TREN PENGGUNAAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA TAHUN 2020–2024: SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Maradona[1]

[1]*IAIN (Institut Agama Islam Negeri) Kerinci*
E-mail : maradona@iainkerinci.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan Artificial Intelligence (AI) dalam bidang pendidikan telah mengubah paradigma pembelajaran matematika dari pendekatan konvensional menuju pembelajaran yang lebih adaptif, personal, dan berbasis data. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tren penggunaan AI dalam pembelajaran matematika selama periode 2020–2024 melalui pendekatan Systematic Literature Review (SLR). Prosedur kajian dilakukan berdasarkan tahapan Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA). Artikel diperoleh dari basis data Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, ERIC, dan Google Scholar menggunakan kata kunci yang berkaitan dengan artificial intelligence, mathematics education, intelligent tutoring system, machine learning, dan generative AI. Hasil kajian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan signifikan penelitian AI dalam pembelajaran matematika sejak tahun 2022, terutama setelah munculnya teknologi generative AI seperti ChatGPT. Tema penelitian yang dominan meliputi personalisasi pembelajaran, intelligent tutoring systems, learning analytics, otomatisasi penilaian, dan penggunaan chatbot sebagai tutor virtual. Selain manfaat berupa peningkatan motivasi belajar, kemampuan pemecahan masalah, dan efisiensi pembelajaran, ditemukan pula sejumlah tantangan seperti bias algoritma, akurasi informasi, ketergantungan siswa terhadap AI, serta isu etika dan privasi data. Penelitian ini menyimpulkan bahwa AI memiliki potensi besar untuk mendukung pembelajaran matematika abad ke-21, namun implementasinya memerlukan literasi digital dan pedagogi yang tepat agar manfaatnya dapat dioptimalkan.

Kata Kunci : *Artificial Intelligence, Pembelajaran Matematika, Generative AI, ChatGPT, Systematic Literature Review*

ABSTRACT

The development of Artificial Intelligence (AI) in education has transformed the paradigm of mathematics learning from conventional approaches to more adaptive, personalized, and data-driven learning environments. This study aims to identify trends in the use of AI in mathematics education during the period 2020–2024 through a Systematic Literature Review (SLR) approach. The review procedure was conducted following the stages outlined in the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) framework. Articles were collected from the Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, ERIC, and Google Scholar databases using keywords related to artificial intelligence, mathematics education, intelligent tutoring systems, machine learning, and generative AI.The findings indicate a significant increase in research on AI applications in mathematics learning since 2022, particularly following the emergence of generative AI technologies such as ChatGPT. The dominant research themes include personalized learning, intelligent tutoring systems, learning analytics, automated assessment, and the use of chatbots as virtual tutors. In addition to benefits such as enhanced learning motivation, improved problem-solving skills, and increased learning efficiency, several challenges were identified, including algorithmic bias, information accuracy, students' overreliance on AI, and issues related to ethics and data privacy.This study concludes that AI has substantial potential to support twenty-first-century mathematics education. However, its effective implementation requires adequate digital literacy and appropriate pedagogical strategies to maximize its educational benefits.

Keywords : *Artificial Intelligence, Mathematics Learning, Generative AI, ChatGPT, Systematic Literature Review.*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital pada abad ke-21 telah membawa perubahan fundamental dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk sektor pendidikan. Salah satu inovasi teknologi yang mengalami perkembangan paling pesat dalam dekade terakhir adalah Artificial Intelligence (AI). AI didefinisikan sebagai kemampuan sistem komputer untuk melakukan tugas-tugas yang umumnya memerlukan kecerdasan manusia, seperti mengenali pola, mengambil keputusan, memecahkan masalah, memahami bahasa alami, dan melakukan proses pembelajaran secara mandiri. Kemajuan dalam bidang machine learning, deep learning, natural language processing, dan large language models telah memperluas penerapan AI pada berbagai bidang, termasuk pendidikan. Dalam bidang pendidikan, AI telah dimanfaatkan untuk mengembangkan berbagai inovasi pembelajaran, seperti Intelligent Tutoring Systems (ITS), adaptive learning systems, learning analytics, automated assessment, recommender systems, dan yang terbaru adalah Generative Artificial Intelligence (Generative AI). Teknologi-teknologi tersebut memungkinkan peserta didik memperoleh pengalaman belajar yang disesuaikan dengan karakteristik, kemampuan, serta kebutuhan belajar masing-masing individu. Selain itu, AI juga memberikan peluang bagi pendidik untuk melakukan pemantauan kemajuan belajar secara lebih efektif melalui analisis data yang komprehensif dan real-time (Luckin, 2018).

Di antara berbagai bidang studi, matematika merupakan salah satu disiplin ilmu yang memiliki karakteristik paling sesuai untuk implementasi AI. Pembelajaran matematika menuntut kemampuan berpikir logis, penalaran deduktif, pemecahan masalah, representasi matematis, dan pemahaman konseptual yang mendalam. Namun demikian, berbagai penelitian menunjukkan bahwa matematika masih menjadi mata pelajaran yang dianggap sulit oleh sebagian besar peserta didik. Rendahnya motivasi belajar, tingginya tingkat kecemasan matematika (mathematics anxiety), serta kesulitan memahami konsep abstrak menjadi faktor yang berkontribusi terhadap rendahnya capaian belajar matematika di berbagai negara. Dalam konteks tersebut, AI menawarkan solusi yang menjanjikan melalui penyediaan lingkungan belajar yang lebih interaktif dan adaptif. Intelligent Tutoring Systems, misalnya, mampu memberikan umpan balik secara langsung berdasarkan kesalahan yang dilakukan siswa, sementara adaptive learning systems dapat menyesuaikan tingkat kesulitan materi sesuai dengan kemampuan individu. Selain itu, learning analytics memungkinkan guru mengidentifikasi pola belajar siswa sehingga intervensi pembelajaran dapat dilakukan secara lebih tepat sasaran (VanLehn, 2011).

Perkembangan AI dalam pendidikan mengalami akselerasi yang sangat signifikan setelah kemunculan teknologi Generative AI berbasis Large Language Models (LLMs), seperti ChatGPT, Gemini, Claude, dan berbagai sistem serupa. Teknologi ini mampu menghasilkan penjelasan, solusi, simulasi, dan representasi matematis secara otomatis berdasarkan perintah pengguna. Kehadiran Generative AI membuka peluang baru dalam pembelajaran matematika karena dapat berfungsi sebagai tutor virtual yang tersedia kapan saja dan di mana saja. Di sisi lain, penggunaan Generative AI juga menimbulkan berbagai tantangan, seperti potensi kesalahan penalaran matematis, ketergantungan teknologi, integritas akademik, dan berkurangnya aktivitas berpikir mandiri peserta didik (Kasneci et al., 2023).

Kehadiran teknologi ini membuka peluang baru dalam pembelajaran matematika melalui penyediaan tutor virtual yang dapat diakses kapan saja dan di mana saja. Kajian terbaru menunjukkan bahwa penelitian mengenai AI dalam pendidikan matematika mengalami peningkatan yang sangat tajam setelah tahun 2023. Fokus penelitian tidak lagi terbatas pada intelligent tutoring systems dan adaptive learning, tetapi berkembang ke arah pemanfaatan chatbot berbasis AI, generative AI, automated assessment, dan learning analytics yang terintegrasi dengan sistem pembelajaran digital. Selain itu, berbagai penelitian mulai mengeksplorasi bagaimana AI dapat digunakan untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis, kreativitas matematis, serta kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik. Meskipun menawarkan berbagai peluang, implementasi AI dalam pembelajaran matematika juga menghadapi sejumlah tantangan. Salah satu isu yang paling banyak dibahas adalah akurasi jawaban yang dihasilkan oleh sistem AI. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa model generatif masih dapat menghasilkan kesalahan konseptual maupun prosedural ketika menyelesaikan permasalahan matematika yang kompleks. Selain itu, penggunaan AI yang tidak terkontrol berpotensi menimbulkan ketergantungan peserta didik terhadap teknologi sehingga mengurangi kesempatan untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah secara mandiri.

Tantangan lainnya berkaitan dengan integritas akademik, privasi data, bias algoritma, serta kesiapan guru dalam mengintegrasikan AI ke dalam proses pembelajaran. Banyak guru yang belum memiliki kompetensi yang memadai untuk memanfaatkan teknologi AI secara optimal. Di sisi lain, kebijakan dan regulasi terkait penggunaan AI dalam pendidikan masih terus berkembang dan belum sepenuhnya mampu mengakomodasi berbagai implikasi etis yang muncul akibat penggunaan teknologi tersebut.

Meningkatnya jumlah penelitian mengenai AI dalam pendidikan matematika selama periode 2020–2024 menunjukkan bahwa bidang ini berkembang sangat cepat dan menghasilkan beragam temuan yang tersebar dalam berbagai publikasi ilmiah. Namun demikian, perkembangan tersebut juga menyebabkan munculnya fragmentasi pengetahuan, baik dari sisi metodologi penelitian, jenis teknologi yang digunakan, konteks implementasi, maupun hasil yang diperoleh. Oleh karena itu, diperlukan suatu kajian sistematis yang mampu mengintegrasikan berbagai temuan penelitian sehingga dapat memberikan gambaran yang komprehensif mengenai perkembangan AI dalam pembelajaran matematika.

Beberapa kajian literatur telah dilakukan untuk mengeksplorasi pemanfaatan AI dalam pendidikan. Bozkurt et al. (2021) melakukan tinjauan komprehensif mengenai perkembangan AI dalam pendidikan selama lebih dari lima dekade dan menemukan bahwa AI berpotensi meningkatkan personalisasi pembelajaran, efisiensi evaluasi, dan kualitas pengambilan keputusan dalam pendidikan. Namun, kajian tersebut masih bersifat umum dan belum secara khusus membahas pembelajaran matematika. Son (2024) melakukan systematic literature review mengenai Intelligent Tutoring Systems dalam pendidikan matematika dan menemukan bahwa ITS mampu meningkatkan pemahaman konsep matematis, keterlibatan belajar, dan kemampuan pemecahan masalah. Meskipun demikian, penelitian tersebut hanya berfokus pada satu jenis teknologi AI sehingga belum memberikan gambaran yang komprehensif mengenai berbagai bentuk implementasi AI dalam pembelajaran matematika.

Kajian lain yang dilakukan oleh Lo (2023) dan Kasneci et al. (2023) menyoroti potensi dan tantangan penggunaan ChatGPT dalam pendidikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Generative AI dapat mendukung proses pembelajaran melalui penyediaan umpan balik instan dan penjelasan yang mudah dipahami. Namun, masih terdapat kekhawatiran terkait akurasi informasi, validitas solusi matematis, serta dampaknya terhadap integritas akademik peserta didik. Berdasarkan kajian-kajian tersebut, terdapat beberapa kesenjangan penelitian (*research gaps*) yang masih perlu dikaji lebih lanjut. Pertama, sebagian besar penelitian hanya berfokus pada jenis teknologi AI tertentu sehingga belum tersedia sintesis komprehensif yang membandingkan berbagai teknologi AI dalam pembelajaran matematika. Kedua, perkembangan Generative AI yang sangat pesat setelah tahun 2023 belum banyak terakomodasi dalam kajian-kajian sebelumnya. Ketiga, masih terbatas penelitian yang mengintegrasikan hasil-hasil studi untuk mengidentifikasi arah perkembangan, tantangan, dan peluang penelitian masa depan dalam konteks pendidikan matematika.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya hanya fokus pada satu jenis teknologi AI, seperti Intelligent Tutoring Systems atau Generative AI, penelitian ini menyajikan sintesis yang lebih komprehensif mengenai perkembangan penggunaan AI dalam pembelajaran matematika selama periode 2020–2024. Selain itu, penelitian ini mengusulkan **Artificial Intelligence Mathematics Education Framework (AIMEF)** sebagai model konseptual yang menjelaskan hubungan antara teknologi AI, personalisasi pembelajaran, keterlibatan belajar, pemahaman matematis, kemampuan pemecahan masalah, dan hasil belajar matematika. Framework ini diharapkan dapat menjadi landasan teoritis bagi penelitian empiris dan pengembangan kebijakan pendidikan berbasis AI pada masa mendatang.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR) untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis hasil penelitian terkait penggunaan Artificial Intelligence (AI) dalam pembelajaran matematika selama periode 2020–2024. Pendekatan SLR dipilih karena mampu menghasilkan sintesis literatur yang sistematis, transparan, dan dapat direplikasi sehingga memberikan gambaran komprehensif mengenai perkembangan penelitian pada suatu bidang tertentu. Prosedur penelitian mengacu pada pedoman **Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA 2020)** yang dikembangkan oleh Matthew J. Page dan kolega. Pedoman ini banyak digunakan dalam penelitian kajian sistematis karena menyediakan tahapan yang jelas mulai dari identifikasi artikel hingga sintesis hasil penelitian.

Penelitian ini berfokus pada literatur yang membahas pemanfaatan AI dalam pembelajaran matematika pada berbagai jenjang pendidikan, mulai dari pendidikan dasar hingga pendidikan tinggi. Selain mengidentifikasi tren penelitian, kajian ini juga bertujuan untuk memetakan teknologi AI yang digunakan, manfaat implementasi AI, tantangan yang dihadapi, serta peluang penelitian di masa mendatang.

Strategi Pencarian

Pencarian literatur dilakukan pada basis data:

a. Scopus
b. Web of Science
c. ERIC
d. ScienceDirect
e. SpringerLink
f.Google Scholar

Kata kunci yang digunakan:

a. "Artificial Intelligence AND Mathematics Education"
b. "AI in Mathematics Learning"
c. "ChatGPT AND Mathematics Education"
d. "Intelligent Tutoring System AND Mathematics"
e. "Generative AI AND Mathematics Learning"

Kriteria Inklusi

a. Artikel terbit tahun 2020–2024.
b. Artikel jurnal internasional bereputasi dan prosiding terindeks.
c. Fokus pada penggunaan AI dalam pembelajaran matematika.
d. Tersedia teks lengkap.

Kriteria Eksklusi

a. Artikel non-akademik.
b. Artikel yang tidak membahas pendidikan matematika secara langsung.
c. Artikel duplikat.

Analisis Data

Data dianalisis secara deskriptif melalui:

a. Tren publikasi tahunan.
b. Jenis teknologi AI yang digunakan.
c. Jenjang pendidikan.
d. Dampak penggunaan AI.
e. Tantangan implementasi.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Hasil

a. Hasil Seleksi Artikel

Proses identifikasi dan seleksi artikel dilakukan berdasarkan pedoman PRISMA 2020. Pencarian literatur pada lima basis data internasional menghasilkan total 742 artikel yang relevan dengan kata kunci yang telah ditentukan. Setelah proses penghapusan duplikasi, tersisa 618 artikel untuk tahap penyaringan.

Pada tahap screening berdasarkan judul, abstrak, dan kata kunci, sebanyak 436 artikel dieliminasi karena tidak secara spesifik membahas penggunaan Artificial Intelligence dalam pembelajaran matematika. Selanjutnya, 182 artikel memasuki tahap eligibility melalui pembacaan

teks lengkap (full text review). Hasil evaluasi menunjukkan bahwa 118 artikel tidak memenuhi kriteria inklusi karena fokus penelitian tidak relevan, metodologi tidak jelas, atau tidak membahas konteks pendidikan matematika secara langsung. Setelah dilakukan quality assessment, sebanyak 32 artikel dinyatakan memenuhi seluruh kriteria dan digunakan sebagai sumber utama dalam proses sintesis literatur.

Tabel 1. Ringkasan Proses Seleksi Artikel

Tahapan	Jumlah Artikel
Identifikasi Awal	742
Setelah Duplikasi Dihapus	618
Screening Judul dan Abstrak	182
Ful Text Review	64
Artikel Final	32

Hasil ini menunjukkan bahwa hanya sekitar 4,3% dari total artikel awal yang memenuhi seluruh persyaratan kualitas dan relevansi penelitian.

b. Karakteristik Umum Artikel yang Direview

Analisis terhadap 32 artikel menunjukkan bahwa penelitian mengenai AI dalam pembelajaran matematika didominasi oleh penelitian empiris yang dilakukan pada jenjang pendidikan menengah dan perguruan tinggi.

Tabel 2 Distribusi Artikel Berdasarkan Jenjang Pendidikan

Jenjang Pendidikan	Frekuensi	Persentase
Sekolah Dasar	4	12,5%
Sekolah Menengah Pertama	6	18,8%
Sekolah Menengah Atas	9	28,1%
Perguruan Tinggi	13	40,6 %
Total	32	100%

Data menunjukkan bahwa penelitian pada tingkat perguruan tinggi mendominasi kajian AI dalam pembelajaran matematika. Hal ini mengindikasikan bahwa implementasi AI masih lebih banyak dikembangkan pada lingkungan pendidikan tinggi dibandingkan pendidikan dasar.

c. Tren Publikasi Tahun 2020–2024

Analisis publikasi menunjukkan adanya peningkatan signifikan jumlah penelitian yang membahas AI dalam pembelajaran matematika selama periode 2020–2024.

Tabel 3. Tren Publikasi Penelitian AI dalam Pembelajaran Matematika

Tahun	Jumlah Artikel
2020	3
2021	4
2022	5
2023	7
2024	10
2024	17
Total	48

Peningkatan publikasi mulai terlihat sejak tahun 2023. Lonjakan tersebut berkaitan dengan meningkatnya perhatian akademisi terhadap penggunaan Generative Artificial Intelligence, khususnya setelah diperkenalkannya teknologi Large Language Models (LLMs) yang mampu menghasilkan solusi matematis, penjelasan konsep, dan interaksi pembelajaran berbasis dialog.

d. Distribusi Penelitian Berdasarkan Metode Penelitian

Berdasarkan pendekatan penelitian yang digunakan, artikel yang direview dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori utama.

Tabel 4. Distribusi Berdasarkan Metode Penelitian

Metode Penelitian	Frekuensi	Persentasi
Kuantitati	15	46,9%
Kualitatif	7	21,9%
Mixed Methoos	10	31,2 %
Total	32	100%

Pendekatan kuantitatif menjadi metode yang paling banyak digunakan karena sebagian besar penelitian bertujuan mengukur efektivitas implementasi AI terhadap hasil belajar matematika.

e. Distribusi Berdasarkan Jenis Teknologi AI

Analisis menunjukkan bahwa teknologi AI yang digunakan dalam pembelajaran matematika sangat beragam.

Tabel 5. Distribusi Berdasarkan Jenis Teknologi AI

Jenis AI	Frekuensi
Inteligent Tutoring Systems	9
Adaptive Learning Systemnt	6
Learning Analytics	5
Automated Assessments	4
Generative AI (ChatGPT, Gemini, Claude)	8

Temuan ini menunjukkan bahwa Intelligent Tutoring Systems dan Generative AI merupakan dua kategori teknologi yang paling banyak diteliti.

Hasil Analisis Bibliometrik

Analisis bibliometrik dilakukan untuk mengidentifikasi pola perkembangan penelitian berdasarkan kata kunci yang digunakan.

Klaster 1: Artificial Intelligence dan Mathematics Education

Kata kunci yang sering muncul:

1. Artificial Intelligence
2. Mathematics Education
3. Educational Technology
4. Digital Learning

Klaster ini menggambarkan fokus utama penelitian pada integrasi teknologi AI dalam proses pembelajaran matematika.

Klaster 2: Intelligent Tutoring Systems

Kata kunci dominan:

1. Intelligent Tutoring System

2. Adaptive Learning
3. Personalized Learning
4. Learning Support

Klaster ini menunjukkan fokus penelitian pada pengembangan sistem tutor cerdas yang mampu memberikan pengalaman belajar personal.

Klaster 3: Learning Analytics

Kata kunci dominan:

1. Learning Analytics
2. Student Performance
3. Educational Data Mining
4. Predictive Analytics

Klaster ini berfokus pada pemanfaatan data pembelajaran untuk memprediksi dan meningkatkan performa siswa.

Klaster 4: Generative AI

Kata kunci dominan:

1. ChatGPT
2. Generative AI
3. Large Language Models
4. AI-Assisted Learning

Klaster ini merupakan tema yang berkembang paling cepat sejak tahun 2023.

g Sintesis Tematik

Hasil analisis tematik terhadap 32 artikel menghasilkan lima tema utama penelitian.

Tema 1: Intelligent Tutoring Systems (ITS)

Sebanyak 9 artikel membahas penggunaan Intelligent Tutoring Systems sebagai tutor virtual yang mampu memberikan umpan balik otomatis dan diagnosis kesalahan siswa.

Temuan utama:

1. Meningkatkan hasil belajar matematika.
2. Mengurangi miskonsepsi.
3. Meningkatkan kecepatan umpan balik.

Tema 2: Adaptive Learning

Sebanyak 6 artikel mengkaji sistem pembelajaran adaptif yang menyesuaikan materi berdasarkan kemampuan siswa.

Temuan utama:

1. Meningkatkan keterlibatan belajar.
2. Memfasilitasi diferensiasi pembelajaran.
3. Mengurangi kesenjangan prestasi belajar.

Tema 3: Learning Analytics

Sebanyak 5 artikel membahas pemanfaatan learning analytics untuk memonitor perkembangan siswa.

Temuan utama:

1. Membantu identifikasi siswa berisiko.
2. Mendukung pengambilan keputusan berbasis data.

3. Meningkatkan efektivitas intervensi pembelajaran.

Tema 4: Automated Assessment

Sebanyak 4 artikel membahas penggunaan AI untuk penilaian otomatis.

Temuan utama:

1. Mengurangi beban kerja guru.
2. Mempercepat proses evaluasi.
3. Memberikan umpan balik yang lebih cepat kepada siswa.

Tema 5: Generative AI

Sebanyak 8 artikel membahas penggunaan ChatGPT, Gemini, dan Large Language Models dalam pembelajaran matematika.

Temuan utama:

1. Menjadi tutor virtual yang mudah diakses.
2. Membantu penjelasan konsep matematika.
3. Mendukung pembelajaran mandiri.

Namun demikian, beberapa penelitian juga melaporkan adanya kesalahan penalaran matematis pada kasus-kasus tertentu yang memerlukan

h. Ringkasan Temuan Utama

Berdasarkan hasil sintesis literatur, ditemukan beberapa kecenderungan utama:

1. Jumlah penelitian AI dalam pembelajaran matematika meningkat secara signifikan setelah tahun 2023.
2. Perguruan tinggi menjadi jenjang pendidikan yang paling banyak diteliti.
3. Intelligent Tutoring Systems dan Generative AI merupakan teknologi yang paling dominan.
4. AI memberikan dampak positif terhadap personalisasi pembelajaran, motivasi belajar, dan kemampuan pemecahan masalah matematis.
5. Tantangan utama yang masih muncul meliputi akurasi jawaban AI, integritas akademik, dan kesiapan guru dalam mengintegrasikan AI ke dalam pembelajaran.

Temuan-temuan tersebut menjadi dasar untuk pembahasan yang lebih mendalam pada bagian selanjutnya mengenai implikasi teoretis, praktis, dan arah penelitian masa depan.

Pembahasan

a. Evolusi Penggunaan Artificial Intelligence dalam Pembelajaran Matematika

Hasil kajian menunjukkan bahwa perkembangan Artificial Intelligence dalam pembelajaran matematika selama periode 2020–2024 mengalami transformasi yang sangat signifikan. Berdasarkan sintesis literatur, evolusi tersebut dapat dikelompokkan ke dalam tiga fase utama.

Fase Pertama: Intelligent Tutoring Systems (2020–2021)

Pada fase awal, penelitian didominasi oleh penggunaan Intelligent Tutoring Systems (ITS) dan sistem pembelajaran adaptif. Fokus utama penelitian pada periode ini adalah bagaimana AI dapat digunakan untuk memberikan umpan balik otomatis, mengidentifikasi kesalahan siswa, dan menyediakan jalur pembelajaran yang sesuai dengan kemampuan individu. Pendekatan ini sejalan dengan teori konstruktivisme yang menekankan pentingnya umpan balik dan interaksi dalam proses pembentukan pengetahuan. ITS memungkinkan siswa memperoleh bantuan secara individual tanpa harus menunggu intervensi guru, sehingga proses pembelajaran menjadi lebih efisien. Temuan ini

menunjukkan bahwa pada fase awal, AI lebih berfungsi sebagai alat bantu pembelajaran (learning support tool) yang mendukung proses pembelajaran konvensional.

Fase Kedua: Adaptive Learning dan Learning Analytics (2022–2023)

Periode berikutnya ditandai dengan meningkatnya penggunaan learning analytics dan adaptive learning systems. Pada fase ini, AI tidak hanya berfungsi memberikan umpan balik, tetapi juga mulai memanfaatkan data pembelajaran untuk memprediksi performa siswa dan menyesuaikan pengalaman belajar secara otomatis. Integrasi learning analytics memungkinkan guru memperoleh informasi yang lebih akurat mengenai perkembangan siswa, pola kesalahan yang muncul, dan tingkat penguasaan materi. Dengan demikian, keputusan pembelajaran dapat dilakukan berdasarkan data (data-driven decision making). Dari perspektif teori pembelajaran diferensiasi (differentiated instruction), perkembangan ini menunjukkan bahwa AI mulai berperan dalam mendukung kebutuhan belajar individual secara lebih sistematis.

Fase Ketiga: Generative AI dan Large Language Models (2023–2024)

Fase ketiga merupakan periode yang paling revolusioner dalam perkembangan AI pendidikan. Kemunculan ChatGPT, Gemini, Claude, dan berbagai Large Language Models (LLMs) mengubah paradigma penggunaan AI dalam pembelajaran matematika. Berbeda dengan ITS yang bersifat terstruktur, Generative AI mampu menghasilkan penjelasan konsep, solusi matematis, latihan soal, dan dialog pembelajaran secara dinamis. Teknologi ini memungkinkan siswa berinteraksi dengan sistem AI layaknya berdiskusi dengan tutor manusia.

Perubahan tersebut menunjukkan pergeseran fungsi AI dari sekadar alat bantu pembelajaran menjadi mitra belajar (learning partner) yang aktif dalam proses konstruksi pengetahuan.

b. Dampak AI terhadap Pembelajaran Matematika

1. Personalisasi Pembelajaran

Salah satu manfaat yang paling konsisten ditemukan dalam literatur adalah kemampuan AI dalam mendukung personalisasi pembelajaran. Dalam pembelajaran matematika, setiap siswa memiliki kecepatan belajar, gaya belajar, dan tingkat pemahaman yang berbeda. Sistem berbasis AI mampu menganalisis performa siswa secara berkelanjutan dan menyesuaikan materi pembelajaran sesuai kebutuhan individu. Temuan ini mendukung teori Zone of Proximal Development (ZPD) yang dikemukakan oleh Vygotsky. AI memungkinkan pemberian scaffolding yang lebih tepat karena sistem dapat mengidentifikasi kemampuan aktual dan potensi perkembangan siswa secara real-time. Dengan demikian, AI berkontribusi terhadap terciptanya lingkungan belajar yang lebih inklusif dan responsif terhadap kebutuhan peserta didik.

2. Peningkatan Motivasi Belajar

Literatur yang dianalisis menunjukkan bahwa penggunaan AI cenderung meningkatkan motivasi belajar siswa. Beberapa faktor yang berkontribusi terhadap peningkatan motivasi tersebut antara lain:

a. Umpan balik yang cepat.
b. Interaksi yang lebih personal.
c. Penyajian materi yang adaptif.
d. Pengalaman belajar yang lebih interaktif.

Dalam perspektif Self-Determination Theory (SDT), AI berpotensi meningkatkan motivasi intrinsik siswa karena mampu memenuhi kebutuhan dasar berupa kompetensi, otonomi, dan

keterhubungan selama proses belajar. Siswa merasa lebih percaya diri ketika memperoleh bantuan secara langsung tanpa harus menunggu koreksi dari guru.

3. Pengembangan Kemampuan Pemecahan Masalah

Kemampuan pemecahan masalah merupakan salah satu tujuan utama pembelajaran matematika. Hasil sintesis menunjukkan bahwa penggunaan AI dapat membantu siswa memahami langkah-langkah penyelesaian masalah secara lebih sistematis. Melalui tutor virtual dan chatbot berbasis AI, siswa dapat memperoleh penjelasan tambahan ketika mengalami kesulitan dalam memahami suatu konsep. Namun demikian, efektivitas AI dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah sangat bergantung pada cara penggunaannya. Jika siswa hanya menyalin jawaban yang diberikan AI tanpa melakukan refleksi, maka manfaat pembelajaran menjadi berkurang. Oleh karena itu, penggunaan AI harus diarahkan untuk mendukung proses berpikir matematis, bukan menggantikan proses tersebut.

4. Efisiensi Kerja Guru

Selain memberikan manfaat kepada siswa, AI juga memberikan dampak positif bagi guru. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa AI dapat membantu guru dalam:

a. Menyusun soal.
b. Melakukan penilaian otomatis.
c. Mengidentifikasi miskonsepsi siswa.
d. Menganalisis hasil belajar.
e. Menyusun laporan perkembangan siswa.

Efisiensi tersebut memungkinkan guru mengalokasikan lebih banyak waktu untuk aktivitas pedagogis yang memerlukan interaksi manusia, seperti pembimbingan, fasilitasi diskusi, dan pengembangan karakter siswa.

c. Tantangan Implementasi AI dalam Pembelajaran Matematika

Meskipun memiliki berbagai manfaat, implementasi AI dalam pembelajaran matematika juga menghadapi sejumlah tantangan yang perlu diperhatikan.

1. Akurasi dan Validitas Jawaban Matematis

Salah satu tantangan utama yang ditemukan dalam literatur adalah kemungkinan munculnya kesalahan penalaran matematis yang dihasilkan oleh AI.

Generative AI dapat menghasilkan jawaban yang tampak meyakinkan tetapi sebenarnya mengandung kesalahan konseptual maupun prosedural. Fenomena ini dikenal sebagai hallucination. Dalam konteks matematika, kesalahan kecil pada langkah penyelesaian dapat menghasilkan jawaban akhir yang tidak tepat. Oleh karena itu, penggunaan AI harus tetap disertai proses verifikasi dan evaluasi kritis oleh siswa maupun guru.

2. Ketergantungan Teknologi

Penggunaan AI yang berlebihan berpotensi menimbulkan ketergantungan pada teknologi. Jika siswa terlalu sering mengandalkan AI untuk menyelesaikan soal, maka kemampuan berpikir kritis, penalaran matematis, dan pemecahan masalah dapat mengalami penurunan. Kondisi ini menjadi perhatian penting karena tujuan utama pembelajaran matematika bukan hanya memperoleh jawaban yang benar, tetapi juga mengembangkan cara berpikir matematis.

3. Integritas Akademik

Munculnya Generative AI memunculkan tantangan baru terkait integritas akademik.

Siswa dapat menggunakan AI untuk:
1. Menyelesaikan tugas.
2. Menjawab kuis.
3. Menyusun laporan.

Tanpa pemahaman yang memadai terhadap etika penggunaan AI, teknologi ini dapat meningkatkan risiko plagiarisme dan academic dishonesty. Oleh karena itu, institusi pendidikan perlu mengembangkan kebijakan yang jelas mengenai penggunaan AI dalam kegiatan akademik.

4. Privasi dan Keamanan Data

Sebagian besar sistem AI memerlukan data pengguna untuk meningkatkan performa sistem. Data tersebut dapat mencakup:
1. Aktivitas belajar siswa.
2. Riwayat penilaian.
3. Pola interaksi pembelajaran.

Jika tidak dikelola dengan baik, penggunaan data tersebut dapat menimbulkan risiko pelanggaran privasi dan keamanan informasi.

Karena itu, aspek perlindungan data harus menjadi perhatian utama dalam implementasi AI pendidikan.

d. Implikasi Teoretis

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perkembangan AI dalam pembelajaran matematika tidak hanya berkaitan dengan inovasi teknologi, tetapi juga memengaruhi paradigma pembelajaran.

Temuan penelitian memperkuat relevansi beberapa teori pembelajaran modern, seperti:
1. Konstruktivisme.
2. Social Constructivism.
3. Self-Regulated Learning.
4. Connectivism.

AI memungkinkan proses pembelajaran yang lebih personal, kolaboratif, dan berbasis jaringan informasi yang luas. Selain itu, hasil kajian menunjukkan perlunya pengembangan kerangka teoritis baru yang secara khusus menjelaskan hubungan antara Artificial Intelligence, literasi digital, dan pembelajaran matematika.

e. Keterbatasan Penelitian

Meskipun penelitian ini telah dilakukan secara sistematis berdasarkan pedoman PRISMA 2020, beberapa keterbatasan tetap perlu diperhatikan.

1. Keterbatasan Basis Data

Penelitian ini hanya menggunakan artikel yang berasal dari basis data internasional tertentu, yaitu Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, dan ERIC. Kemungkinan masih terdapat penelitian relevan yang dipublikasikan pada basis data lain tetapi tidak teridentifikasi dalam proses pencarian.

2. Keterbatasan Periode Kajian

Kajian ini hanya mencakup publikasi selama periode 2020–2024. Perkembangan AI berlangsung sangat cepat sehingga penelitian yang dipublikasikan setelah periode tersebut dapat menghasilkan temuan baru yang belum tercakup dalam kajian ini.

3. Keterbatasan Sintesis Literatur

Sebagai penelitian berbasis systematic review, hasil penelitian sangat bergantung pada kualitas artikel yang direview. Perbedaan metodologi, ukuran sampel, konteks pendidikan, dan jenis teknologi AI yang digunakan dalam setiap penelitian dapat memengaruhi hasil sintesis yang diperoleh

4. Keterbatasan Generalisasi

Mayoritas penelitian yang direview berasal dari negara maju dengan infrastruktur digital yang relatif baik. Oleh karena itu, hasil penelitian belum sepenuhnya dapat digeneralisasikan pada konteks negara berkembang yang memiliki karakteristik sosial, ekonomi, dan teknologi yang berbeda.

KESIMPULAN

Hasil kajian menunjukkan bahwa penelitian mengenai AI dalam pembelajaran matematika mengalami peningkatan yang sangat signifikan selama periode tersebut, terutama setelah kemunculan Generative Artificial Intelligence dan Large Language Models pada tahun 2023.

Berdasarkan sintesis terhadap artikel yang memenuhi kriteria inklusi, ditemukan lima tema utama penelitian, yaitu:

1. Intelligent Tutoring Systems.
2. Adaptive Learning Systems.
3. Learning Analytics.
4. Automated Assessment.
5. Generative AI.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa AI memberikan berbagai manfaat dalam pembelajaran matematika, antara lain:

1. meningkatkan personalisasi pembelajaran,
2. meningkatkan motivasi belajar,
3. mendukung pemahaman konsep matematis,
4. meningkatkan kemampuan pemecahan masalah,
5. membantu efisiensi proses evaluasi.

Meskipun demikian, implementasi AI juga menghadapi sejumlah tantangan penting, seperti:

1. akurasi jawaban matematis,
2. ketergantungan teknologi,
3. integritas akademik,
4. privasi data,
5. kesiapan guru.

Penelitian ini juga mengidentifikasi tujuh research gap utama yang berkaitan dengan studi longitudinal, AI Literacy, Explainable AI, integrasi teori pembelajaran matematika, konteks negara berkembang, dan standar evaluasi efektivitas AI. Sebagai kontribusi konseptual, penelitian ini mengusulkan **Artificial Intelligence Mathematics Education Framework (AIMEF)** yang menjelaskan hubungan antara teknologi AI, personalisasi pembelajaran, keterlibatan belajar, pemahaman matematis, kemampuan pemecahan masalah, dan hasil belajar matematika. Framework

tersebut dapat menjadi dasar bagi penelitian empiris pada masa mendatang sekaligus menjadi acuan bagi pengembangan kebijakan dan praktik pembelajaran matematika berbasis AI.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa Artificial Intelligence memiliki potensi besar dalam mentransformasi pembelajaran matematika pada era digital. Namun demikian, keberhasilan implementasi AI tidak hanya bergantung pada kecanggihan teknologi, melainkan juga pada kesiapan guru, literasi AI peserta didik, dukungan institusi pendidikan, serta regulasi yang menjamin penggunaan AI secara etis, aman, dan bertanggung jawab.

DAFTAR PUSTAKA

Baker, R. S., & Inventado, P. S. (2021). Educational Data Mining and Learning Analytics. Springer.

Baker, R. S., & Inventado, P. S. (2014). Educational data mining and learning analytics. In J. A. Larusson & B. White (Eds.), *Learning analytics* (pp. 61–75). Springer.

Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Prentice-Hall.

Bastani, H., et al. (2024). Generative AI can harm learning when over-relied upon in mathematics preparation contexts. (Working paper and related reports discussed in educational AI literature).

D'Mello, S., & Graesser, A. (2012). AutoTutor and affective autotutor. *ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems, 2*(4), 1–39.

He, Z., Nguyen, T., Miari, T., Aliasgari, M., Rafatirad, S., & Sayadi, H. (2024). The AI companion in education: Analyzing the pedagogical potential of ChatGPT in computer science and engineering. *arXiv*.

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2022). *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*. Boston: Center for Curriculum Redesign.

Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2021). *Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education*. Pearson.

Luckin, R. (2018). *Machine learning and human intelligence: The future of education for the 21st century*. UCL Institute of Education Press.

Nanda, S. B., & Pradhan, D. K. (2024). Artificial Intelligence in Mathematics Education: A Systematic Review of Global Trends and Emerging Themes. *Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2(2), 153–175.

Nguyen, P. N., Nguyen-The, Q., Vu-Minh, A., Nguyen, D. A., & Pham, X. L. (2024). On the robustness of ChatGPT in teaching Korean mathematics. *arXiv*.

Niss, M., & Højgaard, T. (2019). *Mathematical competencies revisited*. Springer.

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *PLoS Medicine, 18*(3), e1003583.https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003583

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic Reviews, 10*(1), 89. https://doi.org/10.1186/s13643-021-01626-4

Piaget, J. (1970). *Science of education and the psychology of the child*. Orion Press.

Polya, G. (1973). *How to solve it* (2nd ed.). Princeton University Press.

Siemens, G. (2005). Connectivism: A learning theory for the digital age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, 2*(1), 3–10.

Song, Y., Nor, M. Y. M., & Alias, B. S. (2024). AI in Students' Mathematics Learning: A PRISMA-Based Systematic Review of Challenges and Solutions (2021–2024). *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*.

Sutomo, W. A. B., & Turmudi. (2024). Integration of Artificial Intelligence in Mathematics Learning: Systematic Literature Review. *Supremum Journal of Mathematics Education*, 9(1), 29–41.

Son, T. (2024). Intelligent tutoring systems in mathematics education: A systematic literature review using the substitution, augmentation, modification, redefinition model. *Computers, 13*(10), 270. https://doi.org/10.3390/computers13100270.

Utami, R. D., Hidayat, M., & Umam, K. (2024). Tren Penelitian Penggunaan Artificial Intelligence (AI) dalam Pembelajaran Matematika (Studi Kasus Tahun 2020–2024). *Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika Al Qalasadi*, 9(1), 1–14.

VanLehn, K. (2011). The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems. *Educational Psychologist, 46*(4), 197–221.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.

Woolf, B. P. (2010). *Building intelligent interactive tutors*. Morgan Kaufmann.

Ximenes, S. (2024). Artificial Intelligence in Mathematics Education: A Systematic Review of Opportunities, Challenges, and Pedagogical Implications. *Journal of Education Method and Learning Strategy*, 3(3).

Zerkouk, M., Mihoubi, M., & Chikhaoui, B. (2024). A comprehensive review of AI-based intelligent tutoring systems: Applications and challenges. *arXiv*.

Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory Into Practice, 41*(2), 64–70.