

Tinjauan Literatur Sistematis dan Pengembangan Kerangka Konseptual Kecerdasan Buatan sebagai Agen Pedagogis dalam Model Pembelajaran Inovatif

I Wayan Agus Dimas Anggara^{*1}, I Gde Wawan Sudatha², Ketut Agustini³, I Kadek Suartama⁴

^{1,2,3,4}Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha, Indonesia

Email: ¹agus.dimas@student.undiksha.ac.id, ²igdwawans@undiksha.ac.id,

³ketutagustini@undiksha.ac.id, ⁴ik-suartama@undiksha.ac.id

Abstrak

Pemanfaatan kecerdasan buatan dalam pendidikan berkembang pesat seiring meningkatnya penggunaan *generative AI*, *chatbot*, dan *intelligent tutoring system* dalam berbagai lingkungan belajar. Namun, kajian yang secara khusus memetakan fungsi AI sebagai agen pedagogis dalam model pembelajaran inovatif masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis bentuk peran pedagogis AI, pola integrasinya dalam pembelajaran, serta implikasinya terhadap luaran peserta didik. Metode yang digunakan adalah *Systematic Literature Review* dengan kerangka SPIDER dan alur seleksi PRISMA. Data diperoleh dari basis data Scopus dengan batasan artikel penelitian tahun 2024–2026. Dari 259 artikel awal, 59 artikel melalui penilaian teks lengkap, 34 artikel dieliminasi, dan 25 artikel dianalisis menggunakan *thematic analysis*. Hasil sintesis menunjukkan bahwa AI digunakan dalam berbagai fungsi pembelajaran, antara lain sebagai tutor, pemberi umpan balik, mitra dialog, pendamping belajar, fasilitator, simulator, asisten akademik, dan agen berbasis afeksi. Integrasi tersebut ditemukan pada pembelajaran personal, adaptif, dialogis, kolaboratif, simulatif, mandiri, dan imersif. Luaran yang dilaporkan mencakup peningkatan hasil belajar, kemampuan pemecahan masalah, keterampilan bahasa, motivasi, keterlibatan, regulasi diri, metakognisi, dan kepercayaan diri. Selain itu, studi ini mengidentifikasi tantangan berupa ketergantungan pada AI, risiko melemahnya berpikir kritis, bias algoritmik, privasi, dan kebutuhan orkestrasi peran guru-AI. Penelitian ini menawarkan kerangka konseptual integratif untuk memahami AI sebagai penguat praktik pedagogis dalam ekosistem pembelajaran yang adaptif, etis, dan kontekstual. Meskipun demikian, hasil sintesis ini terbatas pada artikel penelitian yang terindeks Scopus dan dipublikasikan pada periode 2024–2026 sehingga interpretasi dan generalisasi temuan perlu dilakukan secara hati-hati.

Kata kunci: Agen Pedagogis, Kecerdasan Buatan, Kerangka Konseptual, Model Pembelajaran Inovatif, Tinjauan Literatur Sistematis.

A Systematic Literature Review and Conceptual Framework Development of Artificial Intelligence as a Pedagogical Agent in Innovative Learning Models

Abstract

The use of artificial intelligence in education has expanded rapidly with the growing adoption of *generative AI*, *chatbots*, and *intelligent tutoring systems* across diverse learning environments. However, studies that specifically map the function of AI as a pedagogical agent within innovative learning models remain limited. This study aims to synthesize the pedagogical roles of AI, its integration patterns in learning models, and its implications for learners' outcomes. A *Systematic Literature Review* method was employed using the SPIDER framework and PRISMA selection procedure. Data were retrieved from the Scopus database, focusing on research articles published between 2024 and 2026. From 259 initial records, 59 articles underwent full-text assessment, 34 articles were excluded, and 25 articles were analyzed using *thematic analysis*. The synthesis reveals that AI functions as a tutor, feedback provider, dialogic partner, learning companion, facilitator, simulator, academic assistant, and affective agent. These roles are integrated into personalized, adaptive, dialogic, collaborative, simulation-based, self-directed, and immersive learning. Reported outcomes include improvements in learning achievement, problem-solving ability, language skills, motivation, engagement, self-regulation, metacognition, and confidence. In addition, this study identifies critical challenges, including AI dependency, the potential weakening of critical thinking, algorithmic bias, privacy concerns, and the need for teacher-AI role orchestration. This study proposes an integrative conceptual framework for understanding AI as a pedagogical enhancer within adaptive, ethical, and contextual learning ecosystems. However, this review is limited to research articles indexed in Scopus and published between 2024 and 2026; therefore, the findings should be interpreted and generalized with caution.

Keywords: *Artificial Intelligence, Conceptual Framework, Innovative Learning Models, Pedagogical Agent, Systematic Literature Review.*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) telah membawa transformasi signifikan dalam bidang pendidikan, khususnya dalam mendukung pembelajaran yang adaptif dan berbasis data. Berbagai kajian literatur menunjukkan bahwa AI telah dimanfaatkan dalam beragam aspek pembelajaran, mulai dari sistem pembelajaran adaptif hingga analitik pembelajaran yang memungkinkan personalisasi pengalaman belajar secara lebih efektif [1], [2]. Integrasi ini menandai pergeseran paradigma dari pembelajaran konvensional menuju pembelajaran berbasis teknologi yang lebih responsif terhadap kebutuhan individu peserta didik.

Salah satu fokus utama dalam pemanfaatan AI dalam pendidikan adalah pengembangan pembelajaran yang dipersonalisasi. Fortuna dkk. [3] menunjukkan bahwa AI mampu menyesuaikan konten, strategi, dan kecepatan pembelajaran berdasarkan karakteristik peserta didik, sehingga meningkatkan efektivitas pembelajaran. Selain itu, evolusi lingkungan pembelajaran cerdas (*smart learning environments*) juga menunjukkan adanya integrasi teknologi yang semakin kompleks dalam mendukung interaksi belajar yang dinamis dan kontekstual [4]. Namun demikian, sebagian besar pendekatan tersebut masih memposisikan AI sebagai sistem pendukung yang berfungsi secara instrumental, bukan sebagai entitas yang secara aktif terlibat dalam proses pedagogis.

Dominasi penggunaan AI sebagai alat teknis terlihat jelas dalam berbagai penelitian yang berfokus pada otomatisasi penilaian, analisis performa, dan klasifikasi data pembelajaran [5]. Pendekatan ini cenderung membatasi peran AI pada fungsi operasional, sehingga interaksi antara AI dan peserta didik masih bersifat satu arah dan kurang mencerminkan dinamika pedagogis yang sesungguhnya. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara potensi teknologi AI dan implementasinya dalam praktik pembelajaran.

Perkembangan terbaru dalam teknologi *generative AI* dan sistem berbasis agen cerdas membuka peluang baru dalam memosisikan AI sebagai entitas yang lebih aktif dalam pembelajaran. Dalam konteks ini, AI tidak hanya berfungsi sebagai alat, tetapi berpotensi bertindak sebagai agen pedagogis yang mampu berinteraksi secara langsung dengan peserta didik, memberikan umpan balik adaptif, serta memfasilitasi proses konstruksi pengetahuan secara berkelanjutan [6]. Selain itu, studi mengenai pembelajaran berbasis GenAI menunjukkan adanya perubahan signifikan dalam pola interaksi belajar, khususnya dalam konteks pembelajaran *hybrid* yang menggabungkan interaksi manusia dan sistem AI [7].

Meskipun demikian, konsep AI sebagai agen pedagogis masih belum terdefinisi secara konseptual dan sistematis dalam literatur yang ada. Sebagian besar penelitian masih berfokus pada aspek teknis atau implementatif, tanpa mengkaji secara mendalam bagaimana peran AI dapat diintegrasikan dalam kerangka pedagogis yang jelas. Selain itu, isu kesiapan pengguna, termasuk literasi AI dan kompetensi pendidik dalam memanfaatkan teknologi ini, juga menjadi tantangan yang memengaruhi efektivitas implementasi AI dalam pembelajaran [8], [9].

Lebih lanjut, meskipun sejumlah penelitian telah mengkaji pemanfaatan AI dalam pendidikan secara umum, kajian yang secara khusus menyintesis peran AI sebagai agen pedagogis dalam berbagai model pembelajaran inovatif masih terbatas dan tersebar dalam berbagai pendekatan penelitian [10]. Kondisi ini mengindikasikan perlunya suatu kajian sistematis yang tidak hanya memetakan penggunaan AI dalam pembelajaran, tetapi juga mengembangkan pemahaman konseptual mengenai bagaimana AI dapat berperan sebagai agen pedagogis.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan tinjauan literatur sistematis guna mengidentifikasi dan menganalisis peran kecerdasan buatan sebagai agen pedagogis dalam berbagai model pembelajaran inovatif, serta mengembangkan kerangka konseptual yang dapat menjelaskan hubungan antara peran AI, model pembelajaran, dan luaran pembelajaran. Penelitian ini memfokuskan kajian pada publikasi periode 2024–2026 karena rentang waktu tersebut merepresentasikan fase terkini perkembangan AI dalam pendidikan, yang ditandai oleh semakin luasnya pemanfaatan AI sebagai entitas yang berpartisipasi aktif dalam proses pedagogis. Dengan demikian, pembatasan periode tersebut diharapkan mampu menangkap perkembangan konseptual dan implementasi mutakhir terkait peran AI sebagai agen pedagogis dalam pembelajaran inovatif. Kontribusi penelitian ini diharapkan tidak hanya memperkaya kajian teoretis dalam bidang teknologi pendidikan, tetapi juga memberikan dasar konseptual bagi pengembangan praktik pembelajaran berbasis AI di masa depan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) untuk mensintesis temuan penelitian terkait peran kecerdasan buatan sebagai agen pedagogis dalam model pembelajaran inovatif. Pendekatan SLR dipilih karena mampu menyediakan proses yang sistematis, transparan, dan replikatif dalam mengidentifikasi,

mengevaluasi, serta mengintegrasikan hasil penelitian sebelumnya sehingga menghasilkan sintesis bukti yang komprehensif dan relevan dengan fokus penelitian [11].

Untuk memastikan konsistensi konseptual dalam perumusan pertanyaan penelitian dan strategi pencarian, studi ini mengadopsi kerangka SPIDER (*Sample, Phenomenon of Interest, Design, Evaluation, Research type*), yang sesuai untuk kajian literatur dalam bidang pendidikan dengan pendekatan kualitatif dan campuran. Untuk memastikan konsistensi metodologis, penelitian ini mengikuti pedoman PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). Proses tinjauan dilakukan melalui empat tahapan utama, yaitu *identification, screening, eligibility*, dan *inclusion*, yang digunakan untuk mendokumentasikan alur seleksi studi secara sistematis dari tahap awal pencarian hingga penentuan artikel akhir yang dianalisis [12].

2.1 Research Questions

Penelitian ini merumuskan pertanyaan penelitian (*research question*) berikut untuk memandu proses tinjauan literatur secara sistematis.

- RQ1: Bagaimana kecerdasan buatan dikonseptualisasikan sebagai agen pedagogis dalam literatur pendidikan?
- RQ2: Bagaimana kecerdasan buatan diintegrasikan ke dalam berbagai model pembelajaran inovatif dalam konteks pendidikan?
- RQ3: Bagaimana implikasi penggunaan kecerdasan buatan sebagai agen pedagogis terhadap luaran pembelajaran peserta didik?

2.2 Strategi Pencarian Literatur

Pencarian literatur dilakukan menggunakan basis data Scopus. Basis data ini dipilih karena memiliki cakupan jurnal internasional bereputasi yang luas, proses seleksi yang ketat, serta menyediakan metadata yang terstandarisasi sehingga mendukung proses penelusuran dan seleksi literatur secara sistematis. Selain itu, Scopus banyak digunakan dalam penelitian *systematic literature review* di bidang teknologi pendidikan karena mampu menyediakan sumber literatur yang relevan dan berkualitas tinggi. Meskipun demikian, penggunaan basis data tunggal berpotensi menyebabkan tidak teridentifikasinya beberapa studi relevan yang terindeks pada pangkalan data lain. Oleh karena itu, keterbatasan tersebut perlu dipertimbangkan dalam menginterpretasikan hasil sintesis penelitian ini. Strategi pencarian dilakukan menggunakan kombinasi kata kunci berikut: “*artificial intelligence*” AND “*learning model*” AND (*chatbot OR “intelligent tutoring system”*) AND “*learning outcomes*”. Untuk menjaga relevansi dan kebaruan penelitian, pencarian dibatasi pada rentang tahun publikasi 2024–2026 serta jenis dokumen berupa artikel penelitian (*research article*). Berdasarkan strategi pencarian tersebut, diperoleh sebanyak 259 artikel sebagai hasil awal (*initial records*) yang selanjutnya diseleksi melalui tahapan PRISMA

2.3 Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Seleksi studi dilakukan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan untuk memastikan kesesuaian artikel dengan fokus penelitian. Kriteria tersebut disusun secara sistematis untuk mendukung proses seleksi studi yang transparan dan konsisten.

a. Kriteria Inklusi

- IC1. Studi berada dalam konteks pendidikan formal atau non-formal.
- IC2. Studi menggunakan kecerdasan buatan dalam proses pembelajaran, seperti chatbot, intelligent tutoring system, atau AI tutor.
- IC3. Studi menunjukkan peran aktif AI sebagai tutor, fasilitator, atau pemberi umpan balik.
- IC4. Studi berkaitan dengan model pembelajaran inovatif.
- IC5. Studi melaporkan atau membahas luaran pembelajaran.
- IC6. Studi merupakan artikel penelitian ilmiah yang dipublikasikan pada rentang tahun 2024–2026.

b. Kriteria Eksklusi

- EC1. Studi tidak berada dalam konteks pendidikan.
- EC2. Studi menggunakan AI hanya sebagai alat bantu pasif.
- EC3. Studi tidak membahas proses pembelajaran atau luaran pembelajaran.
- EC4. Studi termasuk artikel non-penelitian, seperti editorial, opini, atau review non-sistematis.
- EC5. Studi merupakan duplikasi dari penelitian lain.

2.4 Ekstraksi Data

Artikel yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi melalui tahapan seleksi PRISMA kemudian diekstraksi secara sistematis menggunakan lembar ekstraksi data yang telah dirancang. Data yang dikumpulkan meliputi identitas artikel, tujuan penelitian, metode penelitian, jenis kecerdasan buatan yang digunakan, peran AI dalam pembelajaran, model atau pendekatan pembelajaran yang diterapkan, konteks pendidikan, luaran pembelajaran, serta temuan utama penelitian. Data yang diperoleh selanjutnya dipetakan berdasarkan pertanyaan penelitian untuk mendukung proses analisis yang terarah dan sistematis.

2.5 Teknik Analisis Data

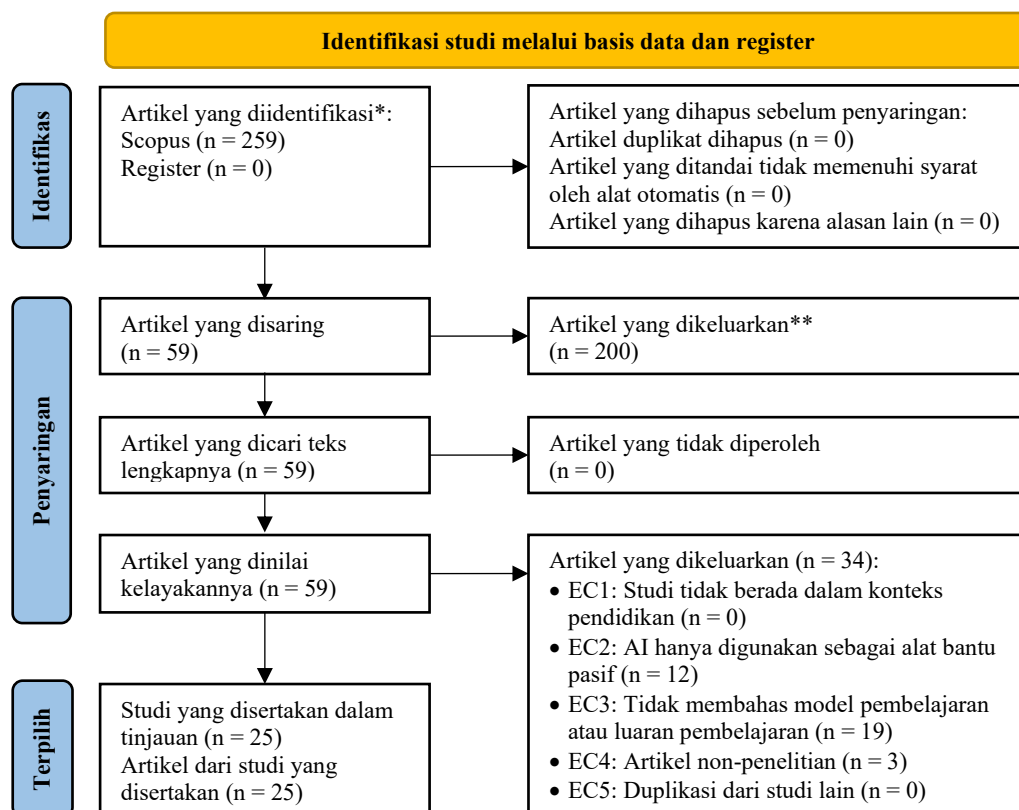
Data yang telah diekstraksi dianalisis menggunakan pendekatan *thematic analysis*. Proses analisis dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu: (1) pengkodean awal (*open coding*) terhadap temuan penelitian, (2) pengelompokan kode ke dalam kategori yang memiliki kesamaan makna, dan (3) pengembangan tema utama yang selaras dengan sub-pertanyaan penelitian.

Tema yang dihasilkan mencakup aspek konseptualisasi kecerdasan buatan sebagai agen pedagogis, implementasi dalam model pembelajaran inovatif, serta implikasi terhadap luaran pembelajaran peserta didik. Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel dan narasi sintesis untuk memudahkan interpretasi serta perbandingan antar studi. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi pola, tren, dan kesenjangan penelitian secara komprehensif sehingga mendukung pengembangan kerangka konseptual yang diusulkan dalam penelitian ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Seleksi Studi

Proses seleksi studi dilakukan secara sistematis untuk memastikan bahwa artikel yang diikutsertakan memenuhi kriteria inklusi dan relevan dengan tujuan penelitian. Alur lengkap proses seleksi artikel pada setiap tahapan PRISMA ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram PRISMA Proses Seleksi Studi

Berdasarkan hasil pencarian menggunakan kombinasi kata kunci yang telah ditetapkan, diperoleh sebanyak 259 artikel pada tahap identifikasi awal. Selanjutnya dilakukan proses screening awal melalui pemeriksaan judul

dan abstrak (*title–abstract screening*) untuk mengidentifikasi artikel yang relevan dengan fokus penelitian mengenai kecerdasan buatan sebagai agen pedagogis dalam model pembelajaran inovatif. Dari proses tersebut, sebanyak 59 artikel dinyatakan memenuhi kriteria awal dan dilanjutkan ke tahap penilaian teks lengkap (*full-text assessment*), sedangkan artikel lainnya dieliminasi karena tidak sesuai dengan fokus penelitian, tidak memenuhi konteks pendidikan, atau tidak membahas implementasi AI dalam proses pembelajaran.

Pada tahap *eligibility*, seluruh artikel yang lolos *screening* awal dianalisis secara lebih mendalam melalui pembacaan *full-text* berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa studi yang dipilih benar-benar membahas penggunaan AI sebagai agen pedagogis aktif dalam konteks pembelajaran inovatif dan melaporkan implikasinya terhadap luaran pembelajaran peserta didik.

Hasil penilaian *full-text* menunjukkan bahwa sebanyak 34 artikel dieliminasi karena tidak memenuhi kriteria penelitian. Alasan eksklusi yang paling dominan adalah studi yang tidak membahas proses pembelajaran maupun luaran pembelajaran secara eksplisit sebanyak 19 artikel. Selain itu, terdapat 12 artikel yang menggunakan AI hanya sebagai alat bantu pasif tanpa menunjukkan peran pedagogis aktif dalam proses pembelajaran. Sebanyak 3 artikel lainnya dieliminasi karena termasuk kategori non-penelitian, seperti editorial, opini, atau tinjauan non-sistematis. Tidak ditemukan artikel duplikat maupun artikel yang berada di luar konteks pendidikan pada tahap *full-text*. Rincian hasil eksklusi pada tahap *eligibility* disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Seleksi Tahap *Full-Text*

Kode	Alasan Eksklusi <i>Full-Text</i>	Jumlah
EC1	Studi tidak berada dalam konteks pendidikan	0
EC2	Studi menggunakan AI hanya sebagai alat bantu pasif	12
EC3	Studi tidak membahas proses pembelajaran atau luaran pembelajaran	19
EC4	Studi termasuk artikel non-penelitian, seperti editorial, opini, atau review non-sistematis	3
EC5		0
Total Eksklusi <i>Full-Text</i>		34
<i>Included (Final)</i>		25

Berdasarkan keseluruhan proses seleksi tersebut, diperoleh sebanyak 25 artikel yang memenuhi seluruh kriteria inklusi dan selanjutnya digunakan dalam proses ekstraksi data, analisis tematik, dan pengembangan kerangka konseptual penelitian.

3.2 Karakteristik Umum Studi Terpilih

Sebanyak 25 artikel yang memenuhi kriteria inklusi dianalisis lebih lanjut untuk mengidentifikasi karakteristik umum penelitian terkait pemanfaatan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) sebagai agen pedagogis dalam model pembelajaran inovatif. Analisis karakteristik studi dilakukan untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai tren penelitian, konteks implementasi, pendekatan metodologis, jenis teknologi AI yang digunakan, peran pedagogis AI, model pembelajaran yang diadopsi, serta luaran pembelajaran yang dilaporkan dalam literatur terkini.

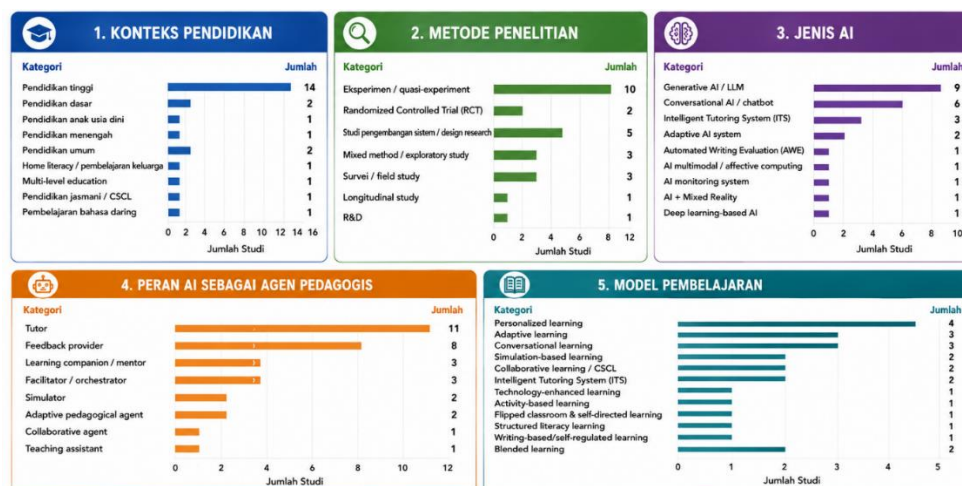
Secara umum, studi-studi yang terpilih menunjukkan meningkatnya perhatian terhadap integrasi AI dalam pembelajaran yang bersifat adaptif, interaktif, personal, dan berpusat pada peserta didik. Seluruh artikel yang dianalisis dipublikasikan pada rentang tahun 2024–2026, yang menunjukkan bahwa topik AI sebagai agen pedagogis merupakan bidang penelitian yang berkembang sangat cepat (*emerging research area*), khususnya seiring meningkatnya adopsi *Generative AI* dan *Large Language Models* (LLMs) dalam pendidikan.

Analisis berdasarkan negara atau lokasi penelitian dilakukan untuk menggambarkan sebaran geografis pengembangan AI sebagai agen pedagogis dalam literatur pendidikan. Sebaran ini memberikan gambaran mengenai konteks wilayah yang telah banyak berkontribusi terhadap perkembangan kajian tersebut serta potensi kesenjangan penelitian di berbagai kawasan. Ditinjau dari sebaran negara/lokasi penelitian, studi terpilih menunjukkan distribusi yang cukup luas secara geografis. Penelitian paling banyak berasal dari Amerika Serikat dan China, masing-masing sebanyak empat artikel. Selanjutnya, Inggris dan Taiwan masing-masing menyumbang dua artikel. Adapun negara/lokasi lain, yaitu Indonesia, Uni Emirat Arab, Thailand, Hong Kong, Spanyol, Jerman, Irlandia, Rumania, Turki, Islandia, Arab Saudi, Kazakhstan, dan Ukraina masing-masing diwakili oleh satu artikel. Sebaran ini menunjukkan bahwa kajian mengenai AI sebagai agen pedagogis telah berkembang dalam berbagai konteks global, meskipun masih terkonsentrasi pada negara-negara dengan ekosistem riset dan teknologi pendidikan yang relatif kuat. Sebaran negara/lokasi penelitian dari studi terpilih disajikan melalui Gambar 2.



Gambar 2. Peta Sebaran Studi Terpilih Berdasarkan Negara/Lokasi Penelitian

Selain sebaran geografis, karakteristik umum studi terpilih juga dianalisis berdasarkan konteks pendidikan, metode penelitian, jenis AI, peran pedagogis AI, model pembelajaran, dan luaran pembelajaran yang dilaporkan. Ringkasan karakteristik umum tersebut disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Ringkasan Karakteristik Umum Studi Terpilih

Berdasarkan konteks pendidikan, sebagian besar penelitian dilakukan pada pendidikan tinggi, terutama pada bidang pembelajaran bahasa, pemrograman, bisnis, kesehatan, dan STEM. Selain itu, beberapa studi juga dilakukan pada pendidikan dasar, pendidikan anak usia dini, pendidikan menengah, hingga lingkungan pembelajaran *multi-level* berbasis *immersive learning* dan *simulation-based learning*. Dominasi konteks pendidikan tinggi mengindikasikan bahwa implementasi AI sebagai agen pedagogis saat ini masih lebih banyak diterapkan pada lingkungan belajar dengan kesiapan teknologi dan literasi digital yang relatif tinggi.

Dari sisi metodologi, pendekatan eksperimen dan *quasi-experimental* menjadi metode yang paling dominan digunakan untuk mengevaluasi efektivitas implementasi AI terhadap berbagai luaran pembelajaran. Selain itu, ditemukan pula penggunaan *randomized controlled trial* (RCT), *mixed-method*, studi pengembangan sistem, *field study*, hingga *action design research*. Variasi pendekatan metodologis tersebut menunjukkan bahwa penelitian AI dalam pendidikan tidak hanya berfokus pada pengembangan teknologi, tetapi juga pada evaluasi dampak pedagogis dan pengalaman belajar peserta didik.

Jenis AI yang digunakan dalam studi sangat beragam, namun didominasi oleh *Generative AI*, *conversational AI*, *chatbot* berbasis LLM, dan *Intelligent Tutoring System* (ITS). Beberapa penelitian juga mengintegrasikan pendekatan *multimodal AI*, *affective computing*, *knowledge graph*, *adaptive analytics*, serta *mixed reality* untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih personal dan responsif terhadap kebutuhan peserta didik. Temuan ini

menunjukkan adanya pergeseran paradigma dari AI sebagai alat bantu otomatis menuju AI yang mampu berperan sebagai mitra pedagogis aktif dalam proses pembelajaran.

Dari perspektif pedagogis, AI paling banyak diposisikan sebagai tutor, *feedback provider*, *learning companion*, *facilitator*, *simulator*, dan *adaptive pedagogical agent*. Posisi ini ditekankan dalam *personalized learning*, *adaptive learning*, *conversational learning*, *simulation-based learning*, *collaborative learning*, serta *immersive learning*. Hal ini menunjukkan bahwa AI semakin berfungsi sebagai bagian integral dalam orkestrasi pembelajaran, bukan sekadar alat bantu administratif atau teknis.

Luaran pembelajaran yang paling sering dilaporkan meliputi peningkatan performa akademik, kemampuan pemecahan masalah, motivasi belajar, *engagement*, keterampilan bahasa, *Higher Order Thinking Skills* (HOTS), *self-regulation*, metakognisi, dan pengalaman belajar personalisasi. Meskipun demikian, beberapa studi juga menyoroti sejumlah tantangan implementasi AI dalam pendidikan, seperti potensi ketergantungan terhadap AI, risiko menurunnya kemampuan berpikir kritis, serta pentingnya desain pedagogis yang tepat agar integrasi AI dapat berlangsung secara efektif, bermakna, dan etis.

Secara keseluruhan, sintesis karakteristik studi menunjukkan bahwa penelitian mengenai AI sebagai agen pedagogis masih didominasi oleh implementasi berbasis *conversational AI* dan *generative AI* pada konteks pendidikan tinggi. Selain itu, sebagian besar studi menempatkan AI dalam peran pedagogis aktif, terutama sebagai tutor adaptif dan penyedia umpan balik, yang berorientasi pada peningkatan personalisasi pembelajaran dan keterlibatan peserta didik. Temuan ini mengindikasikan adanya transformasi peran AI dari sekadar alat bantu teknologi menuju entitas pedagogis yang semakin terintegrasi dalam desain pembelajaran modern.

3.3 RQ1. Bagaimana kecerdasan buatan dikonseptualisasikan sebagai agen pedagogis dalam literatur pendidikan?

Berdasarkan analisis terhadap 25 artikel terpilih, kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence* / AI) dalam literatur pendidikan tidak lagi diposisikan hanya sebagai alat bantu teknologi, melainkan telah berkembang menjadi agen pedagogis yang berperan aktif dalam mendukung proses pembelajaran. Peran tersebut tampak melalui kemampuan AI dalam memberikan bimbingan belajar, umpan balik adaptif, scaffolding, simulasi interaktif, hingga dukungan afektif yang menyerupai fungsi pedagogis pendidik dalam lingkungan belajar digital [13], [14], [15].

Secara umum, studi-studi yang dianalisis menunjukkan bahwa AI dikembangkan untuk menciptakan pembelajaran yang lebih personal, responsif, dan berpusat pada peserta didik. Implementasi ini didominasi oleh penggunaan *Generative AI*, *conversational agent*, chatbot berbasis *Large Language Model* (LLM), *Intelligent Tutoring System* (ITS), serta *adaptive learning system* yang mampu menyesuaikan materi, tingkat kesulitan, maupun bentuk interaksi berdasarkan kebutuhan pengguna [16], [17], [18]. Pergeseran ini menunjukkan bahwa AI dalam pendidikan semakin dipahami bukan sekadar sebagai alat otomatisasi, tetapi sebagai entitas digital yang mampu menjalankan fungsi pedagogis secara lebih kompleks.

Untuk memperjelas bentuk konseptualisasi AI sebagai agen pedagogis dalam studi-studi terpilih, Tabel 5 menyajikan pemetaan peran AI, model pembelajaran, dan bentuk implementasinya.

Tabel 5. Konseptualisasi AI sebagai Agen Pedagogis

Konseptualisasi AI sebagai Agen Pedagogis	Karakteristik Implementasi	Artikel
AI sebagai tutor adaptif	AI memberikan instruksi, penjelasan, latihan, <i>scaffolding</i> , dan penyesuaian materi berdasarkan kemampuan peserta didik	[13], [17], [19], [20], [21], [22], [23]
AI sebagai <i>feedback provider</i>	AI menyediakan umpan balik otomatis, koreksi, evaluasi performa, dan rekomendasi belajar secara <i>real-time</i>	[14], [16], [24], [25], [26], [27]
AI sebagai <i>conversational agent</i>	AI membangun interaksi dialogis melalui <i>chatbot</i> atau <i>conversational system</i> untuk mendukung komunikasi dan <i>engagement</i> belajar	[14], [19], [21], [26], [28], [29]
AI sebagai <i>learning companion</i> / mentor	AI mendampingi proses belajar secara personal melalui dialog, dukungan motivasional, dan personalisasi pembelajaran	[13], [15], [30], [31]
AI sebagai fasilitator pembelajaran	AI membantu orkestrasi aktivitas belajar, eksplorasi materi, memediasi interaksi, diskusi, dan eksplorasi belajar	[31], [32], [33], [34]
AI sebagai simulator pembelajaran	AI digunakan dalam simulasi interaktif, <i>role-play</i> , <i>immersive learning</i> , dan <i>simulated patient</i>	[27], [34], [35]

Konseptualisasi AI sebagai Agen Pedagogis	Karakteristik Implementasi	Artikel
AI sebagai agen afektif dan adaptif	AI mendeteksi emosi, beban kognitif, motivasi, dan kondisi belajar untuk menyesuaikan intervensi pedagogis	[14], [22], [23]
AI sebagai <i>teaching assistant</i>	AI mendukung proses pembelajaran melalui respons otomatis, bantuan akademik, dan rekomendasi materi	[29], [36], [37]
AI sebagai <i>cognitive assistant</i>	AI membantu pencarian informasi, penyusunan ide, penulisan, dan dukungan aktivitas akademik	[18], [37]
AI sebagai <i>performance coach</i>	AI memonitor performa pengguna dan memberikan intervensi berbasis analitik secara <i>real-time</i>	[25]

Analisis terhadap studi-studi terpilih menunjukkan bahwa konseptualisasi AI sebagai agen pedagogis tidak berkembang secara seragam, melainkan membentuk spektrum peran dengan tingkat otonomi pedagogis yang berbeda. Sebagian besar penelitian memosisikan AI sebagai tutor adaptif yang mengintegrasikan fungsi pemberian instruksi, scaffolding, latihan, dan umpan balik secara personal sesuai karakteristik peserta didik [13], [17], [20], [22]. Peran ini banyak diwujudkan melalui Generative AI dan Intelligent Tutoring System (ITS) yang mampu menyesuaikan materi, tingkat kesulitan, maupun strategi pembelajaran secara dinamis [16], [17], [18]. Di sisi lain, beberapa penelitian lebih menekankan fungsi AI sebagai feedback provider, yakni mendukung asesmen formatif melalui evaluasi otomatis, identifikasi kesalahan, dan rekomendasi belajar secara real-time [16], [24]. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa meskipun sama-sama berorientasi pada personalisasi pembelajaran, tutor adaptif berfokus pada pendampingan proses belajar, sedangkan feedback provider lebih berorientasi pada optimalisasi proses evaluasi pembelajaran.

Selain mendukung pembelajaran individual, sejumlah penelitian menunjukkan pergeseran fungsi AI menuju agen yang memfasilitasi interaksi belajar. Pergeseran ini tampak melalui berkembangnya conversational agent dan learning companion yang membangun dialog dua arah, memberikan dukungan motivasional, serta mendampingi proses konstruksi pengetahuan secara berkelanjutan [19], [21], [28]. Berbeda dengan tutor adaptif yang menitikberatkan penyampaian materi, pendekatan dialogis menempatkan AI sebagai mitra belajar yang mendorong eksplorasi ide, refleksi, dan komunikasi aktif peserta didik. Temuan ini mengindikasikan bahwa interaksi pedagogis berbasis AI tidak lagi terbatas pada penyampaian informasi, tetapi mulai mengakomodasi proses belajar yang lebih kolaboratif dan berpusat pada peserta didik.

Perkembangan konseptual lainnya menunjukkan bahwa AI tidak hanya menjalankan fungsi kognitif, tetapi juga mulai mengintegrasikan dimensi sosial dan afektif dalam pembelajaran. Hal tersebut tercermin pada pengembangan agen afektif, fasilitator pembelajaran, dan simulator pembelajaran yang dirancang untuk merespons kondisi emosional peserta didik, memediasi aktivitas kolaboratif, serta menyediakan pengalaman belajar berbasis simulasi [27], [35]. Dibandingkan penelitian-penelitian sebelumnya yang umumnya memanfaatkan AI untuk otomatisasi tugas akademik, studi-studi dalam tinjauan ini memperlihatkan kecenderungan yang lebih kuat menuju AI sebagai bagian dari orkestrasi pembelajaran, yaitu mendukung interaksi, pengalaman belajar kontekstual, dan pengambilan keputusan pedagogis secara adaptif.

Meskipun demikian, konseptualisasi AI sebagai agen pedagogis belum sepenuhnya konsisten di seluruh penelitian. Beberapa studi masih memosisikan AI sebagai teaching assistant, cognitive assistant, atau performance coach yang berperan mendukung aktivitas akademik, seperti pencarian informasi, penyusunan ide, pemantauan performa, maupun pemberian rekomendasi belajar [18], [37]. Berbeda dengan kelompok studi yang memberikan AI otonomi pedagogis lebih tinggi, pendekatan ini masih mempertahankan AI sebagai instrumen pendukung yang melengkapi peran pendidik. Variasi tersebut menunjukkan bahwa tingkat otonomi AI sangat dipengaruhi oleh tujuan pembelajaran, desain pedagogis, serta konteks implementasi yang digunakan pada masing-masing penelitian.

Secara keseluruhan, sintesis terhadap 25 artikel menunjukkan bahwa konseptualisasi AI dalam pendidikan telah bergeser dari sekadar teknologi pendukung menuju agen pedagogis yang memiliki spektrum fungsi semakin luas, mulai dari mendukung proses instruksional, asesmen formatif, interaksi dialogis, fasilitasi kolaborasi, simulasi pembelajaran, hingga dukungan afektif [14], [15], [16]. Berbeda dengan kajian literatur terdahulu yang umumnya mengelompokkan AI berdasarkan jenis teknologi atau aplikasi yang digunakan, hasil sintesis ini memperlihatkan bahwa perbedaan utama justru terletak pada tingkat otonomi pedagogis yang diberikan kepada AI dalam proses pembelajaran. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memetakan berbagai bentuk implementasi AI, tetapi juga menawarkan perspektif konseptual bahwa AI sebagai agen pedagogis berkembang secara bertahap dari peran pendukung menuju mitra pembelajaran yang semakin adaptif, interaktif, dan kontekstual, tanpa menghilangkan pentingnya peran pendidik sebagai pengarah utama proses pembelajaran [19], [30].

3.4 RQ2. Bagaimana kecerdasan buatan diintegrasikan ke dalam berbagai model pembelajaran inovatif dalam konteks pendidikan?

Berdasarkan sintesis terhadap 25 studi terpilih, integrasi kecerdasan buatan dalam pendidikan menunjukkan terjadinya transformasi arsitektur pedagogis pembelajaran digital dari model yang bersifat statis menuju lingkungan belajar yang adaptif, interaktif, dan berpusat pada peserta didik. AI tidak hanya ditambahkan sebagai teknologi pendukung pembelajaran, tetapi semakin diintegrasikan ke dalam mekanisme inti desain instruksional untuk mengatur personalisasi, dialog pedagogis, kolaborasi, simulasi, hingga regulasi belajar berbasis data dan interaksi *real-time* [15], [22], [25]. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi AI dalam pendidikan telah berkembang dari sekadar *automation tool* menjadi *pedagogical orchestration system* yang membentuk ulang cara peserta didik berinteraksi dengan materi, lingkungan belajar, dan proses pembelajaran itu sendiri. Berikut disajikan pemetaan antara model pembelajaran, pola integrasi AI, peran pedagogis, mekanisme pedagogis, bentuk interaktivitas, dan studi pendukung yang teridentifikasi dalam literatur melalui Tabel 6.

Tabel 6. Pemetaan Analitis Integrasi AI dalam Model Pembelajaran Inovatif

Model Pembelajaran	Pola Integrasi AI	Peran Pedagogis AI	Mekanisme Pedagogis	Bentuk Interaktivitas	Studi
<i>Personalized & Adaptive Learning</i>	AI diintegrasikan sebagai sistem adaptif yang menyesuaikan materi, <i>pacing</i> , tingkat kesulitan, dan <i>feedback</i> berdasarkan profil serta performa <i>learner</i>	<i>Adaptive tutor, learning companion, scaffolding agent</i>	<i>Dynamic personalization, adaptive feedback, individualized instruction</i>	Interaksi individual dan respons <i>real-time</i>	[13], [15], [16], [17], [20], [22], [23], [30]
<i>Conversational & Dialogic Learning</i>	AI diintegrasikan melalui <i>chatbot</i> dan <i>agent</i> berbasis LLM untuk membangun dialog pedagogis	<i>Conversational tutor, dialogic partner, feedback provider</i>	<i>Dialogic interaction, Socratic prompting, language mediation</i>	Interaksi dua arah berbasis percakapan natural	[14], [19], [21], [26], [28], [29]
<i>Collaborative Learning</i>	AI diintegrasikan sebagai mediator dan fasilitator kolaborasi dalam aktivitas pemecahan masalah bersama	<i>Collaborative mediator, facilitator</i>	<i>Co-construction of knowledge, collaborative orchestration, peer interaction support</i>	Interaksi sosial dan kerja kelompok berbasis <i>AI mediation</i>	[25], [32], [33]
<i>Simulation & Immersive Learning</i>	AI diintegrasikan dalam simulasi virtual, <i>mixed reality</i> , dan <i>role-play</i> adaptif	<i>Simulator, immersive facilitator</i>	<i>Experiential learning, situated learning, scenario-based interaction</i>	Interaksi multimodal dan <i>experiential</i>	[27], [34], [35]
<i>Self-Directed & Student-Centered Learning</i>	AI mendukung eksplorasi mandiri, refleksi, dan pengambilan keputusan belajar secara otonom	<i>Mentor, cognitive assistant, learning support agent</i>	<i>Learner autonomy, self-regulation, metacognitive support</i>	Interaksi mandiri berbasis rekomendasi dan refleksi	[18], [30], [31], [37]
<i>Intelligent Tutoring & Feedback-Oriented Learning</i>	AI diintegrasikan untuk diagnosis kesalahan, evaluasi otomatis, dan intervensi formatif <i>real-time</i>	<i>Intelligent tutor, feedback provider, performance coach</i>	<i>Formative assessment, real-time intervention, automated evaluation</i>	Interaksi evaluatif berbasis performa	[16], [24], [25], [36]

Model Pembelajaran	Pola Integrasi AI	Peran Pedagogis AI	Mekanisme Pedagogis	Bentuk Interaktivitas	Studi
<i>Cognitive-Affective Learning</i>	AI memanfaatkan <i>affective computing</i> dan <i>multimodal analytics</i> untuk menyesuaikan pembelajaran berdasarkan kondisi emosional dan kognitif <i>learner</i>	<i>Affective pedagogical agent</i>	<i>Emotional adaptation, cognitive-emotional regulation, affect-aware intervention</i>	Interaksi adaptif berbasis emosi dan beban kognitif	[14], [22], [23]

Berdasarkan Tabel 6, pola integrasi AI paling dominan berpusat pada personalisasi pembelajaran, terutama melalui model *personalized and adaptive learning*, *intelligent tutoring*, dan *feedback-oriented learning*. Pada kelompok ini, AI berfungsi menyesuaikan materi, tingkat kesulitan, scaffolding, serta umpan balik berdasarkan karakteristik dan performa peserta didik sehingga menghasilkan pembelajaran yang lebih responsif dan individual [13], [15], [17], [20]. Temuan tersebut menunjukkan bahwa fungsi utama AI dalam literatur saat ini bukan sekadar mengotomatisasi aktivitas pembelajaran, tetapi membangun mekanisme adaptasi pedagogis secara berkelanjutan.

Di luar pola adaptif tersebut, setiap model pembelajaran memperlihatkan orientasi integrasi AI yang berbeda. Pada *conversational and dialogic learning*, AI dimanfaatkan untuk membangun interaksi pedagogis berbasis dialog melalui chatbot dan conversational agent sehingga memperkuat komunikasi belajar [19], [21], [28]. Sebaliknya, pada *collaborative learning*, AI lebih berperan sebagai mediator yang mendukung ko-konstruksi pengetahuan dan koordinasi aktivitas kelompok [25], [32], [33]. Integrasi AI pada *simulation and immersive learning* menekankan penciptaan pengalaman belajar autentik melalui simulasi dan role-play adaptif [27], [34], [35], sedangkan pada *self-directed learning* AI lebih diarahkan sebagai pendamping belajar yang mendukung refleksi, regulasi diri, dan eksplorasi mandiri [18], [31]. Perbandingan ini menunjukkan bahwa fungsi pedagogis AI berubah mengikuti tujuan model pembelajaran, bukan ditentukan oleh teknologi AI itu sendiri.

Jika ditinjau secara menyeluruh, integrasi AI memperlihatkan pergeseran bertahap dari fungsi instruksional menuju orkestrasi pedagogis yang lebih kompleks. Pada tahap awal, AI terutama digunakan untuk personalisasi materi dan pemberian umpan balik otomatis. Selanjutnya, AI berkembang menjadi media dialog pembelajaran, fasilitator kolaborasi, lingkungan simulasi, hingga sistem yang mampu mempertimbangkan aspek kognitif dan afektif peserta didik melalui pendekatan *affective computing* dan *multimodal analytics* [14], [22], [23]. Pergeseran tersebut menunjukkan bahwa integrasi AI tidak lagi berorientasi pada efisiensi pembelajaran semata, tetapi semakin diarahkan untuk mengelola keseluruhan pengalaman belajar secara adaptif.

Secara keseluruhan, sintesis ini menunjukkan bahwa literatur tidak hanya menggambarkan beragam model pembelajaran berbantuan AI, tetapi juga memperlihatkan pola evolusi yang konsisten dari sistem adaptif menuju ekosistem pedagogis yang semakin dialogis, kolaboratif, imersif, dan berorientasi pada regulasi belajar peserta didik. Berbeda dengan kajian terdahulu yang umumnya mengulas efektivitas AI pada model pembelajaran tertentu, sintesis ini memperlihatkan bagaimana berbagai model tersebut membentuk suatu spektrum integrasi AI berdasarkan mekanisme pedagogis, bentuk interaktivitas, dan fungsi agen pedagogis yang saling melengkapi. Temuan ini menegaskan bahwa integrasi AI dalam pendidikan merupakan proses rekonfigurasi desain pembelajaran, bukan sekadar adopsi teknologi instruksional. Meskipun demikian, implementasinya tetap bergantung pada kualitas desain pedagogis, kesiapan pengguna, serta keseimbangan antara peran AI dan pendidik manusia [19], [30], [33].

3.5 RQ3. Bagaimana implikasi penggunaan kecerdasan buatan sebagai agen pedagogis terhadap luaran pembelajaran peserta didik?

Berdasarkan sintesis terhadap 25 studi terpilih, penggunaan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) sebagai agen pedagogis menunjukkan implikasi yang luas terhadap berbagai dimensi luaran pembelajaran peserta didik. Dampak tersebut tidak hanya terlihat pada peningkatan performa akademik, tetapi juga mencakup transformasi motivasi belajar, regulasi diri, keterlibatan emosional, interaksi kolaboratif, hingga pengalaman belajar yang lebih personal dan adaptif. Secara umum, literatur menunjukkan bahwa AI semakin berfungsi bukan sekadar sebagai alat bantu pembelajaran, melainkan sebagai entitas pedagogis yang mampu memengaruhi proses dan pengalaman belajar secara multidimensional.

Untuk memperjelas pola implikasi tersebut, Tabel 7 menyajikan pemetaan domain luaran pembelajaran, mekanisme pedagogis AI, dan studi-studi yang mendukung masing-masing temuan.

Tabel 7. Pemetaan Domain Implikasi AI terhadap Luaran Pembelajaran

Domain Luaran Pembelajaran	Bentuk Luaran	Mekanisme Pedagogis AI	Studi
<i>Cognitive and academic outcomes</i>	Peningkatan hasil belajar, kemampuan <i>problem solving</i> , HOTS, literasi, kompetensi bahasa, dan performa akademik	<i>Adaptive feedback, scaffolding, dialog Socratic</i> , latihan personalisasi, rekomendasi belajar berbasis performa, simulasi interaktif	[13], [15], [16], [17], [19], [20], [21], [24], [27], [28], [36]
<i>Behavioral and affective outcomes</i>	Peningkatan motivasi, <i>engagement, confidence, self-efficacy</i> , kepuasan belajar, dan penurunan <i>anxiety</i>	<i>Real-time interaction, empathic feedback, affective adaptation, immersive engagement, conversational interaction</i>	[13], [14], [22], [23], [25], [26], [28], [31]
<i>Self-regulated and personalized learning outcomes</i>	Peningkatan <i>self-regulation, metacognition, learner autonomy</i> , dan personalisasi pembelajaran	<i>Adaptive learning pathway, personalized pacing, automated formative feedback, reflective interaction</i>	[14], [15], [17], [23], [24], [30], [31]
<i>Collaborative and interactional outcomes</i>	Peningkatan <i>collaborative problem solving</i> , komunikasi, partisipasi, dan <i>dialogic interaction</i>	<i>Conversational AI, collaborative mediation, AI-assisted discussion, simulation and role-play</i>	[19], [26], [27], [32], [33], [34], [35]
<i>Experiential and immersive learning outcomes</i>	Peningkatan pengalaman belajar kontekstual, praktik klinis, <i>experiential learning</i> , dan keterlibatan simulatif	<i>Mixed reality integration, simulated patient, immersive simulation, interactive environment</i>	[27], [34], [35]
<i>Critical tensions and emerging risks</i>	Risiko <i>dependency</i> , penurunan <i>critical thinking</i> , isu etika, keterbatasan interaksi manusiawi, dan <i>over-reliance</i> terhadap AI	<i>Excessive automation, passive reliance, limited human pedagogical interaction</i>	[18], [19], [30], [37]

Berdasarkan Tabel 7, implikasi AI sebagai agen pedagogis paling konsisten terlihat pada peningkatan cognitive and academic outcomes, terutama melalui mekanisme personalisasi, scaffolding adaptif, dialog Socratic, serta umpan balik real-time yang mendukung peningkatan hasil belajar, kemampuan pemecahan masalah, HOTS, literasi, dan kompetensi bahasa [16], [20], [21], [27]. Temuan ini menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian masih memandang keberhasilan AI terutama melalui kemampuannya meningkatkan performa akademik peserta didik.

Di luar luaran akademik, sintesis menunjukkan bahwa dampak AI berkembang ke domain pembelajaran yang lebih luas. Luaran afektif muncul melalui peningkatan motivasi, keterlibatan, kepercayaan diri, dan regulasi emosi yang didukung interaksi adaptif dan *empathic feedback* [14], [23]. Pada saat yang sama, AI juga memperkuat *self-regulated learning* melalui personalisasi jalur belajar dan dukungan reflektif [14], [30], [31], serta meningkatkan kualitas interaksi kolaboratif dan pengalaman belajar berbasis simulasi melalui conversational AI, role-play, dan lingkungan *immersive* [19], [34], [35]. Perbandingan antar-domain tersebut menunjukkan bahwa implikasi AI tidak hanya berorientasi pada hasil belajar, tetapi juga pada proses belajar yang semakin personal, kolaboratif, dan kontekstual.

Bersamaan dengan berbagai manfaat tersebut, sintesis juga menunjukkan bahwa peningkatan luaran pembelajaran tidak selalu berlangsung tanpa konsekuensi. Beberapa studi mengidentifikasi risiko meningkatnya ketergantungan terhadap AI, penurunan kemampuan berpikir kritis, berkurangnya interaksi pedagogis manusia, serta munculnya persoalan etika akademik apabila penggunaan AI tidak disertai desain pembelajaran yang tepat [18], [19], [30], [37]. Temuan ini memperlihatkan bahwa efektivitas AI sebagai agen pedagogis tidak hanya ditentukan oleh kecanggihan teknologinya, tetapi juga oleh kualitas integrasi pedagogis yang mengatur hubungan antara AI, pendidik, dan peserta didik.

Secara keseluruhan, sintesis ini menunjukkan bahwa implikasi AI sebagai agen pedagogis membentuk spektrum luaran pembelajaran yang saling berkaitan, mulai dari peningkatan capaian akademik hingga penguatan dimensi afektif, regulasi diri, kolaborasi, dan pengalaman belajar berbasis simulasi. Berbeda dengan kajian terdahulu yang umumnya hanya menitikberatkan pada peningkatan performa akademik atau efektivitas teknologi AI secara terpisah, hasil sintesis ini memperlihatkan bahwa berbagai luaran tersebut muncul melalui mekanisme pedagogis yang berbeda namun saling melengkapi. Dengan demikian, kontribusi utama AI tidak hanya terletak

pada peningkatan hasil belajar, tetapi pada kemampuannya merekonfigurasi proses belajar menjadi lebih adaptif, interaktif, dan berpusat pada peserta didik. Meskipun demikian, manfaat tersebut tetap bergantung pada kualitas desain pedagogis, kesiapan pengguna, dan keseimbangan antara otomatisasi AI dengan peran pendidik manusia.

3.6 Research Gaps dan Tantangan Kritis Implementasi AI sebagai Agen Pedagogis

Meskipun literatur mengenai kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) sebagai agen pedagogis menunjukkan perkembangan yang sangat pesat, sintesis terhadap 25 studi terpilih mengindikasikan bahwa bidang ini masih menghadapi sejumlah kesenjangan konseptual, metodologis, pedagogis, dan implementatif yang signifikan. Temuan pada RQ1–RQ3 memperlihatkan bahwa mayoritas penelitian berfokus pada efektivitas *immediate learning outcomes*, seperti peningkatan performa akademik, *engagement*, motivasi, dan personalisasi pembelajaran melalui *conversational AI*, *Generative AI*, dan *Intelligent Tutoring System (ITS)* [13], [15], [20], [22]. Namun demikian, perkembangan implementasi AI dalam pendidikan masih lebih cepat dibanding perkembangan kerangka pedagogis dan evaluasi kritis yang mendasarinya.

Salah satu *research gap* utama terletak pada dominasi evaluasi jangka pendek dan minimnya bukti longitudinal terkait dampak pedagogis AI. Sebagian besar studi menggunakan desain eksperimen, *quasi-experiment*, atau *intervention-based study* dengan fokus pada peningkatan performa belajar setelah implementasi AI dalam periode terbatas [17], [24], [36]. Meskipun pendekatan tersebut berhasil menunjukkan efektivitas AI terhadap *cognitive outcomes*, literatur masih sangat terbatas dalam menjelaskan bagaimana interaksi jangka panjang dengan AI memengaruhi perkembangan *critical thinking*, *metacognitive maturity*, *learner dependency*, maupun *epistemic agency* peserta didik. Dengan kata lain, penelitian saat ini masih didominasi oleh *short-term performance orientation* dibanding eksplorasi mengenai *sustainability of pedagogical impact*.

Selain itu, hasil sintesis menunjukkan adanya *contextual concentration* dalam penelitian AI pendidikan. Mayoritas studi dilakukan pada pendidikan tinggi dengan tingkat literasi digital dan kesiapan teknologi yang relatif tinggi, khususnya pada bidang STEM, bahasa, kesehatan, dan pemrograman [16], [21], [27]. Sebaliknya, implementasi AI pada pendidikan dasar, pendidikan inklusif, pendidikan vokasional, maupun konteks *low-resource educational settings* masih sangat terbatas. Padahal, efektivitas AI sebagai agen pedagogis sangat dipengaruhi oleh karakteristik peserta didik, kesiapan infrastruktur, konteks sosial-budaya, dan kapasitas institusi pendidikan. Keterbatasan ini menunjukkan adanya *contextual generalizability gap*, di mana temuan-temuan yang ada belum cukup merepresentasikan keragaman ekosistem pendidikan secara global.

Dari perspektif konseptual, kajian ini juga menemukan bahwa sebagian besar implementasi AI masih cenderung *technology-driven* dibanding *pedagogy-driven*. Banyak penelitian menitikberatkan pada kemampuan *conversational AI*, kualitas respons LLM, personalisasi sistem, atau akurasi *adaptive feedback*, tetapi belum secara mendalam menjelaskan bagaimana teori pembelajaran diterjemahkan ke dalam desain pedagogis AI [30], [33]. Meskipun beberapa studi mengintegrasikan pendekatan *scaffolding*, dialog *Socratic*, *adaptive learning*, dan *collaborative learning* [15], [20], [32], literatur secara umum masih menunjukkan lemahnya integrasi antara *learning sciences* dan *AI system design*. Akibatnya, AI sering diposisikan sebagai instrumen otomatisasi pembelajaran dibanding sebagai bagian dari ekosistem pedagogis yang terstruktur secara teoritis.

Kesenjangan lain yang cukup menonjol adalah terbatasnya eksplorasi mengenai *human-AI pedagogical orchestration*. Hasil RQ1 dan RQ2 menunjukkan bahwa AI semakin dikonseptualisasikan sebagai tutor adaptif, *conversational partner*, *feedback provider*, dan *learning companion* [14], [15], [19]. Namun, sebagian besar studi masih berfokus pada interaksi langsung antara peserta didik dan AI, sementara peran guru dalam mengelola, memediasi, dan mengorkestrasi interaksi tersebut belum banyak dikaji secara sistematis. Padahal, beberapa penelitian menegaskan bahwa efektivitas AI tetap sangat bergantung pada kualitas desain pedagogis dan keterlibatan pendidik manusia [30], [37]. Hal ini menunjukkan adanya *teacher-AI integration gap* terkait distribusi peran, otoritas pedagogis, dan kolaborasi antara agen manusia dan agen AI dalam pembelajaran.

Di samping *research gaps* tersebut, sintesis literatur juga mengidentifikasi sejumlah tantangan kritis implementasi AI sebagai agen pedagogis. Salah satu tantangan utama adalah meningkatnya risiko *over-reliance* dan *cognitive dependency* terhadap AI. Penggunaan *Generative AI* yang terlalu intensif berpotensi mendorong *passive cognitive outsourcing*, yaitu kondisi ketika peserta didik semakin menyerahkan proses berpikir, analisis, dan pemecahan masalah kepada sistem AI [18]. Dalam jangka panjang, kondisi ini berisiko menurunkan kemampuan *critical thinking*, *reflective reasoning*, dan *independent problem solving* peserta didik, terutama jika AI digunakan tanpa mekanisme *scaffolding* pedagogis yang memadai.

Tantangan berikutnya berkaitan dengan keterbatasan kualitas interaksi pedagogis AI dibanding interaksi manusia. Meskipun *conversational AI* mampu menghasilkan dialog yang semakin natural dan responsif, beberapa studi menunjukkan bahwa AI masih memiliki keterbatasan dalam memahami konteks sosial, empati, nuansa emosional, dan kompleksitas komunikasi manusia [14], [19]. Pada konteks pembelajaran yang membutuhkan sensitivitas interpersonal, refleksi etis, atau dukungan afektif mendalam, AI belum mampu sepenuhnya

mereplikasi kualitas *relational pedagogy* yang dimiliki pendidik manusia. Temuan ini menunjukkan bahwa perkembangan AI pedagogis masih menghadapi *humanistic limitation* dalam membangun interaksi belajar yang benar-benar autentik.

Selain itu, isu etika dan tata kelola AI juga menjadi tantangan implementasi yang semakin penting. Integrasi AI dalam pendidikan melibatkan pengumpulan data perilaku belajar, analisis performa, hingga personalisasi berbasis data yang berpotensi menimbulkan risiko terkait privasi, bias algoritmik, transparansi sistem, dan keamanan data pengguna [22], [23]. Meskipun beberapa studi mulai membahas *ethical AI* dan *affect-aware systems*, mayoritas penelitian masih berorientasi pada efektivitas sistem dibanding pembangunan governance framework yang komprehensif. Akibatnya, perkembangan AI pendidikan belum sepenuhnya diimbangi oleh kesiapan regulasi, akuntabilitas algoritmik, dan perlindungan hak peserta didik.

Lebih lanjut, hasil sintesis menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi AI sangat dipengaruhi oleh kesiapan institusi pendidikan dan kompetensi pengguna. AI tidak dapat secara otomatis menghasilkan transformasi pembelajaran tanpa dukungan literasi AI, kesiapan pedagogis guru, infrastruktur digital, serta desain pembelajaran yang memadai [30], [33]. Dalam banyak kasus, kegagalan implementasi bukan disebabkan oleh keterbatasan teknologi AI itu sendiri, melainkan oleh lemahnya integrasi pedagogis dan rendahnya kapasitas institusional dalam membangun ekosistem pembelajaran berbasis AI secara berkelanjutan.

Secara keseluruhan, sintesis ini menunjukkan bahwa perkembangan AI sebagai agen pedagogis masih berada pada fase *emerging pedagogical transformation* yang ditandai oleh tingginya inovasi teknologi, namun belum sepenuhnya diikuti oleh kematangan pedagogis, etis, dan institusional. Oleh karena itu, penelitian masa depan perlu bergerak melampaui evaluasi efektivitas teknis menuju eksplorasi yang lebih kritis mengenai *sustainability of learning impact*, *human-AI pedagogical collaboration*, *ethical governance*, dan pengembangan *human-centered AI learning ecosystem* yang mampu menjaga keseimbangan antara otomatisasi teknologi dan nilai-nilai pedagogis dalam pendidikan.

3.7 Kerangka Konseptual dan Arah Penelitian Masa Depan

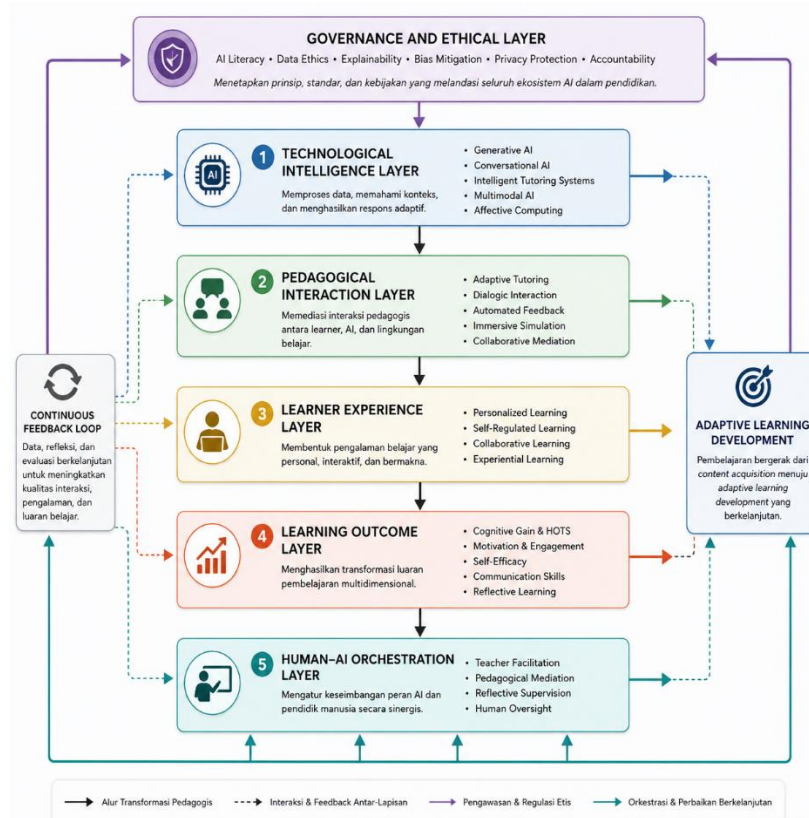
Sintesis terhadap hasil RQ1–RQ3 menunjukkan bahwa kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) dalam pendidikan telah berkembang dari sekadar teknologi pendukung menuju ekosistem pedagogis yang berperan dalam mengatur interaksi, personalisasi, pengalaman belajar, dan transformasi luaran pembelajaran secara multidimensional. Berdasarkan sintesis integratif tersebut, penelitian ini mengembangkan suatu kerangka konseptual yang memetakan hubungan antar lapisan utama dalam implementasi AI sebagai agen pedagogis. Kerangka ini dibangun untuk menjelaskan bagaimana teknologi AI diterjemahkan menjadi fungsi pedagogis, dimediasi melalui pengalaman belajar peserta didik, serta menghasilkan transformasi luaran pembelajaran dalam ekosistem pendidikan berbasis AI. Berikut disajikan kerangka konseptual implementasi AI sebagai agen pedagogis melalui Tabel 8.

Tabel 8. Kerangka Konseptual Integrasi AI sebagai Agen Pedagogis

Lapisan Konseptual	Fungsi Utama	Manifestasi dalam Pembelajaran	Implikasi Pedagogis
Technological Intelligence Layer	Memproses data, menghasilkan respons adaptif, dan mempersonalisasi interaksi belajar	<i>Generative AI, conversational AI, ITS, multimodal AI, affective computing</i>	Pembelajaran menjadi lebih responsif, adaptif, dan <i>data-driven</i>
Pedagogical Interaction Layer	Memediasi interaksi pedagogis antara peserta didik, AI, dan lingkungan belajar	<i>Adaptive tutoring, dialogic interaction, feedback automation, immersive simulation, collaborative mediation</i>	AI berfungsi sebagai tutor, fasilitator, mentor, dan <i>learning companion</i>
Learner Experience Layer	Membentuk pengalaman belajar yang personal, interaktif, dan partisipatif	<i>Personalized learning, self-regulated learning, experiential learning, collaborative learning</i>	Meningkatkan <i>engagement, autonomy</i> , dan <i>metacognitive learning</i>
Learning Outcome Layer	Menghasilkan transformasi luaran pembelajaran multidimensional	<i>HOTS, problem solving, motivation, communication skills, reflective learning</i>	Pembelajaran bergeser menuju <i>adaptive</i> dan <i>learner-centered development</i>

Lapisan Konseptual	Fungsi Utama	Manifestasi dalam Pembelajaran	Implikasi Pedagogis
<i>Human-AI Orchestration Layer</i>	Mengatur keseimbangan peran AI dan pendidik manusia	<i>Teacher facilitation, pedagogical mediation, reflective supervision</i>	AI berfungsi sebagai <i>pedagogical augmentation</i> , bukan substitusi guru
<i>Governance and Ethical Layer</i>	Menjamin keberlanjutan dan akuntabilitas implementasi AI	<i>AI literacy, explainability, privacy protection, bias mitigation, ethical governance</i>	Mendukung pengembangan <i>human-centered</i> dan <i>trustworthy AI ecosystem</i>

Selanjutnya, hubungan antar lapisan konseptual tersebut divisualisasikan dalam kerangka konseptual penelitian pada Gambar 2.



Gambar 2. Konseptual Integratif AI sebagai Agen Pedagogis dalam Ekosistem Pembelajaran Inovatif

Kerangka konseptual pada Gambar 2 merupakan sintesis integratif dari temuan RQ1–RQ3 yang menjelaskan hubungan antara kapabilitas teknologi AI, mekanisme pedagogis, pengalaman belajar peserta didik, hingga luaran pembelajaran dalam satu ekosistem yang saling terhubung. Berbeda dengan pendekatan yang memandang AI sebagai teknologi pendukung pembelajaran, kerangka ini menunjukkan bahwa AI berfungsi sebagai agen pedagogis yang memediasi proses pembelajaran melalui personalisasi, interaksi adaptif, kolaborasi, simulasi, dan regulasi belajar sehingga menghasilkan transformasi luaran pembelajaran secara multidimensional. Dengan demikian, implementasi AI dipahami sebagai suatu ekosistem pedagogis yang menghubungkan teknologi, proses pembelajaran, pengalaman belajar, dan tata kelola secara terpadu.

Secara konseptual, kerangka ini memiliki irisan dengan *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) yang menekankan pentingnya integrasi pengetahuan teknologi, pedagogi, dan konten dalam praktik pembelajaran [38]. Namun, TPACK berfokus pada kompetensi pendidik dalam mengintegrasikan teknologi ke dalam pembelajaran, sedangkan kerangka yang diusulkan memosisikan AI sebagai agen pedagogis yang mampu menjalankan fungsi adaptasi, pemberian umpan balik, dialog, dan mediasi pembelajaran secara langsung. Oleh

karena itu, fokus analisis bergeser dari kesiapan guru dalam memanfaatkan teknologi menuju bagaimana AI berinteraksi dengan peserta didik sebagai bagian dari proses pedagogis yang berlangsung secara dinamis.

Kerangka ini juga memperluas perspektif *Artificial Intelligence in Education* (AIED) yang umumnya menitikberatkan hubungan antara AI, peserta didik, dan pendidik dalam mendukung proses pembelajaran [39]. Berdasarkan sintesis literatur pada penelitian ini, implementasi AI tidak hanya ditentukan oleh kemampuan sistem dalam memberikan dukungan belajar, tetapi juga dipengaruhi oleh keseimbangan peran antara AI dan pendidik serta tata kelola implementasinya. Oleh karena itu, kerangka yang diusulkan menambahkan dua lapisan penting, yaitu *Human-AI Orchestration Layer* dan *Governance and Ethical Layer*, yang menegaskan bahwa efektivitas AI dalam pendidikan bergantung pada orkestrasi pedagogis oleh pendidik, literasi AI, transparansi sistem, perlindungan privasi, mitigasi bias algoritmik, dan akuntabilitas penggunaan AI. Penekanan ini sejalan dengan arah pengembangan *AI Competency Framework for Teachers* yang menempatkan dimensi etika, tata kelola, dan peran manusia sebagai fondasi implementasi AI yang bertanggung jawab dalam pendidikan [40].

Dengan demikian, kontribusi teoretis penelitian ini tidak hanya terletak pada pemetaan berbagai bentuk implementasi AI sebagai agen pedagogis, tetapi juga pada penyusunan kerangka konseptual yang mengintegrasikan enam lapisan utama, yaitu *Technological Intelligence Layer*, *Pedagogical Interaction Layer*, *Learner Experience Layer*, *Learning Outcome Layer*, *Human-AI Orchestration Layer*, dan *Governance and Ethical Layer*, ke dalam satu model yang utuh. Berbeda dengan kerangka sebelumnya yang cenderung berfokus pada aspek teknologi atau interaksi pembelajaran secara parsial, model ini menunjukkan bahwa transformasi pembelajaran berbasis AI merupakan hasil interaksi antar lapisan yang saling memengaruhi. Temuan ini memperluas diskursus mengenai AI sebagai agen pedagogis dengan menempatkan AI bukan sebagai pengganti pendidik, melainkan sebagai bagian dari ekosistem pembelajaran yang tetap bergantung pada desain pedagogis, keterlibatan manusia, dan tata kelola AI yang bertanggung jawab.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini melakukan tinjauan literatur sistematis untuk menyintesis peran kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) sebagai agen pedagogis dalam model pembelajaran inovatif serta mengembangkan kerangka konseptual yang menjelaskan hubungan antara kapabilitas AI, fungsi pedagogis, mekanisme pembelajaran, dan luaran pembelajaran peserta didik. Berdasarkan analisis terhadap 25 artikel terpilih, penelitian ini menunjukkan bahwa AI dalam pendidikan telah mengalami pergeseran dari sekadar alat bantu teknologi menuju agen pedagogis yang berperan dalam membimbing, memfasilitasi, memberikan umpan balik, memediasi interaksi, dan mempersonalisasi pengalaman belajar. Pergeseran tersebut menunjukkan bahwa nilai AI dalam pendidikan tidak lagi terletak pada kemampuan mengotomatisasi tugas pembelajaran, tetapi pada kemampuannya mendukung orkestrasi proses pedagogis yang lebih adaptif, interaktif, dan berpusat pada peserta didik.

Sintesis literatur menunjukkan bahwa AI dikonseptualisasikan sebagai spektrum agen pedagogis, mulai dari tutor adaptif, *feedback provider*, *conversational agent*, *learning companion*, fasilitator, simulator, hingga agen afektif. Integrasinya dalam berbagai model pembelajaran inovatif juga memperlihatkan evolusi dari pemanfaatan AI sebagai alat otomatisasi menuju *pedagogical orchestration* yang mendukung personalisasi, dialog, kolaborasi, simulasi, dan evaluasi pembelajaran secara dinamis. Implikasi penggunaan AI pun tidak hanya tercermin pada peningkatan luaran kognitif, seperti performa akademik, *problem solving*, dan *higher-order thinking skills* (HOTS), tetapi juga meluas pada aspek motivasi, *engagement*, regulasi diri, metakognisi, kolaborasi, dan pengalaman belajar peserta didik. Namun demikian, efektivitas implementasi AI tetap sangat dipengaruhi oleh kualitas desain pedagogis, kesiapan pengguna, literasi AI, serta keseimbangan antara peran AI dan pendidik.

Kontribusi utama penelitian ini adalah pengembangan kerangka konseptual integratif yang memosisikan AI sebagai bagian dari *human-centered AI pedagogical ecosystem*. Berbeda dengan kajian sebelumnya yang umumnya hanya menjelaskan hubungan antara teknologi dan pembelajaran, kerangka yang diusulkan menjelaskan mekanisme transformasi bagaimana kapabilitas AI diterjemahkan menjadi fungsi pedagogis, membentuk pengalaman belajar, menghasilkan luaran pembelajaran, serta tetap diarahkan melalui *human-AI orchestration* dan *governance and ethical layer*. Kerangka ini diharapkan dapat menjadi landasan konseptual bagi penelitian maupun pengembangan implementasi AI dalam pendidikan pada masa mendatang.

Temuan penelitian ini juga memberikan implikasi praktis bagi berbagai pemangku kepentingan. Bagi pendidik, AI perlu dimanfaatkan sebagai mitra pedagogis untuk mendukung diferensiasi pembelajaran, scaffolding adaptif, dan umpan balik formatif, bukan sebagai pengganti peran guru. Bagi institusi pendidikan, implementasi AI perlu didukung oleh penguatan kompetensi pendidik, infrastruktur digital, serta tata kelola penggunaan AI yang jelas. Sementara itu, pembuat kebijakan perlu mendorong pengembangan regulasi yang menjamin implementasi AI yang etis, transparan, akuntabel, dan berpusat pada manusia sehingga transformasi digital pendidikan dapat berlangsung secara bertanggung jawab dan berkelanjutan.

Penelitian selanjutnya perlu menguji kerangka konseptual yang diusulkan melalui studi empiris pada berbagai jenjang dan konteks pendidikan, sekaligus mengeksplorasi model *human-AI pedagogical orchestration*, *ethical and explainable AI*, serta dampak jangka panjang penggunaan AI terhadap perkembangan kognitif, afektif, dan sosial peserta didik. Dengan demikian, pengembangan AI dalam pendidikan diharapkan tidak hanya menghasilkan inovasi teknologi, tetapi juga memperkuat kualitas pedagogis, nilai-nilai humanistik, dan keberlanjutan ekosistem pembelajaran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Wang, F. Wang, Z. Zhu, J. Wang, T. Tran, and Z. Du, "Artificial intelligence in education: A systematic literature review," Oct. 15, 2024, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.eswa.2024.124167.
- [2] T. Matos, W. Santos, E. Zdravevski, P. J. Coelho, I. M. Pires, and F. Madeira, "A systematic review of artificial intelligence applications in education: Emerging trends and challenges," Jun. 01, 2025, *Elsevier Inc.* doi: 10.1016/j.dajour.2025.100571.
- [3] A. Fortuna *et al.*, "Artificial intelligence in personalized learning: A global systematic review of current advancements and shaping future opportunities," Jan. 01, 2025, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.ssaho.2025.102114.
- [4] D. Maulidiya, B. Nugroho, H. B. Santoso, and Z. A. Hasibuan, "Thematic evolution of smart learning environments, insights and directions from a 20-year research milestones: A bibliometric analysis," Mar. 15, 2024, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e26191.
- [5] S. Yamtinah, A. Wiyarsi, H. R. Widarti, A. S. Shidiq, and D. G. Ramadhani, "Fine-tuning AI models for enhanced consistency and precision in chemistry educational assessments," *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 8, Jun. 2025, doi: 10.1016/j.caeai.2025.100399.
- [6] H. Chniti, A. Hadyaoui, and L. Cheniti-Belcadhi, "Multi-Intelligent Agents and Generative AI in Learner Assessment: A Scoping Review of Research Trends, Challenges, and Hybrid Opportunities," in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2025, pp. 3340–3351. doi: 10.1016/j.procs.2025.09.459.
- [7] M. Amzalag, D. Beimel, and R. Zvriel-Girshin, "Learning in hybrid times: Comparing student experiences in traditional and GenAI-supported instruction," *Computers and Education Open*, vol. 9, Dec. 2025, doi: 10.1016/j.caeo.2025.100313.
- [8] M. Pinski and A. Benlian, "AI literacy for users – A comprehensive review and future research directions of learning methods, components, and effects," *Computers in Human Behavior: Artificial Humans*, vol. 2, no. 1, p. 100062, Jan. 2024, doi: 10.1016/j.chbah.2024.100062.
- [9] X. Tan, G. Cheng, and M. H. Ling, "Artificial intelligence in teaching and teacher professional development: A systematic review," Jun. 01, 2025, *Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.caeai.2024.100355.
- [10] J. Fombona, J. M. Sáez, and S. Sánchez, "Artificial intelligence and robotics in education: Advances, challenges, and future perspectives," Jan. 01, 2025, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.ssaho.2025.101533.
- [11] J. Xiang *et al.*, "A systematic literature review of Human-Machine Cooperation in Maritime Autonomous Surface Ships," *Autonomous Transportation Research*, Oct. 2025, doi: <https://doi.org/10.1016/j.atres.2025.10.001>.
- [12] A. A. Veroniki *et al.*, "Updating the PRISMA reporting guideline for network meta-analysis: a scoping review," *J. Clin. Epidemiol.*, p. 111985, Dec. 2025, doi: 10.1016/j.jclinepi.2025.111985.
- [13] U. Hijriyah, R. N. Edi, M. Aridan, H. U. Hashim, Erlina, and G. C. Kesuma, "How Effective Is SUNO.AI in Enhancing Arabic Listening Skills? An Evaluation of AI-Based Personalized Learning," *International Journal of Information and Education Technology*, vol. 15, no. 2, pp. 391–407, 2025, doi: 10.18178/ijiet.2025.15.2.2251.
- [14] E. Ortega-Ochoa, J. Quiroga Pérez, M. Arguedas, T. Daradoumis, and J. M. Marquès Puig, "The effectiveness of empathic chatbot feedback for developing computer competencies, motivation, self-regulation, and metacognitive reasoning in online higher education," *Internet of Things (Netherlands)*, vol. 25, Apr. 2024, doi: 10.1016/j.iot.2024.101101.
- [15] B. C. Kuo, Z. E. Bai, and C. H. Lin, "Developing an AI learning companion for mathematics problem solving in elementary schools," *Comput. Educ.*, vol. 240, Jan. 2026, doi: 10.1016/j.compedu.2025.105463.
- [16] L. Na Nongkhai, J. Wang, A. Wynn, and T. Mendori, "Evaluating adaptive and generative AI-based feedback and recommendations in a knowledge-graph-integrated programming learning system," *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 10, Jun. 2026, doi: 10.1016/j.caeai.2025.100526.

-
- [17] K. Y. Lin, M. H. Li, F. ying Lo, H. C. Huang, K. Matsuno, and R. Watanabe, "Adaptive learning with human factors and Artificial Intelligence: associations with training effectiveness in programming education," *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 110, Nov. 2025, doi: 10.1016/j.ergon.2025.103834.
 - [18] R. S. K. Yeung, R. Tian, D. K. W. Chiu, and S. P. M. Choi, "University students' perceptions on how generative artificial intelligence shape learning and research practices: A case study in Hong Kong," *..*, vol. 51, no. 5, Sep. 2025, doi: 10.1016/j.acalib.2025.103082.
 - [19] S. Quan, X. Tu-Shea, Y. Ding, Y. Du, Q. Zheng, and L. E. Gerdich, "Conversational AI in children's home literacy learning: effectiveness, advantages, challenges, and family perception," *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 10, Jun. 2026, doi: 10.1016/j.caeai.2026.100549.
 - [20] J. Liu, D. Sun, J. Sun, J. Wang, and P. L. H. Yu, "Designing a generative AI enabled learning environment for mathematics word problem solving in primary schools: Learning performance, attitudes and interaction," *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 9, Dec. 2025, doi: 10.1016/j.caeai.2025.100438.
 - [21] M. Ö. Grab, "Integrated AI chatbot practice: A pathway to improved ESL speaking skills," *Social Sciences and Humanities Open*, vol. 12, Jan. 2025, doi: 10.1016/j.ssaho.2025.101933.
 - [22] K. Kong, H. F. Isleem, R. Aluvalu, G. G. Tejani, and A. S. M. Metwally, "Real-time cognitive and emotional state tracking in intelligent tutoring systems for enhanced learning outcomes," *J. Big Data*, vol. 12, no. 1, Dec. 2025, doi: 10.1186/s40537-025-01333-0.
 - [23] Q. Dong, "Fuzzy Sentiment Analysis for Improving German Learning in Corpus-Based Deep Learning Approaches," *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies*, vol. 20, no. 1, 2025, doi: 10.4018/IJWLTT.383940.
 - [24] Y. Huang, C. Palermo, and J. Wilson, "Identifying active ingredients and uptake patterns in the implementation of an AI-based writing support tool: Insights from a randomized controlled trial," *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 9, Dec. 2025, doi: 10.1016/j.caeai.2025.100479.
 - [25] N. Oshanova, G. Bolshevikovna, N. Tekesbayeva, S. Turashova, G. Anuarbekova, and A. Bukanova, "Assessing the Efficacy of an Artificial Intelligence-Driven Real-Time Exercise Monitoring System in Computer," *Retos*, vol. 67, pp. 580–596, 2025, doi: 10.47197/retos.v67.114.
 - [26] F. Xiao *et al.*, "Leveraging an LLM-enhanced bilingual conversational agent for EFL children's dialogic reading: Insights from children, parents, and educators," *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 9, Dec. 2025, doi: 10.1016/j.caeai.2025.100484.
 - [27] D. Song *et al.*, "Effects of generative artificial intelligence on higher-order thinking skills and artificial intelligence literacy in nursing undergraduates: A quasi-experimental study," *Nurse Educ. Pract.*, vol. 88, Oct. 2025, doi: 10.1016/j.nepr.2025.104549.
 - [28] O. Boiko, G. Norik, G. Vyshnevskya, L. Derevianko, and T. Gruba, "INTERACTIVE LEARNING OF THE UKRAINIAN LANGUAGE AMONG STUDENTS USING AI-BASED CHATBOTS," *Journal of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University*, vol. 13, no. 1, pp. 43–55, Mar. 2026, doi: 10.15330/jpnu.13.1.43-55.
 - [29] B. Alsafari, E. Atwell, A. Walker, and M. Callaghan, "Towards effective teaching assistants: From intent-based chatbots to LLM-powered teaching assistants," *Natural Language Processing Journal*, vol. 8, Sep. 2024, doi: 10.1016/j.nlp.2024.100101.
 - [30] H. T. Ingason *et al.*, "Personalised learning in project management education: Insights from an artificial intelligence-driven chatbot," *Project Leadership and Society*, vol. 6, Dec. 2025, doi: 10.1016/j.plas.2025.100193.
 - [31] D. Holtbrügge, L. Wicht, and T. Bernhard, "The use and usefulness of artificial intelligence in international business education. Evidence from a field study," *International Journal of Management Education*, vol. 23, no. 3, Dec. 2025, doi: 10.1016/j.ijme.2025.101258.
 - [32] T. Al Shloul *et al.*, "Role of activity-based learning and ChatGPT on students' performance in education," Jun. 01, 2024, *Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.caeai.2024.100219.
 - [33] S. Aslan *et al.*, "An early investigation of collaborative problem solving in conversational AI-mediated learning environments," *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 8, Jun. 2025, doi: 10.1016/j.caeai.2025.100393.

-
- [34] G. G. Constantinescu, D. Sillion, and A. Iftene, "Using Artificial Intelligence and Mixed Realities to Create Educational Applications of the Future," in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2024, pp. 3313–3322. doi: 10.1016/j.procs.2024.09.308.
- [35] C. A. McCarrick *et al.*, "A Randomized Controlled Trial of a Deep Language Learning Model-Based Simulation Tool for Undergraduate Medical Students in Surgery," *J. Surg. Educ.*, vol. 82, no. 9, Sep. 2025, doi: 10.1016/j.jsurg.2025.103629.
- [36] Z. Yin, E. Karakaya, K. Bass, and H. Cai, "Arthur: An artificial intelligence powered teaching assistant system for Engineering Economics class," *Int. J. Artif. Intell. Educ.*, vol. 36, no. 1–2, p. 100003, Mar. 2026, doi: 10.1016/j.ijaied.2026.100003.
- [37] M. E. Armstrong, P. Bright, S. Glen, D. Marshall, and M. C. Jones, "Can artificial intelligence help with the development of generic clinical skills when breaking bad news? A quantitative evaluation," *Clinical Medicine, Journal of the Royal College of Physicians of London*, vol. 26, no. 3, May 2026, doi: 10.1016/j.clinme.2026.100562.
- [38] P. Mishra and M. J. Koehler, "Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge," *Teach. Coll. Rec.*, vol. 108, no. 6, pp. 1017–1054, 2006.
- [39] W. Holmes, M. Bialik, and C. Fadel, *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*. Boston, MA: Center for Curriculum Redesign (CCR). Boston, MA, USA: Publisher: Center for Curriculum Redesign (CCR), 2022.
- [40] UNESCO, *AI Competency Framework for Teachers*. Paris: UNESCO, 2024.