

Peran *Artificial Intelligence* dalam Pembelajaran Matematika berbasis STEM terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematis

Siti Umi Fadilah¹, Imam Sujarwo²

^{1,2}Magister Pendidikan Matematika,

^{1,2}Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Indonesia

Email: sitiumif66@gmail.com

Corresponding Author: Siti Umi Fadilah

ABSTRAK

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan atau *Artificial Intelligence* (AI) berpotensi besar mentransformasi pendidikan, namun kajian sistematis mengenai integrasinya dalam pembelajaran matematika berbasis STEM dan dampaknya terhadap berpikir kritis masih terbatas. Penelitian ini bertujuan menganalisis peran *Artificial Intelligence* (AI) dalam pembelajaran matematika berbasis *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) terhadap kemampuan berpikir kritis matematis. Penelitian menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) dengan menganalisis artikel terindeks Scopus dan Sinta yang diterbitkan pada periode 2021–2026. Berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi, diperoleh 22 artikel yang memenuhi syarat untuk dianalisis. Hasil kajian menunjukkan bahwa integrasi AI dalam pembelajaran matematika berbasis STEM mampu meningkatkan efektivitas pembelajaran melalui pengalaman belajar yang adaptif, personal, dan interaktif. AI berperan sebagai *cognitive scaffolding* yang mendukung pemahaman konsep, memperbaiki miskonsepsi, serta mengembangkan kemampuan analisis, evaluasi, penalaran logis, dan pemecahan masalah matematis. Efektivitas AI semakin optimal ketika diintegrasikan dengan model pembelajaran aktif, seperti *Problem-Based Learning* dan *Guided Inquiry*. Namun, penggunaan AI secara pasif berpotensi menimbulkan ketergantungan kognitif dan belum sepenuhnya efektif dalam menyelesaikan permasalahan matematika yang kompleks. Oleh karena itu, implementasi AI memerlukan strategi pedagogis yang tepat dan pendampingan guru agar mampu mengoptimalkan pengembangan kemampuan berpikir kritis matematis.

Kata Kunci: *Artificial Intelligence*; Berpikir Kritis Matematis; Pembelajaran Matematika; STEM.

ABSTRACT

The advancement of *Artificial Intelligence* (AI) technology holds great potential to transform education, yet systematic reviews focused on its integration into STEM-based mathematics learning and its impact on critical thinking remain scarce. This study aims to analyze the role of *Artificial Intelligence* (AI) in STEM-based mathematics learning for enhancing students' mathematical critical thinking skills. A *Systematic Literature Review* (SLR) was conducted by reviewing Scopus- and Sinta-indexed articles published between 2021-2026. Based on the predefined inclusion and exclusion criteria, 22 eligible studies were selected for analysis. The findings indicate that integrating AI into STEM-based mathematics learning enhances instructional effectiveness by providing adaptive, personalized, and interactive learning experiences. AI serves as a *cognitive scaffolding* tool that supports conceptual understanding, reduces misconceptions, and improves students' analytical reasoning, evaluation, logical reasoning, and mathematical problem-solving skills. Its effectiveness is further strengthened when integration with active learning models, such as *Problem-Based Learning* and *Guided Inquiry*. Nevertheless, passive use of AI may lead to cognitive dependency and remains insufficient for solving complex mathematical problems. Therefore, effective AI implementation requires appropriate

pedagogical strategies and continuous teacher guidance to maximize the development of students' mathematical critical thinking skills.

Keywords: Artificial Intelligence; Mathematical Critical Thinking; Mathematics Learning; STEM.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi pada era Revolusi Industri 4.0 serta Society 5.0 telah membawa perubahan yang signifikan dalam berbagai aspek kehidupan, terutama di bidang pendidikan. Salah satu inovasi teknologi yang semakin banyak diterapkan dalam dunia pendidikan adalah *Artificial Intelligence* (AI), yaitu teknologi yang memungkinkan komputer atau sistem digital meniru kemampuan kognitif manusia, seperti belajar, menganalisis, memecahkan masalah, dan mengambil keputusan. Menurut Chen dan Chen (2020) serta Holmes et al. (2022), AI dalam bidang pendidikan dimanfaatkan untuk mendukung proses pembelajaran yang bersifat adaptif, personal, dan interaktif sehingga mampu meningkatkan kualitas pembelajaran serta hasil belajar peserta didik.

Dalam pembelajaran matematika, pemanfaatan AI terus mengalami perkembangan melalui berbagai aplikasi, seperti *Intelligent Tutoring System* (ITS), *chatbot*, *adaptive learning system*, dan *learning analytics*. Berbagai teknologi tersebut memungkinkan peserta didik memperoleh umpan balik secara langsung, rekomendasi materi yang sesuai dengan tingkat kemampuan, serta bantuan dalam menyelesaikan permasalahan matematika secara mandiri. Hwang (2021) menyatakan bahwa AI dalam pendidikan matematika memiliki potensi yang besar untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran melalui personalisasi materi, analisis kesalahan peserta didik, serta penyediaan *scaffolding* yang dapat membantu mereka memahami konsep matematika secara lebih mendalam.

Di sisi lain, perkembangan pendidikan abad ke-21 menuntut peserta didik memiliki berbagai keterampilan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills* atau HOTS), salah satunya adalah kemampuan berpikir kritis matematis. Kemampuan berpikir kritis matematis merupakan kemampuan peserta didik dalam menganalisis informasi, mengevaluasi argumen, menginterpretasikan data, serta mengambil keputusan secara logis untuk menyelesaikan permasalahan matematika (Ennis, 1991; Facione, 2013). Kemampuan ini menjadi sangat penting karena pembelajaran matematika tidak hanya menekankan pada keterampilan berhitung, tetapi juga pada proses berpikir yang sistematis, logis, dan rasional. Namun demikian, berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis matematis peserta didik masih berada pada kategori sedang hingga rendah. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya inovasi pembelajaran yang mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis matematis secara lebih optimal.

Salah satu pendekatan pembelajaran yang dinilai mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis matematis adalah pembelajaran berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). Pendekatan STEM mengintegrasikan empat disiplin ilmu, yaitu sains, teknologi, teknik, dan matematika, dalam konteks pemecahan masalah nyata. Menurut Kelley dan Knowles (2016), pembelajaran berbasis STEM mendorong peserta didik untuk melakukan investigasi, berpikir analitis, merancang solusi, serta mengevaluasi hasil sehingga mampu meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi, termasuk kemampuan berpikir kritis.

Integrasi AI dalam pembelajaran matematika berbasis STEM merupakan suatu inovasi yang menarik untuk dikaji. AI dapat mendukung implementasi pembelajaran STEM melalui penyediaan lingkungan belajar yang interaktif, adaptif, dan berbasis data. Selain itu, AI memungkinkan peserta didik memperoleh pengalaman belajar yang

lebih personal sehingga dapat meningkatkan kemampuan mereka dalam menganalisis, mengevaluasi, serta menyelesaikan permasalahan matematika secara kritis.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan AI dalam pembelajaran berbasis STEM mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik, kemampuan pemecahan masalah, serta kemampuan berpikir matematis (Darayseh, 2025; Xu & Ouyang, 2022). Meskipun demikian, kajian yang secara khusus membahas peran *Artificial Intelligence* dalam pembelajaran matematika berbasis STEM terhadap kemampuan berpikir kritis matematis masih relatif terbatas. Sebagian besar penelitian lebih berfokus pada penggunaan AI dalam pembelajaran secara umum atau hanya mengkaji implementasi STEM tanpa mengintegrasikannya dengan pemanfaatan AI dan pengembangan kemampuan berpikir kritis matematis secara komprehensif. Oleh karena itu, diperlukan kajian yang sistematis untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mensintesis berbagai hasil penelitian yang berkaitan dengan topik tersebut.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) untuk mengkaji secara mendalam peran *Artificial Intelligence* dalam pembelajaran matematika berbasis STEM, pengaruhnya terhadap kemampuan berpikir kritis matematis, serta implikasi penerapannya dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis matematis. Hasil kajian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang komprehensif mengenai manfaat, tantangan, serta peluang pengembangan AI dalam pembelajaran matematika berbasis STEM sebagai salah satu inovasi pembelajaran pada masa yang akan datang.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis hasil penelitian yang berkaitan dengan pemanfaatan *Artificial Intelligence* (AI) dalam pembelajaran matematika berbasis STEM serta implikasinya terhadap kemampuan berpikir kritis matematis. Tahapan penelitian mengacu pada prosedur SLR yang meliputi *developing research questions, selection criteria, developing the search strategy, study selection process, coding studies, appraising the quality of studies*, dan *synthesis of results*.

Tahap 1. *Developing Research Questions*

Tahap pertama adalah merumuskan pertanyaan penelitian (*Research Questions/RQ*) sebagai pedoman dalam proses penelusuran, seleksi, analisis, dan sintesis literatur. Pertanyaan penelitian yang dikembangkan adalah sebagai berikut.

- RQ1: Bagaimana peran *Artificial Intelligence* dalam pembelajaran matematika berbasis STEM?
- RQ2: Bagaimana pengaruh *Artificial Intelligence* terhadap kemampuan berpikir kritis matematis?
- RQ3: Bagaimana implikasi penggunaan *Artificial Intelligence* dalam pembelajaran matematika berbasis STEM terhadap kemampuan berpikir kritis matematis?

Tahap 2. *Selection Criteria*

Proses pemilihan artikel dilakukan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi agar literatur yang dianalisis sesuai dengan tujuan penelitian. Kriteria tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Aspek	Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
Tahun Publikasi	Artikel terbit tahun 2021–2026	Artikel terbit sebelum tahun 2021
Jenis Publikasi	Artikel pada jurnal ilmiah nasional maupun internasional	Skripsi, tesis, disertasi, prosiding, buku, dan artikel non-jurnal
Topik Penelitian	Membahas AI dalam pembelajaran matematika berbasis STEM dan/atau kemampuan berpikir kritis matematis	Tidak relevan dengan topik penelitian
Variabel Penelitian	Mengkaji AI, pembelajaran matematika berbasis STEM, atau kemampuan berpikir kritis matematis	Tidak membahas variabel tersebut
Subjek Penelitian	Peserta didik, mahasiswa, guru, dosen, atau tenaga pendidik	Subjek di luar konteks pendidikan
Bahasa	Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris	Bahasa selain Indonesia dan Inggris
Jenis Penelitian	Penelitian kuantitatif, kualitatif, mixed methods, maupun SLR	Artikel opini, editorial, atau esai
Akses Artikel	Artikel tersedia dalam bentuk full-text	Artikel tidak dapat diakses secara penuh

Tahap 3. *Developing the Search Strategy*

Penelusuran literatur dilakukan secara sistematis menggunakan aplikasi *Publish or Perish* (PoP) dengan memanfaatkan basis data Google Scholar, Scopus, dan Web of Science. Strategi pencarian menggunakan kombinasi kata kunci dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris, yaitu "*Artificial Intelligence dalam pembelajaran matematika berbasis STEM*", "*Artificial Intelligence in STEM-based mathematics learning*", dan "*Artificial Intelligence and mathematical thinking skills*". Kombinasi kata kunci dilakukan menggunakan operator Boolean (AND, OR, dan NOT) untuk memperoleh hasil pencarian yang lebih spesifik dan relevan.

Berdasarkan proses penelusuran tersebut diperoleh 146 artikel yang selanjutnya diproses pada tahap seleksi.

Tahap 4. *Study Selection Process*

Sebanyak 146 artikel yang diperoleh kemudian diseleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Proses seleksi dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah *screening* berdasarkan judul dan abstrak untuk mengidentifikasi kesesuaian artikel dengan topik penelitian. Tahap kedua dilakukan melalui *full-text review* untuk memastikan bahwa artikel memenuhi seluruh kriteria yang telah ditetapkan.

Hasil seleksi menunjukkan bahwa sebanyak 22 artikel memenuhi seluruh kriteria inklusi dan dinyatakan layak untuk dianalisis lebih lanjut.

Tahap 5. *Coding Studies*

Seluruh artikel yang lolos seleksi kemudian diberikan kode untuk mempermudah proses identifikasi, analisis, dan sintesis data. Setiap artikel diberi kode mulai dari CJ01 sampai CJ22 sebagaimana disajikan pada Tabel 2. Selain kode artikel, dilakukan pula pencatatan informasi mengenai penulis, tahun publikasi, indeks jurnal, nama jurnal, metode penelitian, objek penelitian, serta temuan utama sebagai dasar analisis.

Tahap 6. *Appraising the Quality of Studies*

Penilaian kualitas artikel dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh literatur yang dianalisis berasal dari sumber yang kredibel. Evaluasi kualitas dilakukan berdasarkan beberapa indikator, yaitu:

1. artikel diterbitkan pada jurnal nasional terakreditasi (SINTA) atau jurnal internasional bereputasi (Scopus/Web of Science);
2. artikel tersedia dalam bentuk *full-text*;
3. artikel memiliki tujuan, metode, dan hasil penelitian yang jelas; dan
4. artikel relevan dengan fokus penelitian mengenai Artificial Intelligence, pembelajaran matematika berbasis STEM, dan kemampuan berpikir kritis matematis.

Artikel yang memenuhi seluruh indikator tersebut dinyatakan layak untuk dianalisis.

Tahap 7. *Synthesis of Results*

Tahap terakhir adalah melakukan sintesis terhadap 22 artikel terpilih untuk menjawab ketiga pertanyaan penelitian yang telah dirumuskan sebelumnya. Sintesis dilakukan secara deskriptif dengan mengelompokkan hasil penelitian berdasarkan tema, karakteristik penelitian, metode yang digunakan, serta temuan utama terkait peran Artificial Intelligence dalam pembelajaran matematika berbasis STEM dan pengaruhnya terhadap kemampuan berpikir kritis matematis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini disusun berdasarkan pertanyaan penelitian yang telah dibuat sebelumnya sehingga akan disajikan pada beberapa artikel yang ditinjau dari tahun publikasi, tingkat pendidikan, topik matematika dan metode penelitian berdasarkan penerapan PRISMA.

Table 2. Identifikasi Peran *Artificial Intelligence* Dalam Pembelajaran Matematika Berbasis Stem Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematis

Kode Artikel	Judul Penelitian	Metode	Subjek	Hasil Temuan
CJ01	<i>The Efficacy of Utilizing Artificial Intelligence Techniques in Developing Critical Thinking in Mathematics Among Secondary School Students and Their Attitudes Toward It</i>	Kuantitatif	Siswa	Pemanfaatan AI meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa, terutama pada aspek deduksi, inferensi, dan evaluasi, serta membentuk sikap yang lebih positif terhadap pembelajaran matematika.
CJ02	<i>The Influence of Artificial Intelligence on Critical Thinking Ability in Mathematics: A Systematic Literature Review</i>	Kualitatif	Siswa	Penggunaan AI, khususnya dalam pembelajaran interaktif, berkontribusi positif terhadap perkembangan kemampuan berpikir

				kritis, penalaran logis, pemecahan masalah, dan pemahaman konseptual matematika.
CJ03	<i>The Influence of Using Artificial Intelligence on Students' Critical Thinking</i>	Kuantitatif	Mahasiswa	Penggunaan AI berpengaruh positif dan signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis mahasiswa.
CJ04	<i>STEM Learning: The Key to Developing Critical Thinking Skills in Students</i>	Kualitatif	Siswa dan Mahasiswa	Pembelajaran berbasis STEM terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik.
CJ05	<i>Kajian Literatur tentang Integrasi AI dalam Pendidikan Matematika: Potensi dan Tantangan</i>	Systematic Literature Review (SLR)	15 artikel jurnal ilmiah	Integrasi ChatGPT dalam pembelajaran matematika meningkatkan efisiensi dan personalisasi pembelajaran, namun masih menghadapi tantangan berupa ketergantungan siswa serta keterbatasan AI dalam menyelesaikan masalah yang kompleks.
CJ06	<i>Integrating Generative AI into STEM Education: Enhancing Conceptual Understanding, Addressing Misconceptions, and Assessing Student Acceptance</i>	Kuasi Eksperimen	Mahasiswa	Generative AI berpotensi meningkatkan pemahaman konseptual, memperbaiki miskonsepsi, serta mendukung pembelajaran STEM berbasis inkuiri dan konstruktivisme.
CJ07	<i>Fostering AI Literacy in Elementary Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics (STEAM) Education in the Age of Generative AI</i>	Kualitatif	Siswa	Literasi AI pada siswa sekolah dasar dapat dikembangkan melalui aktivitas kolaboratif tanpa memerlukan kemampuan pemrograman, dengan dukungan desain pembelajaran yang sesuai.
CJ08	<i>AI Technologies in STEAM Education</i>	Kualitatif	Siswa	AI dalam pembelajaran STEAM

	<i>for Students: Systematic Literature Review</i>			meningkatkan kemampuan berpikir komputasional, berpikir analitis, berpikir kritis, kepercayaan diri, serta pemahaman konsep.
CJ09	<i>Artificial Intelligence in STEM Education: A Transdisciplinary Framework for Engagement and Innovation</i>	Kualitatif	Siswa dan Guru	AI generatif mengubah peran siswa menjadi lebih aktif, mendukung penilaian adaptif oleh guru, serta mendorong lahirnya kerangka kolaboratif dalam pembelajaran STEM.
CJ10	<i>Critical Thinking in the Age of AI: A Systematic Review of AI's Effects on Higher Education</i>	Kualitatif	Mahasiswa dan Dosen	AI, khususnya ChatGPT, memberikan dampak positif maupun negatif terhadap perkembangan kemampuan berpikir kritis di pendidikan tinggi.
CJ11	<i>Artificial Intelligence and Critical Thinking: A Case Study with Educational Chatbots</i>	Kualitatif	Mahasiswa	Chatbot berbasis AI mampu mendorong perkembangan kemampuan berpikir kritis mahasiswa secara bertahap melalui dialog reflektif dan pertanyaan kritis.
CJ12	<i>Exploring STEM Educators' Perspectives on the Integration of AI-Enabled Technologies in Teaching and Learning</i>	Kualitatif	Guru	Guru memandang AI sebagai alat pendukung (cognitive scaffold) yang membantu meningkatkan pemahaman konsep siswa dalam pembelajaran STEM.
CJ13	<i>Pengaruh Artificial Intelligence (AI) terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa</i>	Kualitatif Deskriptif	Siswa	AI berpotensi meningkatkan kemampuan berpikir kritis matematis, tetapi dapat menimbulkan ketergantungan apabila digunakan secara berlebihan.
CJ14	<i>Analysis of Critical Thinking Ability in</i>	Kuasi Eksperimen	Siswa	Model pembelajaran <i>guided inquiry</i>

	<i>Artificial Intelligence-Assisted Guided Inquiry Model Based on Mathematical Disposition</i>			berbantuan AI efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis, dengan hasil yang dipengaruhi oleh disposisi matematis siswa.
CJ15	<i>Hubungan Penggunaan Teknologi Artificial Intelligence terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa Tadris Matematika Fakultas Ilmu Tarbiyah UIN Raden Mas Said Surakarta Angkatan 2022</i>	Kuantitatif Korelasional	Mahasiswa	Tidak ditemukan hubungan yang signifikan antara penggunaan AI dan kemampuan berpikir kritis karena penggunaan AI cenderung bersifat pasif.
CJ16	<i>Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa pada Pembelajaran Berbasis Artificial Intelligence di Era Merdeka Belajar</i>	Mixed Methods	Mahasiswa	AI mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis apabila dimanfaatkan secara aktif, tepat, dan terarah dalam pembelajaran.
CJ17	<i>Pengaruh Artificial Intelligence (AI) terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Pelajar atau Mahasiswa</i>	Kuantitatif Ex-Post Facto	Mahasiswa	Pengaruh AI terhadap kemampuan berpikir kritis tergolong rendah dan tidak signifikan.
CJ18	<i>Efektivitas Penggunaan Artificial Intelligence (AI) terhadap Critical Thinking Peserta Didik di SMK Negeri 33 Jakarta</i>	Kuantitatif	Siswa	Penggunaan AI memberikan pengaruh positif dengan tingkat kontribusi sedang terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik.
CJ19	<i>Pengaruh Pembelajaran Berbasis Masalah Berbantuan Media AI</i>	Kuasi Eksperimen	Siswa	Pembelajaran berbasis masalah yang didukung AI berpengaruh positif terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa.
CJ20	<i>Problem-Based Learning Berbasis AI dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Literasi Digital Siswa SMA: Studi Kuasi Eksperimen</i>	Kuasi Eksperimen	Siswa	Integrasi AI dalam model <i>Problem-Based Learning</i> meningkatkan kemampuan berpikir kritis sekaligus literasi digital siswa.

CJ21	<i>Pengaruh Problem-Based Learning, Penggunaan AI, dan Kecerdasan Emosional terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa</i>	Kuantitatif Regresi	Siswa	Penggunaan AI tidak berpengaruh signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis, sedangkan model <i>Problem-Based Learning</i> memberikan pengaruh yang lebih dominan.
CJ22	<i>An Action Research Study on AI Video vs. Written Feedback: Effects on Academic Writing and Critical Thinking</i>	Action Research	Siswa	Umpan balik berbasis video AI meningkatkan kemampuan berpikir kritis melalui proses refleksi dan evaluasi pembelajaran yang lebih mendalam.

Peran Artificial Intelligence dalam pembelajaran matematika berbasis STEM

Berdasarkan hasil sintesis data penelitian yang telah dihimpun, teknologi *Artificial Intelligence* (AI) memiliki peran yang sangat signifikan dan transformatif ketika diintegrasikan ke dalam pembelajaran berbasis *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa integrasi AI mampu meningkatkan efisiensi proses pembelajaran, memfasilitasi personalisasi pembelajaran sesuai dengan kebutuhan peserta didik, serta memperdalam pemahaman konseptual siswa terhadap materi yang dipelajari (Anwari & Nuriadin, 2025; Fathi et al., 2025; Al-Zahrani et al., 2024).

Dalam konteks pembelajaran konstruktivistik dan berbasis penyelidikan (*inquiry-based learning*), AI generatif, seperti ChatGPT, berfungsi sebagai perangkat pendukung pembelajaran yang efektif dalam membantu mengidentifikasi dan mengurangi miskonsepsi siswa sehingga berkontribusi terhadap peningkatan hasil belajar (Fathi et al., 2025). Kehadiran AI juga membawa perubahan terhadap dinamika pembelajaran di kelas, di mana peserta didik didorong untuk berperan lebih aktif, mandiri, dan bertanggung jawab dalam proses belajar, sementara guru dituntut untuk mengembangkan strategi pembelajaran dan sistem penilaian yang lebih adaptif terhadap karakteristik pembelajaran berbasis AI (Leion et al., 2025). Dalam perspektif para pendidik STEM, AI tidak diposisikan sebagai pengganti peran guru, melainkan sebagai *cognitive scaffolding* yang mendukung proses konstruksi pengetahuan siswa, khususnya dalam menyelesaikan permasalahan matematika yang kompleks (Avci et al., 2025).

Pada jenjang pendidikan dasar, temuan penelitian menunjukkan bahwa literasi AI dalam pembelajaran berbasis *Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics* (STEAM) dapat mulai dikembangkan sejak usia dini tanpa harus menuntut peserta didik memiliki kemampuan pemrograman. Pengembangan tersebut dapat dilakukan melalui perancangan aktivitas pembelajaran yang kontekstual, praktis, kolaboratif, dan sesuai dengan karakteristik perkembangan peserta didik (Relmasira et al., 2023). Secara keseluruhan, implementasi AI dalam pembelajaran STEM terbukti memberikan kontribusi positif terhadap pengembangan keterampilan berpikir komputasional, kemampuan berpikir analitis, kepercayaan diri, serta kepuasan belajar peserta didik (Al-Zahrani et al., 2024).

Peran *Artificial Intelligence* terhadap kemampuan berpikir kritis matematis Korelasi antara Pemanfaatan *Artificial Intelligence* dan Pengembangan Kemampuan Berpikir Kritis Matematis

Berdasarkan hasil sintesis penelitian, korelasi antara pemanfaatan *Artificial Intelligence* (AI) dan pengembangan kemampuan berpikir kritis matematis, maupun kemampuan berpikir kritis secara umum, didominasi oleh temuan yang menunjukkan pengaruh positif. Berbagai penelitian dengan pendekatan kuantitatif eksperimen maupun kualitatif mengungkapkan bahwa penggunaan AI secara signifikan mampu meningkatkan berbagai indikator berpikir kritis, seperti kemampuan deduksi, inferensi, evaluasi, penalaran logis, serta pemecahan masalah (Tashtoush et al., 2025; Arifin et al., 2025; Putri Maulidah, 2025).

Peningkatan kemampuan berpikir kritis tersebut terjadi melalui beberapa mekanisme pembelajaran. Pertama, **interaksi dialogis**, yaitu proses tanya jawab yang berlangsung secara interaktif antara peserta didik dengan chatbot berbasis AI. Dalam mekanisme ini, AI berperan sebagai fasilitator yang mendorong perkembangan kognitif siswa secara bertahap melalui keterlibatan kritis (*critical engagement*) selama proses pembelajaran (Brazão & Tinoca, 2025).

Kedua, integrasi AI dengan model pembelajaran aktif. Efektivitas AI semakin optimal ketika dipadukan dengan model pembelajaran seperti *Guided Inquiry* (Inkuiri Terbimbing) dan *Problem-Based Learning* (PBL). Integrasi tersebut tidak hanya meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa, tetapi juga memperkuat literasi digital serta kemampuan menyelesaikan masalah secara mandiri (Putri Maulidah, 2025; Nujum et al., 2025; Purba et al., 2026).

Ketiga, proses refleksi melalui umpan balik. AI dapat dimanfaatkan sebagai penyedia *feedback* yang bersifat formatif, misalnya melalui video pembelajaran yang dilengkapi komentar atau umpan balik tertulis (*written feedback*). Umpan balik tersebut mendorong peserta didik untuk merefleksikan hasil belajarnya, mengidentifikasi kesalahan, memahami penyebabnya, serta merancang strategi perbaikan. Dengan demikian, AI tidak hanya berfungsi sebagai alat evaluasi, tetapi juga sebagai sarana yang mendukung pembelajaran reflektif dan pengembangan kemampuan berpikir kritis (Baroudi et al., 2025).

Implikasi Penggunaan *Artificial Intelligence* terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematis

Meskipun sebagian besar penelitian menunjukkan bahwa AI memberikan kontribusi positif terhadap pengembangan kemampuan berpikir kritis (Fajriannisa et al., 2025; Nujum et al., 2025), hasil sintesis juga mengungkapkan adanya implikasi ganda (*dual effects*) dalam penerapannya. Temuan ini menunjukkan bahwa efektivitas AI tidak bersifat universal, melainkan dipengaruhi oleh cara pemanfaatannya dalam proses pembelajaran (Melisa et al., 2025).

Salah satu tantangan utama adalah risiko ketergantungan dan pasivitas peserta didik. Beberapa penelitian melaporkan bahwa penggunaan AI tidak selalu memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis (Astuti et al., 2025; Vernanda et al., 2025; Safitri & Murtadlo, 2026). Rendahnya pengaruh tersebut disebabkan oleh kecenderungan siswa atau mahasiswa menggunakan AI secara pasif, yaitu hanya menerima jawaban yang dihasilkan tanpa melakukan proses analisis, evaluasi, maupun verifikasi secara mandiri. Kondisi ini berpotensi menimbulkan ketergantungan (*dependency*) yang pada akhirnya menghambat perkembangan kemandirian berpikir peserta didik (Anwari & Nuriadin, 2025; Ratnasari et al., 2024; Astuti et al., 2025).

Selain itu, AI juga masih memiliki keterbatasan dalam menyelesaikan permasalahan matematika yang kompleks. Model AI generatif, termasuk ChatGPT, belum mampu menghasilkan jawaban yang sepenuhnya konsisten pada soal-soal yang memerlukan penalaran matematis tingkat tinggi, pembuktian formal, maupun penyelesaian masalah multistep. Oleh karena itu, pemanfaatan AI dalam pembelajaran matematika harus disertai dengan proses verifikasi, validasi, serta pendampingan guru agar informasi yang dihasilkan tetap akurat dan benar-benar mendukung pengembangan kemampuan berpikir kritis peserta didik (Anwari & Nuriadin, 2025).

Temuan lain menunjukkan bahwa faktor eksternal memiliki pengaruh yang lebih dominan dibandingkan penggunaan AI semata. Safitri dan Murtadlo (2026) menemukan bahwa peningkatan kemampuan berpikir kritis lebih banyak dipengaruhi oleh penerapan model *Problem-Based Learning* (PBL) serta tingkat kecerdasan emosional peserta didik daripada penggunaan AI itu sendiri. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa AI bukan merupakan faktor tunggal yang menentukan keberhasilan pembelajaran, melainkan salah satu komponen pendukung yang efektivitasnya sangat dipengaruhi oleh strategi pembelajaran dan karakteristik individu peserta didik.

Secara metodologis, temuan-temuan tersebut menegaskan bahwa AI bukanlah solusi instan (*silver bullet*) yang secara otomatis mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. AI hanya akan memberikan dampak yang optimal apabila diintegrasikan secara terencana, aktif, dan kontekstual dalam proses pembelajaran, serta digunakan di bawah supervisi dan pendampingan pendidik (Ratnasari et al., 2024; Setyawan et al., 2025). Dengan demikian, diperlukan suatu kerangka kolaboratif yang mengintegrasikan kesiapan teknologi, kompetensi pedagogis guru, serta karakteristik peserta didik agar implementasi AI benar-benar mampu mendukung pengembangan kemampuan berpikir kritis pada era kecerdasan buatan. Selain itu, pengembangan ekosistem pembelajaran yang memadukan AI dengan pendekatan pedagogis yang berpusat pada peserta didik menjadi prasyarat penting untuk memastikan bahwa teknologi tidak hanya meningkatkan efisiensi pembelajaran, tetapi juga memperkuat kualitas proses berpikir tingkat tinggi (Leion et al., 2025).

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa tradisi khataman Al-Qur'an dalam shalat Tarawih di PPTQ Klinterejo, Mojokerto, tidak hanya menjadi praktik ibadah, tetapi juga berfungsi sebagai sistem teknologi pembelajaran berbasis pengalaman. Pembagian jamaah ke dalam tiga klaster menunjukkan adanya pengaturan pembelajaran yang disesuaikan dengan kemampuan dan kebutuhan santri.

Kiai berperan penting sebagai perancang pembelajaran (*instructional designer*) melalui pengaturan target bacaan, pembagian kelompok, pemilihan imam, serta pemberian kesempatan kepada santri untuk mempraktikkan hafalannya secara langsung. Tradisi ini juga menjadi sarana pengulangan (*rehearsal*) yang membantu menjaga hafalan melalui latihan, konsentrasi, tanggung jawab, dan pengalaman spiritual.

Selain itu, pelaksanaan khataman mencerminkan prinsip *Experiential Learning*, karena santri belajar melalui pengalaman langsung, melakukan refleksi, memperbaiki hafalan, dan menerapkannya kembali. Dengan demikian, tradisi khataman di PPTQ Klinterejo menunjukkan bahwa kearifan lokal pesantren dapat dikembangkan menjadi

model pembelajaran yang efektif, kontekstual, dan bermakna, sekaligus mendukung penguatan hafalan, karakter, dan spiritualitas santri.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-zahrani, A., Khalil, I., Awaji, B., & Mohsen, M. (2024). AI Technologies in STEAM Education for Students : Systematic Literature Review. *Journal of Ecohumanism*, 3(4), 3380–3397. <https://doi.org/10.62754/joe.v3i4.4041>
- Anwari, A. M., & Nuriadin, I. (2025). Kajian Literatur tentang Integrasi AI dalam Pendidikan Matematika : Potensi dan Tantangan. *JKPM: Jurnal Kajian Pendidikan Matematika*, 10(2), 245–256. <http://journal.lppmunindra.ac.id/index.php/jkpm/>
- Arifin, M. Z., Zulkarnain, I., & Ansori, H. (2025). The influence of artificial intelligence on critical thinking ability in mathematics : The Influence of Artificial Intelligence on Critical Thinking Ability in Mathematics: A Systematic Literature Review. *Pengaruh Kecerdasan Buatan terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dalam Matematika: Sebuah Tinjauan Pustaka Sistematis. Indonesian Journal of Science and Mathematics Education.*, 08(1), 82–92. <https://doi.org/10.24042/ij sme.v8i1.24352>
- Astiti, Y., Sagetri, I., & Astuti, W. (2025). Hubungan Penggunaan Teknologi Artificial Intelligence terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa Tadris Matematika Fakultas Ilmu Tarbiyah UIN Raden Mas Said Surakarta Angkatan 2022. *Journal of Educational Research and Development.*, 2(1), 531–540.
- Avci, H., Lunn, S. J., & Hazari, Z. (2025). Exploring STEM educators ' perspectives on the integration of AI-enabled technologies in teaching and learning. *Computers and Education Open*, 9. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2025.100304>
- Baroudi, S., Mubeen, N., & Karaki, S. (2025). An action research study on AI video vs . written feedback: enhancing undergraduate academic writing and critical thinking an action research study on AI video vs . written feedback: enhancing undergraduate academic writing and critical thinking. *Cogent Education*, 12(1), 1–19. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2025.2527302>
- Braz~ao, P., & Tinoca, L. (2025). Artificial intelligence and critical thinking : a case study with educational chatbots. *Frontiers in Education*, 1–12. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1630493>
- Chen, L., & Chen, P. (2020). Artificial Intelligence in Education : A Review. *IEEE Access*, 8, 64–78. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510>
- Darayseh, A. Al. (2025). Integrating generative AI into STEM education : Insights from science and mathematics teachers. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 20(3). <https://doi.org/10.29333/iejme/16232> ARTICLE
- Ennis, R. (1991). *Critical thinking: A streamlined conception*.
- Facione, P. A. (2013). *Critical Thinking : What It Is and Why It Counts*.
- Fajriannisa, S., Nadiyah, & Ulfah Maria. (2025). Efektivitas Penggunaan Artificial Intelligence (AI) Terhadap Critical Thingking Peserta Didik di SMK Negeri 33 Jakarta. *Al Qodiri : Jurnal Pendidikan, Sosial Dan Keagamaan*, 23(2), 396–413.
- Fathi, E., Fathi, T. El, Saad, A., Larhzil, H., Lamri, D., Mehdi, E., & Ibrahmi, A. (2025). Integrating generative AI into STEM education: enhancing conceptual understanding , addressing misconceptions , and assessing student acceptance. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 7(6). <https://doi.org/10.1186/s43031-025-00125-z>
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2022). *Artificial Intelligence In Education*.
- Hwang, G. (2021). Roles and Research Trends of Artificial Intelligence in Mathematics Education : A Bibliometric Mapping Analysis and Systematic Review. *Mathematics*, 9, 1–19.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*.

- <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Leon, C., Lipuma, J., Oviedo-torres, X., & Pastiu, C. A. (2025). Artificial intelligence in STEM education : a transdisciplinary framework for engagement and innovation. *Frontiers in Education*, 1–18. <https://doi.org/10.3389/educ.2025.1619888>
- Melisa, R., Ashadi, A., & Triastuti, A. (2025). Critical Thinking in the Age of AI : A Systematic Review of AI ' s Effects on Higher Education. *Education Process: International Journal*, 14, 1–22. <https://doi.org/10.22521/edupij.2025.14.31>
- Nujum, N., Hadi, M. S., Jakarta, M., Info, A., & History, A. (2025). Pengaruh Pembelajaran Berbasis Masalah Berbantuan Media AI terhadap Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa di Sekolah Dasar. *Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 8(2), 1333–1341. <http://jiip.stkipyapisdompou.ac.id>
- Purba, F. J., Tarigan, P. S., & Aritonang, A. Y. (2026). Efektivitas Problem-Based Learning Berbasis AI dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Literasi Digital Siswa SMA : Studi Kuasi-Eksperimen. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Indonesia*, 6(1), 239–250. <https://doi.org/10.53299/jppi.v6i1.3553>
- Putri Maulidah, P. Iifa. (2025). JKIP : Jurnal Kajian Ilmu Pendidikan The Influence of Using Artificial Intelligence on Students ' Critical Thinking Pengaruh Penggunaan Artificial Intelligence terhadap Berpikir Kritis Mahasiswa. *KIP: Jurnal Kajian Ilmu Pendidikan*, 6(2), 605–616. <http://journal.al-matani.com/index.php/jkip/index>
- Rahman, A. N., Abdullah, N., & Hassan, M. (2025). Systematic literature review methodology in educational research: Procedures and applications. *Educational Research Review*, 38.
- Ratnasari, Mewa, Z., & Faza, S. (2024). Pengaruh Artificial Intelligence (AI) Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa. *Algoritma : Jurnal Matematika, Ilmu Pengetahuan Alam, Kebumihan Dan Angkasa*, 3(1).
- Relmasira, S. C., Lai, Y. C., & Donaldson, J. P. (2023). Fostering AI Literacy in Elementary Science , Technology , Engineering , Art , and Mathematics (STEAM) Education in the Age of Generative AI. *Sustainability*, 15, 1–25. <https://doi.org/10.3390/su151813595>
- Safitri, F. D., & Murtadlo, M. N. (2026). Pengaruh Problem Based Learning , Penggunaan AI , dan Kecerdasan Emosional terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas X MPLB SMK Negeri 9 Semarang. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Indonesia (JPPI)*, 6(1), 770–784. <https://doi.org/10.53299/jppi.v6i1.3920>
- Setyawan, F. H., Adhira, S. J., Putra, S. J., & Tarakan, B. (2025). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa pada Pembelajaran Berbasis Artificial Intelligence di Era Merdeka Belajar.
- Tashtoush, M. A., Qasimi, A. B., & Hussein, L. A. (2025). The Efficacy of Utilizing Artificial Intelligence Techniques in Developing Critical Thinking in Mathematics among Secondary School Students and Their Attitudes Toward It. The Efficacy of Utilizing Artificial Intelligence Techniques in Developing Critical T. *Iraqi Journal for Computer Science and Mathematics*, 6(1), 37–50. <https://doi.org/10.52866/2788-7421.1231>
- Vernanda, C., Citra, V., & Eka, W. (2025). Pengaruh Artificial Intelligence (AI) terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Pelajar atau Mahasiswa dalam Menyelesaikan Masalah. *Journal of Information Systems Management and Digital Business*, 2.
- Xu, W., & Ouyang, F. (2022). The application of AI technologies in STEM education: A systematic review from 2011 to 2021. *International Journal of STEM Education*. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00377-5>.