreatif siswa.

Dalam pembelajaran bahasa, Batubara (2025) menunjukkan bahwa AI berbasis *natural language processing* membantu meningkatkan keterampilan menulis dan berbicara melalui koreksi otomatis, analisis tata bahasa, serta simulasi percakapan interaktif. AI memberikan umpan balik yang cepat dan spesifik, sehingga siswa dapat segera memperbaiki kesalahan.

Aryusmar (2025) juga menemukan bahwa penggunaan AI dalam pembelajaran bahasa Inggris meningkatkan kepercayaan diri siswa dalam praktik komunikasi. Simulasi berbasis AI menciptakan lingkungan belajar yang aman dan tidak menghakimi, sehingga siswa lebih berani bereksperimen dengan struktur bahasa baru.

Secara keseluruhan, literatur menunjukkan bahwa AI memperluas akses terhadap latihan bahasa yang intensif dan personal, yang sebelumnya sulit dicapai dalam kelas konvensional dengan jumlah siswa besar.

Selain sebagai sistem adaptif, AI juga berkembang sebagai *learning companion* yang mendampingi siswa secara proaktif maupun reaktif. Mallik dan Gangopadhyay (2023) menjelaskan bahwa AI modern mampu mengenali pola interaksi pengguna dan memberikan intervensi yang bersifat prediktif. Misalnya, ketika sistem mendeteksi penurunan motivasi atau keterlambatan penyelesaian tugas, AI dapat memberikan pengingat atau rekomendasi materi tambahan.

Pendekatan ini memperkuat keterlibatan (*engagement*) siswa dalam dua bentuk:

1. *Engagement* proaktif, ketika AI mendorong eksplorasi lebih lanjut.
2. *Engagement* reaktif, ketika AI merespons kesulitan atau kesalahan siswa.

Marsella et al. (2023) menekankan bahwa integrasi AI dalam ekosistem teknologi pendidikan memungkinkan pengalaman belajar yang lebih imersif dan interaktif. AI dapat digabungkan dengan *learning analytics*, gamifikasi, dan sistem evaluasi digital untuk menciptakan lingkungan pembelajaran yang adaptif dan berkelanjutan.

Namun demikian, literatur juga menunjukkan bahwa efektivitas AI sebagai *learning companion* sangat bergantung pada desain interaksi manusia-teknologi. Tanpa pendekatan pedagogis yang tepat, AI berisiko menjadi sekadar alat otomatis yang kurang bermakna secara edukatif.

Berdasarkan hasil sintesis, AI memiliki kontribusi signifikan dalam penguatan keterampilan abad ke-21. Melalui mekanisme umpan balik analitis dan skenario adaptif (Mustika Sari et al., 2025), AI memperkuat *critical thinking* dan *problem solving*. Melalui kemampuan generatif dan kolaboratif (Usman et al., 2025), AI mendukung kreativitas dan kerja tim. Dalam pembelajaran bahasa (Batubara, 2025; Aryusmar, 2025), AI memperluas kesempatan praktik komunikasi secara personal dan intensif.

Selain itu, peran AI sebagai *learning companion* (Mallik & Gangopadhyay, 2023; Marsella et al., 2023) mempertegas bahwa teknologi ini tidak hanya bersifat instrumental, tetapi juga relasional dalam proses pembelajaran. Dengan demikian, integrasi AI berkontribusi pada transformasi kompetensi peserta didik menuju profil pembelajar abad ke-21 yang adaptif, reflektif, dan kolaboratif.

Transformasi Pedagogi dan Model Pembelajaran

Integrasi AI dalam pendidikan tidak hanya berdampak pada metode atau media pembelajaran, tetapi juga memicu transformasi paradigma pedagogi. Sintesis literatur menunjukkan adanya pergeseran dari model

teacher-centered learning menuju pendekatan *AI-augmented learning*, di mana teknologi cerdas berperan sebagai mitra pedagogis yang memperkuat proses desain, implementasi, dan evaluasi pembelajaran. Transformasi ini bersifat struktural karena menyentuh peran guru, desain kurikulum, pola interaksi kelas, serta mekanisme asesmen.

Dalam model tradisional, guru berperan sebagai pusat transmisi pengetahuan. Namun, dengan kehadiran AI, terjadi redistribusi fungsi pedagogis. Garzón et al. (2025) menekankan bahwa AI dapat berfungsi sebagai *co-teacher* yang membantu guru dalam menyediakan materi adaptif, menganalisis capaian belajar, serta memberikan umpan balik otomatis. Dalam konteks ini, guru tidak lagi menjadi satu-satunya sumber informasi, melainkan menjadi *learning designer* dan fasilitator refleksi.

AI memungkinkan guru mengakses data performa siswa secara real-time. Analitik ini membantu guru mengidentifikasi kesenjangan pemahaman, memetakan kebutuhan diferensiasi, dan merancang intervensi yang lebih tepat sasaran. Dengan demikian, AI memperkuat praktik *data-driven instruction*.

Munawaroh et al. (2025) dalam konteks pendidikan tinggi menemukan bahwa mahasiswa yang menggunakan sistem pembelajaran berbasis AI menunjukkan peningkatan kemandirian belajar. AI membantu mahasiswa mengatur jadwal, memonitor progres, dan mengakses rekomendasi sumber belajar tambahan. Hal ini memperkuat pendekatan *self-regulated learning*, di mana mahasiswa berperan aktif dalam mengelola proses belajarnya sendiri.

Namun demikian, pergeseran ini tidak berarti mengurangi peran guru. Justru, kompleksitas sistem AI menuntut kompetensi baru dari pendidik, seperti literasi data, pemahaman algoritmik dasar, serta kemampuan mengintegrasikan teknologi dalam desain pedagogis yang bermakna.

Selain perubahan peran guru, transformasi pedagogi juga tercermin dalam penggunaan media pembelajaran berbasis AI. Meiliawati et al. (2025) menunjukkan bahwa implementasi media AI di tingkat SMA meningkatkan interaktivitas dan variasi strategi pembelajaran. Media berbasis AI memungkinkan simulasi, kuis adaptif, serta analisis respons siswa secara langsung. Dalam praktiknya, media AI mampu:

1. Menyesuaikan konten dengan tingkat kemampuan siswa.
2. Memberikan visualisasi dinamis terhadap konsep abstrak.
3. Mengintegrasikan asesmen formatif secara otomatis.

Transformasi ini memperkaya pengalaman belajar dan mengurangi dominasi metode ceramah. Nuridayanti (2025) memposisikan fenomena ini dalam kerangka transformasi pembelajaran digital. Menurutnya, AI merupakan fase lanjutan dari digitalisasi pendidikan yang mengintegrasikan kecerdasan analitik dalam media pembelajaran. Jika sebelumnya media digital hanya menyajikan konten statis atau semi-interaktif, maka AI menghadirkan media yang responsif, adaptif, dan prediktif.

Lebih lanjut, literatur menunjukkan bahwa integrasi media AI mendorong pembelajaran berbasis pengalaman (*experiential learning*). Simulasi berbasis AI memungkinkan siswa bereksperimen dalam lingkungan virtual yang aman dan fleksibel. Hal ini sangat relevan dalam pembelajaran sains, matematika, maupun bidang vokasional. Namun demikian, keberhasilan integrasi media berbasis AI sangat bergantung pada kesiapan infrastruktur dan literasi digital guru. Tanpa dukungan sistemik, penggunaan AI berisiko menjadi sporadis dan tidak berkelanjutan.

Berdasarkan analisis literatur, transformasi pedagogi akibat integrasi AI bersifat multidimensional. Pertama, terjadi pergeseran dari model *teacher-centered* menuju *AI-augmented learning* (Garzón et al., 2025), di mana guru berperan sebagai perancang pembelajaran berbasis data. Kedua, AI memperkuat pembelajaran mandiri dan *self-regulated learning* di pendidikan tinggi (Munawaroh et al., 2025). Ketiga, integrasi media berbasis AI (Meiliawati et al., 2025; Nuridayanti, 2025) menciptakan pengalaman belajar yang lebih interaktif, adaptif, dan kontekstual. Dengan demikian, AI tidak sekadar memperbarui alat pembelajaran, tetapi mengonstruksi ulang ekosistem pedagogi secara menyeluruh.

Tantangan dan Isu Etika

Meskipun integrasi AI menghadirkan peluang transformasional dalam pendidikan, literatur juga menunjukkan adanya tantangan signifikan, khususnya dalam aspek etika, bias algoritmik, serta ketimpangan akses. Tanpa kerangka tata kelola yang kuat, implementasi AI berpotensi menimbulkan konsekuensi pedagogis dan sosial yang kompleks.

Efendi et al. (2025) menegaskan bahwa isu etika menjadi salah satu dimensi paling krusial dalam implementasi AI di pendidikan. Sistem AI bekerja berdasarkan data pelatihan (*training data*) dan algoritma tertentu yang tidak selalu netral. Jika data yang digunakan mengandung bias—baik bias budaya, bahasa, gender, maupun sosial-ekonomi—maka output sistem juga berpotensi bias.

Dalam konteks pendidikan, bias algoritmik dapat berdampak pada:

1. Rekomendasi jalur belajar yang tidak proporsional.
2. Prediksi performa siswa yang kurang akurat bagi kelompok tertentu.
3. Evaluasi otomatis yang tidak mempertimbangkan konteks individual.

Implikasi pedagogisnya cukup serius. Jika sistem AI secara sistematis mengklasifikasikan siswa berdasarkan pola historis tanpa mempertimbangkan dinamika perkembangan individu, maka AI dapat memperkuat stereotip atau ekspektasi rendah terhadap kelompok tertentu.

Selain bias, isu transparansi algoritma (*algorithmic transparency*) juga menjadi perhatian. Banyak sistem AI bersifat *black box*, sehingga guru dan institusi pendidikan tidak sepenuhnya memahami bagaimana keputusan dihasilkan. Hal ini menimbulkan pertanyaan mengenai akuntabilitas: siapa yang bertanggung jawab ketika sistem memberikan rekomendasi yang keliru?

Efendi et al. (2025) menekankan perlunya pendekatan *ethical AI governance* yang mencakup prinsip transparansi, keadilan (*fairness*), perlindungan data pribadi, serta keterlibatan manusia dalam pengambilan keputusan akhir. Dengan demikian, AI harus diposisikan sebagai sistem pendukung keputusan, bukan pengambil keputusan tunggal.

Selain isu etika algoritmik, literatur juga mengidentifikasi tantangan struktural berupa kesenjangan akses teknologi dan literasi AI.

Garzón et al. (2025) menunjukkan bahwa implementasi AI cenderung lebih cepat di institusi dengan infrastruktur digital kuat. Hal ini berpotensi memperlebar kesenjangan antara sekolah atau perguruan tinggi yang memiliki sumber daya memadai dengan yang terbatas. Jika tidak diantisipasi, AI dapat memperkuat *digital divide* yang sudah ada.

Pada jenjang pendidikan anak usia dini (PAUD), Khosibah et al. (2025) menyoroti pentingnya literasi AI bagi guru. Tanpa pemahaman yang memadai tentang cara kerja dan batasan sistem AI, penggunaan teknologi dapat menjadi tidak optimal atau bahkan kontraproduktif. Pada konteks PAUD, aspek perlindungan data anak dan kesesuaian konten menjadi sangat sensitif.

Ketimpangan literasi juga terjadi pada siswa. Tidak semua peserta didik memiliki kemampuan kritis untuk mengevaluasi output AI. Tanpa bimbingan, siswa berisiko menerima informasi dari sistem AI secara pasif tanpa proses verifikasi atau refleksi. Hal ini dapat mengurangi kemampuan berpikir kritis apabila AI digunakan secara tidak terarah.

Selain dua isu utama tersebut, literatur juga mencatat tantangan dalam aspek regulasi dan kebijakan. Integrasi AI memerlukan pedoman institusional yang jelas terkait:

1. Penggunaan AI dalam tugas akademik.
2. Batasan kolaborasi manusia-AI dalam proses evaluasi.
3. Standar perlindungan data dan keamanan siber.

Tanpa regulasi yang jelas, implementasi AI dapat menimbulkan kebingungan normatif di kalangan guru dan siswa.

Secara pedagogis, tantangan lainnya adalah risiko ketergantungan berlebihan (*over-reliance*). Jika siswa terlalu mengandalkan AI untuk menyelesaikan tugas, maka proses internalisasi pengetahuan dapat berkurang. Oleh karena itu, integrasi AI perlu disertai strategi pembelajaran yang tetap menekankan refleksi, diskusi, dan verifikasi manusia.

Berdasarkan literatur, tantangan integrasi AI dalam pendidikan dapat dikategorikan dalam tiga dimensi utama:

1. Etika dan bias algoritmik (Efendi et al., 2025), yang menuntut transparansi dan akuntabilitas sistem.
2. Ketimpangan akses dan literasi AI (Garzón et al., 2025; Khosibah et al., 2025), yang berpotensi memperlebar kesenjangan pendidikan.
3. Tantangan pedagogis dan regulatif, yang memerlukan kebijakan dan desain pembelajaran yang adaptif.

Dengan demikian, transformasi pendidikan berbasis AI harus diimbangi dengan kerangka tata kelola etis dan kebijakan yang komprehensif agar inovasi teknologi tidak menimbulkan dampak negatif yang tidak diinginkan.

Model Konseptual Transformasi Pendidikan Berbasis AI

Berdasarkan sintesis komprehensif terhadap 25 artikel yang dianalisis, transformasi pendidikan berbasis AI dapat dirumuskan dalam suatu model konseptual integratif yang menggambarkan hubungan sistemik antara infrastruktur, pedagogi, personalisasi, kompetensi abad ke-21, dan tata kelola etis. Model ini dikembangkan dengan merujuk pada tren global riset (Wang et al., 2024), personalisasi pembelajaran (Garzón et al., 2024),

peran AI sebagai co-teacher (Garzón et al., 2025), dampak terhadap hasil belajar (Vieriu, 2025), serta penguatan kompetensi abad ke-21 (Usman et al., 2025).

Model konseptual ini tidak memposisikan AI sebagai pusat tunggal sistem pendidikan, melainkan sebagai katalis yang menghubungkan dan memperkuat komponen ekosistem pembelajaran.

Komponen pertama adalah infrastruktur digital, yang menjadi prasyarat implementasi AI. Infrastruktur mencakup:

- Ketersediaan perangkat keras dan jaringan internet.
- Sistem manajemen pembelajaran (LMS) yang terintegrasi.
- Basis data pembelajaran yang aman dan terstruktur.
- Keamanan siber dan perlindungan data.

Wang et al. (2024) menekankan bahwa negara atau institusi dengan kesiapan infrastruktur tinggi menunjukkan percepatan adopsi AI yang lebih signifikan. Infrastruktur berfungsi sebagai lapisan dasar yang memungkinkan sistem AI bekerja secara optimal. Tanpa fondasi ini, personalisasi dan analitik pembelajaran tidak dapat berjalan secara efektif.

Komponen kedua adalah *AI-based pedagogy*, yakni integrasi AI dalam desain, implementasi, dan evaluasi pembelajaran. Pada tahap ini, AI berfungsi sebagai:

- Co-teacher (Garzón et al., 2025).
- Sistem analitik pembelajaran berbasis data.
- Penyedia umpan balik otomatis dan adaptif.

Pedagogi berbasis AI menggeser praktik pembelajaran dari pendekatan statis menjadi dinamis dan responsif. Guru bertransformasi menjadi *learning designer* yang memanfaatkan data untuk merancang intervensi yang tepat sasaran. Dalam model ini, AI tidak menggantikan guru, melainkan memperluas kapasitas pedagogisnya. Komponen ketiga adalah *personalized learning*, yang menjadi mekanisme operasional utama transformasi. Garzón et al. (2024) dan Vieriu (2025) menunjukkan bahwa personalisasi berbasis AI meningkatkan efektivitas pembelajaran melalui:

- Adaptasi konten dan tingkat kesulitan.
- Identifikasi miskonsepsi secara dini.
- Rekomendasi jalur belajar individual.
- Umpan balik real-time.

Personalisasi ini menciptakan pengalaman belajar yang relevan dan kontekstual bagi setiap siswa. Dalam model konseptual, *personalized learning* berperan sebagai jembatan antara pedagogi berbasis AI dan capaian kompetensi siswa.

Komponen keempat adalah kompetensi abad ke-21 sebagai luaran utama sistem. Usman et al. (2025) menegaskan bahwa AI berkontribusi dalam penguatan 4C skills melalui dukungan analitik, generatif, dan kolaboratif.

Kompetensi yang dihasilkan meliputi:

- Critical thinking dan problem solving.
- Creativity dan innovation.
- Collaboration berbasis teknologi.
- Communication skills, termasuk literasi digital dan AI.

Dalam model ini, kompetensi abad ke-21 menjadi indikator keberhasilan transformasi berbasis AI. Artinya, keberhasilan integrasi AI tidak diukur dari kecanggihan teknologinya, melainkan dari peningkatan kapasitas kognitif dan sosial peserta didik.

Komponen kelima adalah *ethical governance*, yang berfungsi sebagai mekanisme kontrol dan pengarah sistem. Efendi et al. (2025) menekankan bahwa tata kelola etis diperlukan untuk memastikan:

- Transparansi algoritma.
- Keadilan dan non-diskriminasi.
- Perlindungan data pribadi.
- Akuntabilitas keputusan berbasis AI.

Dalam model konseptual ini, *ethical governance* mengelilingi seluruh komponen sistem sebagai lapisan normatif. Tanpa tata kelola etis, transformasi berbasis AI berisiko menciptakan bias, ketimpangan, atau penyalahgunaan teknologi.

Struktur Hubungan Antar-Komponen

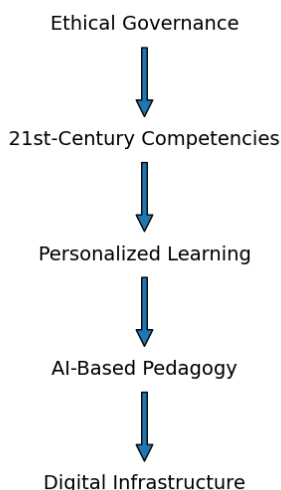
Model konseptual dapat dijelaskan secara sistemik sebagai berikut:

1. Infrastruktur digital menjadi fondasi operasional.
2. Infrastruktur memungkinkan penerapan *AI-based pedagogy*.
3. Pedagogi berbasis AI menghasilkan personalized learning sebagai praktik konkret di kelas.
4. Personalisasi berdampak pada penguatan 21st-century competencies.
5. Seluruh proses dikendalikan dan diarahkan oleh ethical governance.

Secara visual konseptual (deskriptif), model ini dapat dibayangkan sebagai sistem berlapis:

Gambar 1. Model Konseptual Transformasi Pendidikan Berbasis AI

Model ini bersifat siklik dan dinamis. Hasil capaian kompetensi siswa akan menghasilkan data baru yang



kembali dianalisis oleh sistem AI, sehingga proses pembelajaran terus mengalami perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement loop*).

Hasil dan pembahasan menunjukkan bahwa transformasi pendidikan berbasis AI bersifat multidimensional dan sistemik. Tren global riset (Wang et al., 2024) menunjukkan percepatan adopsi AI, sementara implementasi personalisasi (Garzón et al., 2024; Vieriu, 2025) dan penguatan kompetensi abad ke-21 (Usman et al., 2025) menegaskan dampak pedagogisnya. Di sisi lain, tantangan etis (Efendi et al., 2025) menuntut kerangka tata kelola yang kuat. Model konseptual yang dirumuskan menegaskan bahwa AI bukan sekadar inovasi teknologi, tetapi katalis transformasi ekosistem pendidikan secara menyeluruh.

DISKUSI

Hasil kajian menunjukkan bahwa integrasi AI dalam pendidikan tidak dapat dipahami sebagai inovasi teknologi yang bersifat parsial, melainkan sebagai transformasi sistemik yang memengaruhi struktur, proses, dan kultur pembelajaran. Sintesis terhadap berbagai temuan empiris dan konseptual memperlihatkan bahwa AI berperan sebagai *enabler* yang menghubungkan infrastruktur digital, desain pedagogi, personalisasi pembelajaran, serta penguatan kompetensi abad ke-21 dalam satu ekosistem terintegrasi.

Wang et al. (2024) menunjukkan bahwa lonjakan publikasi AI dalam pendidikan pasca 2023 bukan sekadar tren akademik, tetapi refleksi dari perubahan paradigma global. AI mempercepat pergeseran dari sistem pembelajaran berbasis konten menuju sistem berbasis data dan adaptivitas. Dalam kerangka ini, AI tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu teknis, tetapi sebagai agen transformasi yang memungkinkan pembelajaran menjadi lebih responsif, terpersonalisasi, dan terukur.

Temuan dari Vieriu (2025) memperkuat argumentasi tersebut dengan menunjukkan bahwa peningkatan hasil belajar terjadi ketika AI diintegrasikan secara pedagogis, bukan sekadar ditambahkan sebagai fitur teknologi. Artinya, transformasi sistemik terjadi ketika AI menjadi bagian dari desain kurikulum, strategi asesmen, dan manajemen pembelajaran. Hal ini sejalan dengan model konseptual yang telah dirumuskan sebelumnya, di mana *AI-based pedagogy* menjadi jembatan antara infrastruktur dan capaian kompetensi siswa. Dengan demikian, AI bertindak sebagai katalis yang mempercepat integrasi antara data, pedagogi, dan evaluasi pembelajaran dalam satu siklus berkelanjutan.

Transformasi sistemik tersebut berdampak langsung pada redefinisi peran guru. Dalam paradigma tradisional, guru diposisikan sebagai pusat transmisi pengetahuan. Namun, dengan hadirnya AI yang mampu menyediakan

informasi, umpan balik otomatis, dan analisis performa siswa, fungsi guru bergeser menjadi perancang pengalaman belajar (*learning designer*).

Garzón et al. (2025) menegaskan bahwa AI dapat berfungsi sebagai *co-teacher* yang mendukung diferensiasi pembelajaran. Guru kini memiliki akses terhadap data performa siswa secara real-time, sehingga dapat merancang intervensi berbasis bukti (*evidence-based instruction*). Peran ini menuntut kompetensi baru, seperti literasi data, pemahaman prinsip kerja algoritma, serta kemampuan mengintegrasikan AI secara etis dalam praktik pembelajaran.

Munawaroh et al. (2025) dalam konteks pendidikan tinggi menunjukkan bahwa AI mendorong peningkatan *self-regulated learning* mahasiswa. Mahasiswa menjadi lebih mandiri dalam mengelola progres belajar, sementara dosen berperan sebagai fasilitator refleksi dan pembimbing akademik. Pergeseran ini memperkuat orientasi pembelajaran yang berpusat pada peserta didik (*student-centered learning*), dengan dukungan sistem AI yang adaptif. Dengan demikian, perubahan peran guru bukanlah reduksi fungsi, melainkan transformasi menuju peran strategis dan reflektif dalam ekosistem pembelajaran berbasis data. Sintesis literatur juga menunjukkan bahwa transformasi berbasis AI memiliki implikasi kontekstual dalam pendidikan Indonesia, khususnya pada bidang studi sains, matematika, dan bahasa.

Pada pembelajaran IPA, Hasanah (2025) menunjukkan bahwa penggunaan AI dalam simulasi dan visualisasi konsep abstrak meningkatkan pemahaman konseptual siswa. Integrasi ini relevan dengan tantangan pembelajaran sains di Indonesia yang sering kali terbatas oleh fasilitas laboratorium fisik. AI menghadirkan alternatif berupa laboratorium virtual yang adaptif dan interaktif.

Dalam pembelajaran matematika, Harahap et al. (2025) menemukan bahwa sistem adaptif berbasis AI membantu siswa memahami prosedur penyelesaian soal secara bertahap. Umpan balik instan memungkinkan koreksi kesalahan secara cepat dan mengurangi kecemasan belajar. Hal ini penting dalam konteks peningkatan literasi numerasi nasional.

Sementara itu, dalam pembelajaran bahasa Inggris, Batubara (2025) menunjukkan bahwa AI berbasis *natural language processing* memperluas kesempatan praktik komunikasi melalui simulasi dialog dan koreksi otomatis. Integrasi ini sangat relevan dalam meningkatkan kepercayaan diri siswa dalam keterampilan berbicara dan menulis, terutama di lingkungan dengan keterbatasan interaksi penutur asli.

Temuan-temuan ini menunjukkan bahwa AI memiliki potensi kontekstual yang kuat dalam menjawab tantangan spesifik pendidikan Indonesia. Namun demikian, implementasi efektif tetap memerlukan kesiapan infrastruktur, pelatihan guru, serta kebijakan yang adaptif.

Secara keseluruhan, diskusi ini menegaskan tiga poin utama. Pertama, AI merupakan *enabler* transformasi sistemik yang mengintegrasikan data, pedagogi, dan asesmen dalam siklus pembelajaran berkelanjutan. Kedua, peran guru mengalami redefinisi menuju *learning designer* yang memanfaatkan AI sebagai mitra pedagogis. Ketiga, implementasi AI memiliki relevansi kontekstual yang signifikan dalam berbagai bidang studi di Indonesia, khususnya IPA, matematika, dan bahasa Inggris. Dengan demikian, transformasi pendidikan berbasis AI tidak hanya bersifat global, tetapi juga memiliki dimensi lokal yang perlu disesuaikan dengan kebutuhan dan karakteristik sistem pendidikan nasional.

KESIMPULAN

Kajian ini menunjukkan bahwa integrasi kecerdasan buatan dalam pendidikan telah berkembang dari sekadar inovasi teknologi menjadi transformasi struktural dalam sistem pembelajaran. Lonjakan publikasi pasca 2023 menandai meningkatnya perhatian akademik terhadap AI sebagai paradigma baru pendidikan. AI tidak lagi diposisikan sebagai alat bantu tambahan, melainkan sebagai katalis yang merekonstruksi desain pedagogi, proses asesmen, serta pengalaman belajar peserta didik.

Salah satu temuan utama kajian ini adalah bahwa personalisasi dan *adaptive learning* menjadi inti transformasi berbasis AI. Melalui *intelligent tutoring systems*, analitik pembelajaran, serta umpan balik otomatis, AI memungkinkan pembelajaran yang responsif terhadap kebutuhan individual siswa. Dampaknya terlihat pada peningkatan hasil belajar, khususnya dalam mata pelajaran konseptual seperti IPA dan matematika, serta penguatan keterampilan bahasa melalui sistem berbasis *natural language processing*. Dengan demikian, AI memperkuat efektivitas dan efisiensi pembelajaran secara signifikan ketika diintegrasikan secara pedagogis.

Selain itu, AI berkontribusi terhadap pengembangan kompetensi abad ke-21, terutama dalam aspek berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi. AI sebagai *learning companion* mendukung proses reflektif dan eksploratif, sehingga peserta didik tidak hanya menjadi penerima informasi, tetapi juga pembelajar aktif yang adaptif. Namun, keberhasilan ini sangat bergantung pada kemampuan guru dalam merancang pembelajaran berbasis data serta memanfaatkan AI sebagai mitra pedagogis.

Di sisi lain, kajian ini juga menegaskan bahwa transformasi berbasis AI tidak terlepas dari tantangan etika dan tata kelola. Isu bias algoritmik, transparansi sistem, perlindungan data, serta ketimpangan akses menjadi aspek yang harus diintegrasikan dalam kebijakan pendidikan. Tanpa kerangka *ethical governance* yang kuat, inovasi teknologi berisiko memperlebar kesenjangan dan menciptakan implikasi pedagogis yang tidak diinginkan. Secara keseluruhan, transformasi pendidikan berbasis AI bersifat multidimensional dan sistemik. Infrastruktur digital menjadi fondasi, *AI-based pedagogy* menjadi mekanisme transformasional, personalisasi menjadi praktik operasional, dan kompetensi abad ke-21 menjadi luaran utama, yang seluruhnya dikendalikan oleh tata kelola etis. Dengan pendekatan yang terintegrasi dan kontekstual, AI berpotensi menjadi pendorong utama evolusi pendidikan menuju sistem pembelajaran yang lebih adaptif, inklusif, dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryusmar, A. (2025). Exploring AI integration with 21st-century skills in language education. *ICCD Journal*, 7(1), 850–861. <https://doi.org/10.33068/iccd.v7i1.850>
- Atmasani, D. (2025). A systematic review of its impact on student learning. *INTEC Journal*.
- Baig, A. (2024). Personalized learning and intelligent tutoring systems: A literature review. *The Future of AI in Education*, 1(1), 1–20.
- Batubara, M. H. (2025). Harnessing artificial intelligence for English language learning: A systematic review. *JLLT Journal*, X(1), 1–18.
- Efendi, Z., Al Firdha Hanim, M., & Santoso, A. (2025). Kecerdasan buatan (AI) dalam pendidikan: Tinjauan literatur sistematis tentang peluang, masalah etika, dan implikasi pedagogis. *Jurnal Pendidikan, Kebudayaan dan Keislaman*, 4(3), 1–15. <https://doi.org/10.24260/jpkk.v4i3.5052>
- Fauziddin, M., & Agustin, M. (2023). Systematic literature review: Manfaat artificial intelligence (AI) pada pendidikan anak usia dini di Indonesia. *Jurnal Obsesi: Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, 8(6), 1–30. <https://doi.org/10.31004/obsesi.v8i6.6236>
- Garzón, J., Palau, R., Pérez-Sanagustín, M., & Kloos, C. D. (2025). Systematic review of artificial intelligence in education: Research trends, benefits, and challenges. *Multimodal Technologies and Interaction*, 9(8), Article 84. <https://doi.org/10.3390/2414-4088/9/8/84>
- Garzón, P., Ayeni, O. O., Mohd Al Hamad, N., Onyebuchi, N. C., Osawaru, B., & Adewusi, O. E. (2024). AI in education: A review of personalized learning and educational technology. *GSC Advanced Research and Reviews*, 18(2), 261–271. <https://doi.org/10.30574/gscarr.2024.18.2.0062>
- Harahap, M. S., Fadli, V. P., Nasution, F. H., & Nasution, N. F. (2025). Peran AI dalam personalisasi pembelajaran matematika: Kajian sistematis berbasis literatur 2018–2024. *Sigma: Jurnal Pendidikan Matematika*, 17(1), 1–17. <https://doi.org/10.26618/sigma.v17i1.18378>
- Hasanah, K. (2025). Systematic review: Penerapan kecerdasan buatan (AI) dalam pembelajaran IPA meningkatkan pemahaman konsep dan literasi sains. *Edukimbiosis: Jurnal Pendidikan IPA*, 4(1), 1–10. <https://doi.org/10.35905/edukimbiosis.v4i1.15118>
- Khosibah, S. A., Rahmaningrum, A., & Kusumawardani, C. T. (2025). Potensi dan praktik literasi artificial intelligence (AI) dalam pendidikan anak usia dini di Indonesia. *JEA: Jurnal Edukasi AUD*, 11(1), 55–69. <https://doi.org/10.18592/jea.v11i1.16329>
- Liu, V., Latif, E., & Zhai, X. (2025). Advancing education through tutoring systems: A systematic literature review. *Educational AI Review*, X(1), 1–35.
- Mallik, S., & Gangopadhyay, A. (2023). Proactive and reactive engagement of artificial intelligence methods for education: A review. *Journal of AI in Education*.
- Marsella, M., Hendri Yanto, C., Biantoro, N. R., Fathur, M., & Pratama, D. (2023). Utilization of artificial intelligence (AI) technology in education: A systematic literature review. *Jurnal Rekayasa Informatika*.
- Meiliawati, A. E., Zulfritra, Z., & Sugiarto, T. W. (2025). Penggunaan media berbasis artificial intelligence (AI) untuk menunjang proses pembelajaran tingkat SMA: A literature review. *INFOTIKA: Jurnal Pendidikan Informatika*, 8, 1–15.
- Munawaroh, L., Mulyadi, M. A., Jasmiatussifilfil, J., & Aulia, E. M. (2025). Systematic literature review (SLR): Peran artificial intelligence terhadap proses pembelajaran mahasiswa. *Jurnal Mahasiswa Sistem Informasi*, 6(2), 1–12. <https://doi.org/10.24127/jmsi.v6i2.9220>
- Mustika Sari, T., Nurjanah, S. S., & Rachman, I. F. (2025). Analisis literature: Pengaruh AI-based feedback terhadap perkembangan critical thinking skills siswa SMP. *Jurnal Multidisiplin Ilmu Akademik*, 2(3), 1–14. <https://doi.org/10.61722/jmia.v2i3.4611>
- Nuridayanti, N. (2025). The role of artificial intelligence in educational transformation in the digital era. *EduTech Journal*.

- Rashidat, I.-T., Akin-Olayemi, T. H., & Michael, A. A. (2025). Artificial intelligence in e-learning: A systematic review of 21st-century trends and innovations. *Tech-Sphere Journal for Pure and Applied Sciences*, 2(1), 1–18. <https://doi.org/10.5281/zenodo.16560625>
- Revenaya, M. (2025). Exploring the integration of artificial intelligence in primary education: Trends, benefits, and challenges. *SJ ESE Journal*.
- Sara, & Nursyam, A. (2025). Literature review: Analisis hubungan penggunaan AI dan kemampuan pemecahan masalah matematis siswa SMP. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(4), 1–18. <https://doi.org/10.23969/jp.v10i04.39836>
- Taufiq, A. M. H., Narsan, Z., Adyputri, N. N., Darban, A., Arifin, A. N., & Adnan, A. (2026). Systematic literature review: Integrasi artificial intelligence dalam pembelajaran sains. *Jurnal Pendidikan*, 14(1), 22–42. <https://doi.org/10.36232/jurnalpendidikan.v14i1.4213>
- Usman, U., Kholisoh, S., Rahayu, S., Aulia, A., & Alta, A. A. P. (2025). Implikasi kecerdasan buatan (AI) terhadap keterampilan pembelajaran abad ke-21. *Jurnal Basicedu*, 9(4), 1042–1049. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v9i4.10263>
- Vieriu, A. M. (2025). The impact of artificial intelligence (AI) on students' learning outcomes: A systematic review. *Education Sciences*, 15(3), Article 343. <https://doi.org/10.3390/educsci15030343>
- Wang, S., Wang, F., Zhu, Z., Wang, J., Tran, T., & Du, Z. (2024). Artificial intelligence in education: A systematic literature review. *Expert Systems with Applications*, 214, Article 124167. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124167>