

## EFEKTIVITAS IMPLEMENTASI TEKNOLOGI KECERDASAN BUATAN (AI) DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA TINGKAT MENENGAH

Nuryami\*<sup>1</sup>, Hotim Nurjannah<sup>2</sup>, Nurhasanah<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Institut Ahmad Dahlan Probolinggo, Jl. Mahakam No.1, Probolinggo, Indonesia

<sup>3</sup> STKIP PGRI Situbondo, Jl. Argopuro, Situbondo, Indonesia

<sup>1</sup> emi.nuryami@gmail.com, <sup>2</sup> hotimnurjannah@gmail.com, <sup>3</sup>aku.hasanah12@gmail.com

### ARTICLE INFO

#### Article History

Received Aug 5, 2025  
Revised Dec 6, 2025  
Accepted Jan 15, 2026

#### Keywords:

Artificial Intelligence;  
Mathematics learning;  
High School

### ABSTRACT

*Despite the rapid development of artificial intelligence (AI) technology in education, few studies have integrated these findings into a systematic synthesis to identify patterns, opportunities, and challenges of AI implementation. This study aims to fill this gap through a Systematic Literature Review (SLR) approach by analyzing five selected scientific articles from 2014–2024 relevant to the use of AI in junior high and senior high schools. The results show that AI technologies, such as ChatGPT, adaptive learning systems, and intelligent pedagogical agents, can improve learning personalization, student engagement, and understanding of complex mathematical concepts. However, their implementation still faces various challenges, including limited infrastructure, low teacher technological literacy, and ethical and privacy issues. Research trends over the past five years have shown a significant increase in AI integration, particularly through adaptive approaches and game-based learning. These findings provide a basis for developing more effective and contextual AI implementation strategies in mathematics learning.*

#### Corresponding Author:

Nuryami,  
Institut Ahmad Dahlan  
Probolinggo, Indonesia  
emi.nuryami@gmail.com

Meskipun perkembangan teknologi kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) dalam pendidikan semakin pesat, belum banyak penelitian yang mengintegrasikan temuan-temuan tersebut dalam suatu sintesis sistematis untuk mengidentifikasi pola, peluang, serta tantangan implementasi AI. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan tersebut melalui pendekatan Systematic Literature Review (SLR) dengan menganalisis lima artikel ilmiah terpilih dari tahun 2014–2024 yang relevan dengan penggunaan AI pada jenjang SMP dan SMA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi AI, seperti ChatGPT, sistem pembelajaran adaptif, dan agen pedagogik cerdas, mampu meningkatkan personalisasi pembelajaran, keterlibatan siswa, serta pemahaman konsep matematika yang kompleks. Namun, implementasinya masih menghadapi berbagai tantangan, antara lain keterbatasan infrastruktur, rendahnya literasi teknologi guru, serta isu etika dan privasi. Tren penelitian dalam lima tahun terakhir menunjukkan peningkatan signifikan terhadap integrasi AI, khususnya melalui pendekatan adaptif dan pembelajaran berbasis game. Temuan ini memberikan dasar bagi pengembangan strategi implementasi AI yang lebih efektif dan kontekstual dalam pembelajaran matematika.

#### How to cite:

Nuryami, N., Nurjannah, H., & Nurhasanah, N. (2026). Efektivitas implementasi teknologi kecerdasan buatan (AI) dalam pembelajaran matematika tingkat menengah. *JPPI – Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif*, 9(1), 143-158.

## PENDAHULUAN

Dalam era digital saat ini, perkembangan teknologi informasi dan komunikasi, khususnya kecerdasan buatan (AI), telah mengalami kemajuan pesat (Xia et al., 2024). Teknologi ini memiliki potensi besar untuk merevolusi pembelajaran matematika di tingkat menengah melalui pendekatan yang lebih personal, adaptif, dan interaktif. Namun demikian, terdapat ketimpangan yang signifikan antara pesatnya perkembangan teknologi AI dengan praktik pembelajaran di sekolah. Berbagai studi menunjukkan bahwa pemanfaatan AI dalam pembelajaran matematika masih belum optimal dan belum sepenuhnya terintegrasi dalam sistem pendidikan. Kondisi ini mengindikasikan adanya kesenjangan antara potensi teoretis AI dan implementasi nyata di lapangan. Oleh karena itu, penting untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan belum optimalnya pemanfaatan teknologi tersebut dalam pembelajaran. (Chen et al., 2020; Hwang & Tu, 2021).

Sejalan dengan hal tersebut, terdapat sejumlah kendala yang memengaruhi implementasi AI dalam pembelajaran matematika di sekolah. Banyak sekolah belum memiliki infrastruktur yang memadai, seperti ketersediaan perangkat keras, perangkat lunak, serta konektivitas internet yang stabil (Kolog et al., 2022). Selain itu, implementasi AI menuntut kesiapan guru dalam hal literasi teknologi dan kompetensi pedagogis berbasis digital, yang pada kenyataannya masih terbatas (Velandar et al., 2024). Ketersediaan materi pembelajaran berbasis AI yang relevan dan mudah diakses juga masih minim (Ahmed et al., 2022). sehingga menghambat integrasi teknologi dalam kurikulum. Di sisi lain, resistensi terhadap perubahan serta kekhawatiran terkait efektivitas, etika, dan dampak AI terhadap hasil belajar siswa turut menjadi tantangan dalam penerapannya di lingkungan pendidikan.

Meskipun berbagai kendala tersebut masih menjadi hambatan dalam implementasi, perkembangan AI tetap menawarkan peluang yang signifikan dalam meningkatkan kualitas pembelajaran matematika. Teknologi ini memungkinkan terciptanya pembelajaran yang lebih personal dan adaptif, membantu siswa memahami konsep yang kompleks, serta menyediakan umpan balik instan dan bimbingan yang lebih efektif (Song et al., 2025). Oleh karena itu, diperlukan upaya strategis untuk menjembatani kesenjangan antara potensi dan implementasi AI, sehingga pemanfaatannya dapat dioptimalkan dalam meningkatkan kualitas pendidikan di era digital (Xie et al., 2019).

Lebih lanjut, urgensi pemanfaatan teknologi tersebut menjadi semakin jelas jika dikaitkan dengan karakteristik pembelajaran matematika di tingkat menengah. Matematika merupakan salah satu mata pelajaran penting di jenjang ini karena menjadi dasar bagi banyak disiplin ilmu dan karier di masa depan (Nitzan-Tamar & Kohen, 2022). Namun, pembelajaran matematika sering kali dihadapkan pada berbagai tantangan, seperti kurangnya minat siswa, kesulitan memahami konsep abstrak, dan keterbatasan metode pengajaran tradisional (Halim, 2024; Renanda & Sudiansyah, 2024). Banyak siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep matematika yang abstrak dan rumit, yang dapat menghambat proses pembelajaran mereka (Effendy et al., 2025; Lima et al., 2019). Daya tarik matematika sering kali rendah di kalangan siswa, yang berdampak pada motivasi belajar mereka. Selain itu, metode pembelajaran konvensional sering kali tidak cukup fleksibel untuk mengakomodasi kebutuhan individu siswa.

Berkaitan dengan berbagai tantangan tersebut, diperlukan pendekatan inovatif yang mampu menjawab kebutuhan pembelajaran matematika yang lebih adaptif dan berpusat pada siswa. Dalam konteks ini, teknologi Kecerdasan Buatan (AI) menawarkan berbagai solusi yang berpotensi meningkatkan efektivitas pembelajaran. AI dapat digunakan untuk personalisasi

pembelajaran dengan menyesuaikan materi dan metode pengajaran sesuai dengan kebutuhan dan kecepatan belajar setiap siswa (Chen et al., 2020). Selain itu, sistem AI mampu memberikan umpan balik instan serta menyesuaikan tingkat kesulitan soal berdasarkan kemampuan siswa (Strielkowski et al., 2025). Lebih jauh, AI juga dapat menganalisis data pembelajaran untuk mengidentifikasi pola kesulitan siswa dan memberikan rekomendasi strategi pengajaran yang lebih efektif (Hooda et al., 2022). Dengan demikian, penerapan AI dalam pembelajaran matematika di tingkat menengah berpotensi meningkatkan hasil belajar sekaligus membuat proses pembelajaran menjadi lebih menarik dan mudah dipahami meningkatkan hasil belajar siswa dan membuat matematika lebih menarik dan mudah dipahami (Luong et al., 2025).

Meskipun demikian, potensi tersebut belum sepenuhnya dapat direalisasikan secara optimal dalam praktik pembelajaran. Implementasi AI dalam pembelajaran matematika masih menghadapi berbagai tantangan, antara lain adaptasi kurikulum yang sesuai, kesiapan infrastruktur teknologi, serta keterampilan tenaga pengajar dalam memanfaatkan teknologi ini secara efektif (Sinaga, 2024; Yunita & Gunawan, 2025). Selain itu, kekhawatiran mengenai privasi data siswa serta etika penggunaan AI juga memerlukan perhatian yang serius.

Berangkat dari berbagai peluang dan tantangan tersebut, diperlukan kajian yang lebih komprehensif untuk memahami sejauh mana efektivitas implementasi AI dalam pembelajaran matematika di tingkat menengah. Efektivitas implementasi teknologi AI dalam pembelajaran matematika tingkat menengah masih menjadi pertanyaan riset yang penting. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk meninjau secara sistematis berbagai studi terkait guna mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan penerapan AI dalam konteks pendidikan ini. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang mendalam serta menjadi dasar bagi pengembangan strategi implementasi AI yang lebih efektif di masa mendatang.

Berbagai studi telah dilakukan, tetapi temuan yang dihasilkan masih beragam. Hingga kini, belum ada tinjauan sistematis yang menggabungkan berbagai hasil tersebut menjadi satu peta pengetahuan yang menyeluruh. Tantangan dan peluang yang ada meliputi hasil yang beragam, di mana beberapa studi menunjukkan hasil positif mengenai penggunaan AI dalam pembelajaran matematika, sementara studi lainnya melaporkan adanya kendala dan ketidakefektifan (Hwang & Tu, 2021). Faktor-faktor yang menghambat keberhasilan implementasi AI dalam pembelajaran matematika perlu diidentifikasi, termasuk keterbatasan teknis, kesiapan infrastruktur, dan penerimaan dari guru serta siswa (Li, 2024; Li & Manzari, 2025; Wardat et al., 2023).

Karena itu, diperlukan penelitian tinjauan sistematis untuk menilai efektivitas AI dalam meningkatkan kualitas pembelajaran matematika tingkat menengah, mengidentifikasi faktor pendukung keberhasilan, memahami hambatan yang mungkin dihadapi, serta menyusun rekomendasi berdasarkan temuan dari berbagai studi untuk meningkatkan efektivitas penggunaan AI dalam pendidikan. Penelitian ini memiliki beberapa tujuan utama, yaitu menyediakan landasan konseptual yang komprehensif tentang AI dan potensinya dalam meningkatkan pembelajaran matematika, menggali cara praktis bagi pendidik untuk memanfaatkan AI dalam kelas matematika guna meningkatkan hasil belajar siswa, serta membantu institusi pendidikan menyusun strategi yang lebih efektif dengan memanfaatkan teknologi canggih seperti AI. Manfaat yang diharapkan meliputi peningkatan efektivitas pengajaran, keterlibatan siswa yang lebih tinggi, dan peningkatan hasil belajar matematika. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi terhadap inovasi dalam pendidikan melalui pemanfaatan teknologi AI yang lebih baik.

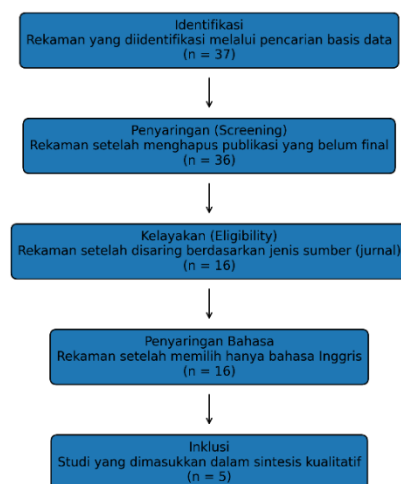
## METODE

Penelitian ini menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR) untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan menginterpretasi seluruh penelitian yang relevan mengenai penerapan teknologi Artificial Intelligence (AI) dalam pembelajaran matematika di tingkat menengah (SMP dan SMA/ sederajat). Penelitian ini dirancang untuk menjawab beberapa pertanyaan utama, antara lain:

RQ1: Bagaimana tren penelitian terkait penggunaan AI dalam pembelajaran matematika tingkat menengah dalam 5–10 tahun terakhir? RQ2: Apa jenis teknologi AI yang paling banyak digunakan dalam pembelajaran matematika tingkat menengah? RQ3: Bagaimana efektivitas implementasi AI terhadap hasil belajar matematika siswa tingkat menengah? RQ4: Apa tantangan dan keterbatasan implementasi AI dalam konteks pembelajaran matematika di tingkat menengah?

Dalam proses tinjauan literatur ini, peneliti menetapkan kriteria inklusi dan eksklusi guna memastikan relevansi dan kualitas artikel yang dianalisis. Kriteria inklusi meliputi: (a) artikel ilmiah yang dipublikasikan dalam kurun waktu 2014–2024; (b) fokus pada pembelajaran matematika menggunakan teknologi AI di tingkat menengah; (c) dipublikasikan dalam jurnal terindeks atau prosiding ilmiah bereputasi; (d) tersedia dalam bahasa Indonesia atau Inggris; serta (e) memiliki akses teks penuh dan menggunakan pendekatan penelitian kuantitatif, kualitatif, maupun metode campuran. Sementara itu, kriteria eksklusi meliputi: artikel yang tidak secara eksplisit membahas AI dalam pembelajaran matematika; studi yang dilakukan pada jenjang pendidikan dasar atau tinggi; artikel berupa opini/editorial tanpa data empiris; serta artikel yang tidak dapat diakses secara penuh.

Strategi pencarian kata kunci (*search string*) menggunakan Boolean Operator: ("Artificial Intelligence" OR "AI") AND ("Mathematics Education" OR "Math Learning") AND ("Secondary School" OR "Middle School" OR "High School") pada tanggal 04 Agustus 2025. Sedangkan basis data yang digunakan adalah basis data scopus menggunakan akun resmi Universitas Muhammadiyah Malang. Proses seleksi data yaitu Identifikasi, Pencarian awal artikel dari basis data dengan kata kunci tertentu. Screening, Menghapus duplikat dan artikel yang tidak relevan berdasarkan judul dan abstrak. Eligibility, Menilai kelayakan artikel berdasarkan full-text dan kriteria inklusi-eksklusi. Dan Included, Artikel yang lolos akan dianalisis secara mendalam. Visualisasi dapat menggunakan diagram PRISMA Flowchart.



**Gambar 1.** Diagram alur PRISMA

Tahap selanjutnya adalah ekstraksi data dari artikel-artikel terpilih. Informasi yang dikumpulkan meliputi identitas artikel (judul, penulis, tahun, dan jurnal), jenis teknologi AI yang digunakan (seperti *machine learning*, chatbot, adaptive learning system, dll.), tujuan dan metode penelitian, konteks pembelajaran matematika yang dikaji, hasil temuan utama terkait efektivitas AI, serta keterbatasan dan rekomendasi dari masing-masing studi. Analisis data dilakukan secara deskriptif dan tematik untuk mengidentifikasi pola umum, temuan kunci, dan kesenjangan penelitian (*research gap*). Hasil sintesis data digunakan untuk menjawab pertanyaan penelitian dan menyusun implikasi teoretis maupun praktis terhadap dunia pendidikan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Dalam proses tinjauan literatur, penelitian ini mengikuti prosedur PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) untuk menjamin kualitas seleksi dan analisis artikel (Parums, 2021). Proses seleksi dimulai dari tahap identifikasi (37 artikel), penyaringan awal pilih *publication stage* yang final (tersisa 36 artikel), *source type* pilih *journal* (menyisakan 16 artikel), *language* pilih *English* (tersisa 16 artikel), *Open access* pilih *all open access* hingga akhirnya diperoleh 5 artikel yang memenuhi seluruh kriteria inklusi.

Analisis Artikel yang Paling Banyak Disitasi Secara Global. Gambaran mengenai artikel yang paling banyak menjadi atensi para peneliti dalam bentuk paling banyak disitasi, disajikan pada Tabel 1 dibawah ini

**Tabel 1.** Artikel yang paling banyak disitasi

| No | Document title   | Authors   | Source   | Year | Citations |
|----|--|---|--|------|-----------|
| 1  | Gea2: A Serious Game Technology-Enhanced Learning in STEM  | Ferro, L.S., Sapio, F., Terracina, A., Temperini, M., Mecella, M. | IEEE Transactions on Learning Technologies, 14(6), pp. 723–739 | 2021 | 21        |
| 2  | Exploring the Integration of Artificial Intelligence-Based ChatGPT into Mathematics Instruction: Perceptions, Challenges, and Implications for Educators | Egara, F.O., Mosimege, M.   | Education Sciences, 14(7), 742                                 | 2024 | 16        |
| 3  | A Theoretical Framework for a Mathematical Cognitive Model for Adaptive Learning Systems   | Sun, S., Wu, X., Xu, T.   | Behavioral Sciences, 13(5), 406                                | 2023 | 10        |
| 4  | Enhancing mathematics  | Alhazzani, N.S.   | International Journal  | 2024 | 2         |

|   |   |  |        |
|---|---|--|--------|
|   | teachers' pedagogical skills by using ChatGPT   | of Innovative Research and Scientific Studies, 7(4), pp. 1614–1627 |        |
| 5 | Developing a cognitive model of solid geometry based on Interpretive Structural Modeling method | Zhang, H., Wu, X., Ju, M. Heliyon, 10(5), e27063                   | 2024 1 |

Artikel berjudul "*Gea2: A Serious Game for Technology-Enhanced Learning in STEM*" memperoleh jumlah sitasi yang tinggi karena menghadirkan kontribusi yang sangat relevan, komprehensif, dan inovatif dalam bidang pembelajaran berbasis teknologi, khususnya dalam konteks *serious games* untuk pendidikan STEM. Artikel ini tidak hanya mengusung konsep yang menarik, tetapi juga memberikan solusi konkret berupa pengembangan Gea2, sebuah permainan edukatif berbasis lingkungan virtual 3D yang imersif. Keunggulan utama dari game ini adalah kemampuannya mengintegrasikan berbagai teknologi pendidikan seperti multimedia learning, alat komunikasi digital, serta agen pedagogik berbasis kecerdasan buatan (AI) yang dapat berinteraksi dengan siswa menggunakan bahasa alami dan memberikan umpan balik otomatis selama proses pembelajaran.

Hal ini membuat Gea2 menjadi model pembelajaran berbasis game yang tidak hanya interaktif, tetapi juga adaptif terhadap kebutuhan siswa. Artikel ini memiliki daya kutip tinggi karena menyajikan bukti empiris dari hasil implementasi dan evaluasi game pada sekitar 100 peserta, yang mencakup siswa dan guru di lingkungan sekolah menengah. Evaluasi ini menunjukkan bahwa penggunaan Gea2 tidak hanya meningkatkan pengalaman belajar siswa, tetapi juga tetap efektif meskipun diterapkan dalam keterbatasan lingkungan kelas tradisional. Ini menjadikan artikel tersebut relevan tidak hanya bagi pengembang teknologi pendidikan, tetapi juga bagi praktisi dan peneliti yang tertarik pada efektivitas implementasi teknologi dalam konteks dunia nyata. Kompleksitas sistem yang ditawarkan dengan penggabungan berbagai pendekatan seperti AI, pembelajaran berbasis game, dan lingkungan belajar virtual membuatnya menjadi acuan utama dalam berbagai studi terkait pengembangan sistem pembelajaran cerdas (Ferro et al., 2021).

Artikel "*Exploring the Integration of Artificial Intelligence-Based ChatGPT into Mathematics Instruction: Perceptions, Challenges, and Implications for Educators*" menempati posisi kedua dengan jumlah sitasi terbanyak (16 sitasi) karena mengangkat isu yang sangat relevan, baru, dan mendesak dalam dunia pendidikan, khususnya integrasi kecerdasan buatan (AI) berbasis *ChatGPT* dalam pengajaran matematika. Popularitasnya sebagai referensi tidak lepas dari konteks kontemporer yang dibahas, yakni bagaimana guru matematika di sekolah menengah di Nigeria memahami, menggunakan, dan menghadapi tantangan dalam mengadopsi *ChatGPT* sebagai alat bantu pedagogis. Artikel ini menggunakan pendekatan *mixed methods* yang solid, dimulai dengan survei kuantitatif terhadap 80 guru dan diikuti dengan wawancara kualitatif mendalam, sehingga menghasilkan analisis yang holistik dan kontekstual terhadap fenomena yang diteliti. Tingginya angka sitasi artikel ini berkaitan erat dengan nilai kontribusinya dalam mengisi celah literatur, khususnya dari perspektif guru matematika di wilayah Afrika. Sebagian besar studi sebelumnya berfokus pada wilayah Global North atau pada bidang pendidikan

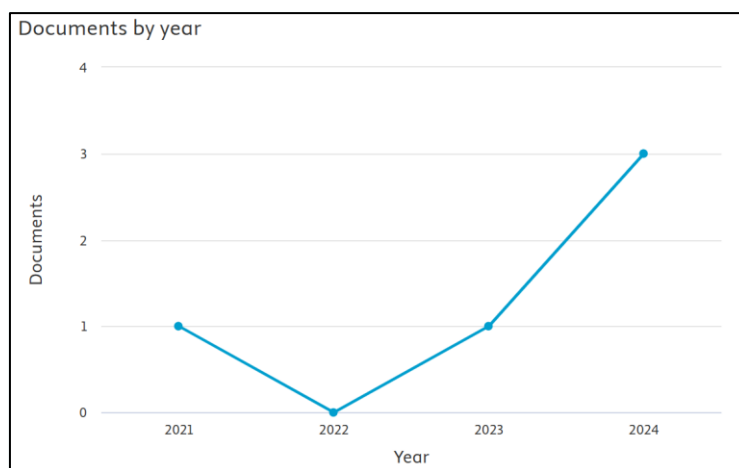
umum, sementara penelitian ini menyajikan data primer dari lingkungan pendidikan di Nigeria, yang jarang terwakili dalam studi AI dan pendidikan. Selain itu, artikel ini juga menyajikan temuan kunci seperti rendahnya tingkat kesadaran guru terhadap ChatGPT (hanya 17% yang familiar), namun pada saat yang sama menunjukkan potensi besar dari penggunaan ChatGPT dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran, keterlibatan siswa, dan pemahaman konsep matematika yang kompleks. Hal ini menjadikan artikel ini sebagai referensi penting baik untuk studi komparatif, pengembangan kebijakan, maupun desain pelatihan guru dalam konteks AI (Egara & Mosimege, 2024).

Artikel “*A Theoretical Framework for a Mathematical Cognitive Model for Adaptive Learning Systems*” memperoleh sitasi terbanyak ketiga (10 sitasi) karena menawarkan kontribusi teoretis yang kuat dalam pengembangan sistem pembelajaran adaptif berbasis pemodelan kognitif matematika. Artikel ini merancang kerangka kerja *Mathematical Cognitive Model (MCM)* yang memungkinkan sistem digital untuk menyesuaikan strategi pembelajaran berdasarkan tahapan berpikir siswa dalam menyelesaikan masalah matematika, bukan hanya berdasarkan data perilaku. Dengan pendekatan multidisipliner yang menggabungkan teori kognitif, pedagogi matematika, dan rekayasa perangkat lunak, artikel ini menjadi rujukan penting bagi peneliti dan pengembang teknologi pendidikan yang ingin membangun sistem pembelajaran yang benar-benar personal dan responsif terhadap kebutuhan kognitif siswa. Selain memberikan fondasi konseptual yang kokoh, artikel ini juga relevan dengan tren global dalam pengembangan *Intelligent Tutoring Systems* dan *learning analytics*, sehingga sering dijadikan referensi dalam studi lanjut terkait desain sistem adaptif, validasi model kognitif, maupun kajian sistematik literatur di bidang pendidikan matematika berbasis teknologi (Sun et al., 2023).

Artikel “*Enhancing Mathematics Teachers’ Pedagogical Skills by Using ChatGPT*” menempati posisi keempat dalam jumlah sitasi terbanyak (2 sitasi), karena menawarkan pendekatan praktis dan kontekstual terhadap pemanfaatan *ChatGPT* dalam meningkatkan keterampilan pedagogik guru matematika. Meskipun jumlah sitasinya masih terbatas, artikel ini menarik perhatian karena mengangkat peran *generative AI* dalam mendukung tugas profesional guru, khususnya dalam penyusunan materi, perencanaan pembelajaran, pengelolaan kelas, dan penyederhanaan konsep matematika yang kompleks. Keunggulan utama artikel ini terletak pada penekanannya terhadap bagaimana *ChatGPT* dapat berfungsi sebagai *pedagogical assistant*, bukan sekadar alat bantu teknologi, serta kemampuannya menjelaskan potensi dan keterbatasan *ChatGPT* dalam konteks pendidikan matematika secara ringkas dan aplikatif. Relevansi tema ini dengan perkembangan cepat AI dalam dunia pendidikan menjadikan artikel ini menjadi bahan rujukan awal bagi peneliti atau praktisi yang tertarik pada integrasi *ChatGPT* ke dalam praktik pembelajaran matematika. Selain itu, meskipun metodologi yang digunakan bersifat eksploratif deskriptif dengan pendekatan naratif, artikel ini memuat pemetaan awal terhadap jenis keterampilan pedagogik yang dapat didukung oleh AI, yang membuatnya layak disitasi dalam studi yang lebih mendalam atau dalam literatur review bertema serupa. Dengan demikian, artikel ini mulai mendapatkan sitasi karena topik yang diangkat sangat relevan, aplikatif, dan membuka ruang eksplorasi lebih lanjut mengenai peran AI dalam pengembangan profesional guru matematika (Alhazzani, 2024).

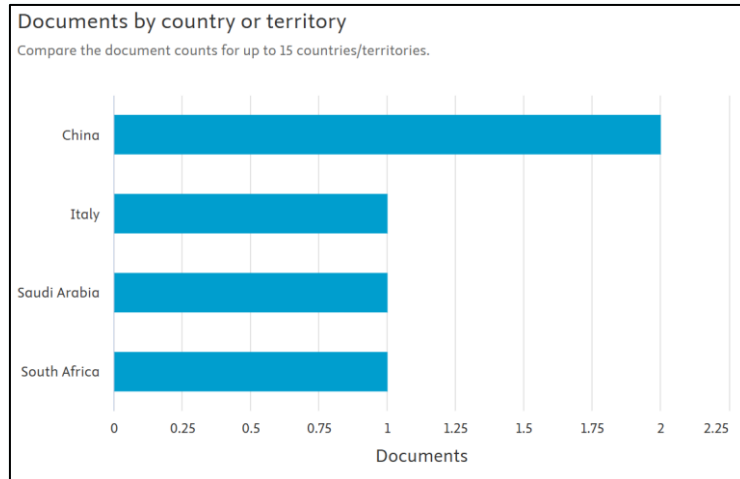
Artikel “*Developing a Cognitive Model of Solid Geometry Based on Interpretive Structural Modeling Method*” menempati posisi kelima dalam jumlah sitasi (1 sitasi) karena menawarkan pendekatan metodologis yang inovatif dalam membangun model kognitif pembelajaran geometri ruang menggunakan *Interpretive Structural Modeling (ISM)*. Artikel ini menyumbangkan perspektif baru dalam pendidikan matematika dengan memetakan hubungan antar konsep geometri secara hierarkis berdasarkan struktur berpikir siswa, sehingga

menghasilkan kerangka konseptual yang sistematis dan aplikatif untuk mengidentifikasi kesulitan serta tahapan pemahaman siswa terhadap bangun ruang. Meskipun masih memiliki sitasi yang terbatas karena baru diterbitkan dan menggunakan pendekatan yang cukup spesifik, artikel ini memiliki potensi besar sebagai rujukan dalam studi-studi lanjutan yang berfokus pada pengembangan pembelajaran berbasis kognitif, desain instruksional yang terstruktur, serta pengembangan kurikulum matematika yang memperhatikan keterkaitan antar konsep. Relevansi pendekatan ISM yang jarang digunakan dalam konteks geometri menjadikan artikel ini mulai dilirik sebagai referensi awal dalam pengembangan model konseptual yang mendalam dan berbasis analisis sistem berpikir siswa (Zhang et al., 2024).



**Gambar 2.** Dokumen berdasarkan tahun

Kecenderungan tahun terbit menunjukkan bahwa penelitian mengenai implementasi teknologi AI dalam pembelajaran matematika mulai mendapatkan perhatian sejak tahun 2021, terutama dengan fokus pada penerapan teknologi dalam konteks STEM dan pembelajaran matematika. Puncak publikasi terjadi pada tahun 2024, di mana tiga dari lima artikel yang dianalisis diterbitkan pada tahun tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa minat terhadap penelitian AI dalam pendidikan matematika tingkat menengah mengalami peningkatan yang signifikan dalam dua tahun terakhir. Seiring dengan perkembangan tersebut, terjadi pergeseran fokus penelitian dari waktu ke waktu. Pada tahun 2021, penelitian lebih menekankan pada penggunaan *serious game* berbasis AI dalam pembelajaran STEM, seperti yang ditunjukkan pada artikel Gea2. Selanjutnya, pada tahun 2023, fokus mulai bergeser ke arah pengembangan pendekatan teoretis dan model kognitif adaptif dalam sistem pembelajaran berbasis AI. Pada tahun 2024, penelitian semakin mengarah pada penerapan praktis, khususnya integrasi teknologi seperti ChatGPT untuk mendukung peran guru dan proses pembelajaran matematika secara langsung. Selain itu, keterkaitan antara tahun publikasi dan isu yang diangkat menunjukkan bahwa topik-topik baru, seperti penggunaan ChatGPT dan *adaptive learning system*, menjadi tren dominan sejak tahun 2023 hingga 2024. Hal ini mencerminkan respons dunia pendidikan terhadap pesatnya perkembangan teknologi AI generatif serta upaya implementasinya dalam konteks pembelajaran di kelas.



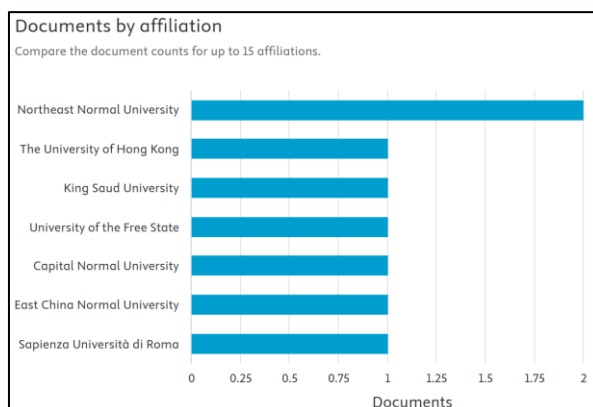
**Gambar 3.** Negara atau Wilayah Penulis

Peneliti dari Tiongkok dan Hong Kong, misalnya, seperti yang terlihat dalam dua artikel dari *Heliyon* (2024) dan *MDPI* (2023), menunjukkan pendekatan yang sangat teoritis dan struktural terhadap pembelajaran matematika berbasis AI. Hal ini sejalan dengan kebijakan pendidikan di Tiongkok yang sangat mendorong integrasi teknologi mutakhir dalam sistem pendidikan nasional serta pengembangan sistem pembelajaran adaptif yang kompleks. Mereka menitikberatkan pada konstruksi model kognitif menggunakan metode seperti Interpretive Structural Modeling (ISM), yang mencerminkan latar belakang akademik yang kuat dan sumber daya riset yang memadai.

Sebaliknya, artikel dari Arab Saudi menyoroti penggunaan *ChatGPT* sebagai sarana untuk meningkatkan keterampilan pedagogis guru matematika perempuan di sekolah menengah. Fokus ini sangat kontekstual dan mencerminkan prioritas nasional Arab Saudi yang saat ini sedang bertransformasi melalui *Saudi Vision 2030*, yaitu dengan mendorong modernisasi sistem pendidikan dan pemberdayaan perempuan. Di sini, AI dilihat sebagai alat untuk mengatasi tantangan konkret dalam pengajaran di kelas, terutama dalam menciptakan pembelajaran kreatif dan adaptif.

Sementara itu, kontribusi dari Nigeria dan Afrika Selatan memperlihatkan tantangan dan potensi adopsi teknologi AI dalam lingkungan pendidikan yang masih menghadapi hambatan struktural seperti keterbatasan infrastruktur digital dan kesenjangan pengetahuan teknologi di kalangan guru. Artikel mereka lebih bersifat eksploratif dan berfokus pada persepsi serta kesiapan guru dalam mengintegrasikan *ChatGPT* ke dalam pembelajaran matematika. Ini menunjukkan bahwa di negara-negara berkembang, aspek penerimaan, pelatihan, dan adaptasi teknologi oleh pendidik menjadi faktor kunci sebelum implementasi AI dapat sepenuhnya efektif.

Dalam kasus Italia, melalui artikel “*Gea2: A Serious Game for Technology-Enhanced Learning in STEM*”, terlihat adanya pendekatan interdisipliner antara pendidikan dan teknologi game berbasis AI yang digunakan secara langsung untuk mendukung pembelajaran STEM di tingkat SMA. Italia, sebagai negara Eropa dengan kebijakan pendidikan inovatif, menunjukkan bahwa AI tidak hanya dimanfaatkan untuk personalisasi pembelajaran tetapi juga untuk meningkatkan keterlibatan siswa melalui media interaktif. Ini menunjukkan kesiapan infrastruktur teknologi dan dukungan kebijakan yang mendorong eksplorasi pembelajaran berbasis game dan agen cerdas dalam skenario kelas nyata.



**Gambar 4.** Lembaga Asal Penulis

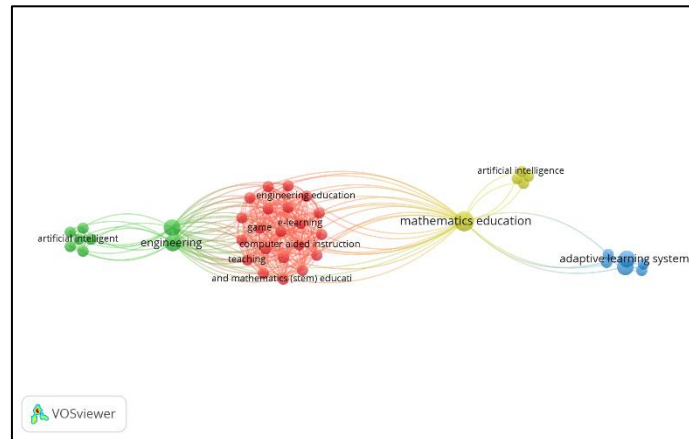
Pertama, artikel berjudul "*A Theoretical Framework for a Mathematical Cognitive Model for Adaptive Learning Systems*" (2023) ditulis oleh peneliti dari tiga institusi pendidikan tinggi ternama di Tiongkok, yakni Capital Normal University (Beijing), Northeast Normal University (Changchun), dan East China Normal University (Shanghai). Ketiga lembaga ini dikenal memiliki keunggulan dalam pengembangan pendidikan dasar dan pedagogi matematika. Keterlibatan mereka menunjukkan bahwa riset ini didukung oleh institusi yang memiliki fokus pada pendidikan guru dan pengembangan sistem pembelajaran berbasis model kognitif, terutama untuk pendidikan matematika. Hal ini menggambarkan kuatnya kolaborasi akademik di Tiongkok dalam membangun kerangka teoretis yang kompleks dan sistematis untuk mendukung sistem pembelajaran adaptif berbasis AI.

Selanjutnya, artikel "*Exploring the Integration of Artificial Intelligence-Based ChatGPT into Mathematics Instruction*" (2024) berasal dari kolaborasi antara University of Nigeria, Nsukka dan University of the Free State, Afrika Selatan. Kedua lembaga ini menunjukkan kolaborasi lintas negara Afrika, dengan fokus pada tantangan nyata dalam adopsi AI di pendidikan matematika. Lembaga-lembaga ini mewakili institusi dengan tantangan infrastruktur pendidikan yang berbeda dibandingkan dengan negara maju, tetapi memiliki komitmen tinggi dalam penelitian pendidikan yang kontekstual dan relevan. Mereka menekankan pendekatan berbasis persepsi guru, kesiapan, dan tantangan implementasi teknologi dalam ruang kelas menengah yang nyata.

Sementara itu, artikel "*Enhancing Mathematics Teachers' Pedagogical Skills by Using ChatGPT*" ditulis oleh peneliti dari Shaqra University, Arab Saudi. Universitas ini termasuk dalam jajaran institusi yang sedang berkembang pesat dalam bidang pendidikan berbasis teknologi, seiring dengan inisiatif nasional seperti Saudi Vision 2030 yang menekankan transformasi digital di sektor pendidikan. Fokus lembaga ini pada pelatihan pedagogis guru perempuan melalui teknologi AI mencerminkan peran universitas dalam pemberdayaan dan modernisasi pendidikan berbasis kebijakan negara.

Untuk artikel yang berasal dari Italia, "*Gea2: A Serious Game for Technology-Enhanced Learning in STEM*" ditulis oleh peneliti dari berbagai lembaga pendidikan tinggi dan penelitian seperti University of Naples Federico II dan institusi teknologi lainnya. Universitas tersebut memiliki reputasi kuat dalam riset interdisipliner, khususnya dalam teknologi pendidikan dan game-based learning. Hal ini terlihat dari pendekatan pengembangan game edukatif 3D yang kompleks dan berbasis agen AI untuk mendukung pembelajaran STEM di tingkat menengah. Lembaga-lembaga asal penulis Italia ini memperlihatkan kapabilitas tinggi dalam pengembangan teknologi pembelajaran yang inovatif dan aplikatif dalam konteks Eropa.

Secara keseluruhan, analisis lembaga-lembaga asal penulis menunjukkan adanya spektrum kontribusi yang luas—dari universitas riset besar di Tiongkok dan Italia yang berfokus pada pendekatan sistematis dan teknologi mutakhir, hingga institusi dari Afrika dan Timur Tengah yang berfokus pada adaptasi praktis AI dalam konteks pembelajaran matematika yang lebih lokal dan realistis. Variasi ini penting dalam menggambarkan gambaran global tentang efektivitas implementasi AI dalam pembelajaran matematika tingkat menengah serta menyoroti perlunya pendekatan yang kontekstual dalam mengadopsi teknologi pendidikan.



**Gambar 5.** Tren Kata Kunci

Dalam literatur yang ditinjau secara sistematis, beberapa kata kunci dominan yang muncul secara konsisten di berbagai publikasi adalah: “artificial intelligence (AI)”, “mathematics education”, “adaptive learning”, “ChatGPT”, “cognitive model”, “intelligent tutoring system”, serta “STEM”. Kata-kata kunci ini menegaskan bahwa perhatian utama para peneliti terkonsentrasi pada bagaimana teknologi AI, termasuk model bahasa besar seperti ChatGPT, dapat meningkatkan kualitas pembelajaran matematika melalui pendekatan yang lebih personal, interaktif, dan berbasis data.

Secara khusus, artikel dari Tiong dan Goh (2024) serta Egara dan Mosimege (2024) sangat menekankan pada penggunaan ChatGPT dalam meningkatkan efektivitas pengajaran matematika, dengan menyoroti kemampuannya dalam menyediakan umpan balik instan, penjelasan personal, dan pembelajaran yang kontekstual. Sementara itu, Sun et al. (2023) menekankan pentingnya model kognitif matematis sebagai dasar dalam membangun sistem pembelajaran adaptif berbasis AI—sebuah pendekatan yang memanfaatkan cognitive diagnostic assessment untuk menyesuaikan konten dengan kebutuhan kognitif siswa.

Di sisi lain, artikel "Gea2: A Serious Game for Technology-Enhanced Learning in STEM" dari Italia memperkenalkan pendekatan yang lebih imersif melalui game-based learning yang didukung oleh intelligent pedagogical agents. Hal ini menunjukkan tren baru bahwa integrasi AI tidak hanya bersifat tekstual atau responsif seperti dalam chatbot, tetapi juga mulai diarahkan pada pengalaman pembelajaran virtual berbasis game yang interaktif dan mendalam.

Dari keseluruhan artikel, dapat dilihat bahwa “personalized learning”, “cognitive adaptability”, dan “interactive AI tools” juga muncul sebagai fokus utama. Keseluruhan tren ini mengindikasikan bahwa teknologi AI tidak hanya digunakan untuk menyampaikan informasi, tetapi juga untuk memfasilitasi diagnosis kognitif, mendukung pengambilan keputusan pedagogis, dan menciptakan lingkungan belajar yang lebih menarik bagi siswa tingkat menengah.

## Pembahasan

Hasil kajian menunjukkan bahwa implementasi teknologi kecerdasan buatan (AI) dalam pembelajaran matematika di tingkat menengah secara umum memberikan dampak positif terhadap kualitas pembelajaran, khususnya dalam aspek personalisasi, keterlibatan siswa, dan pemahaman konsep. Namun demikian, efektivitas tersebut tidak bersifat universal, melainkan sangat dipengaruhi oleh konteks implementasi, jenis teknologi yang digunakan, serta kesiapan sistem pendidikan.

Secara tematik, temuan penelitian dapat dikelompokkan ke dalam tiga aspek utama, yaitu (1) peningkatan kualitas pembelajaran, (2) inovasi pendekatan pedagogis, dan (3) tantangan implementasi. Pada aspek pertama, sebagian besar studi menunjukkan bahwa AI mampu meningkatkan pemahaman konsep matematika melalui penyajian materi yang adaptif dan responsif terhadap kebutuhan individu siswa. Hal ini sejalan dengan prinsip *personalized learning*, di mana sistem AI menyesuaikan tingkat kesulitan dan jenis latihan berdasarkan performa siswa secara real-time. Namun, efektivitas ini cenderung lebih optimal pada lingkungan pembelajaran yang telah memiliki dukungan teknologi yang memadai.

Pada aspek kedua, AI tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu, tetapi juga mendorong munculnya inovasi dalam pendekatan pembelajaran. Penggunaan *adaptive learning system*, agen pedagogik cerdas, serta integrasi AI generatif seperti ChatGPT menunjukkan pergeseran dari pembelajaran konvensional menuju pembelajaran yang lebih interaktif dan berbasis data. Temuan ini mengindikasikan bahwa AI berpotensi mengubah peran guru dari penyampai informasi menjadi fasilitator pembelajaran. Meskipun demikian, transformasi ini menuntut kompetensi baru bagi guru, terutama dalam mengelola dan memanfaatkan teknologi secara pedagogis.

Sementara itu, pada aspek ketiga, berbagai tantangan implementasi masih menjadi faktor penghambat utama. Keterbatasan infrastruktur, rendahnya literasi digital guru, serta isu etika dan privasi data menjadi temuan yang konsisten di berbagai studi. Hal ini menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi AI tidak hanya ditentukan oleh kecanggihan teknologi, tetapi juga oleh kesiapan ekosistem pendidikan secara menyeluruh. Dengan kata lain, terdapat kesenjangan antara potensi teknologi AI dan realitas implementasinya di lapangan.

Lebih lanjut, analisis terhadap tren penelitian menunjukkan adanya pergeseran fokus dari pendekatan eksploratif menuju implementasi praktis dalam beberapa tahun terakhir. Jika pada awalnya penelitian lebih berfokus pada pengembangan model dan konsep, maka studi terbaru cenderung mengkaji integrasi langsung teknologi AI dalam pembelajaran matematika. Pergeseran ini mencerminkan meningkatnya kematangan teknologi AI sekaligus kebutuhan untuk menguji efektivitasnya dalam konteks nyata.

Dalam 5–10 tahun terakhir, tren penelitian mengenai penggunaan AI dalam pembelajaran matematika tingkat menengah menunjukkan peningkatan signifikan, baik dari segi kuantitas maupun kedalaman kajian. Hal ini didorong oleh perkembangan teknologi, seperti *machine learning*, *chatbots*, dan *adaptive learning systems*, yang mulai diterapkan dalam konteks pendidikan. Studi oleh Sun et al. (2023) dan Zhang et al. (2024) menggarisbawahi pergeseran fokus dari sekadar penilaian hasil belajar menuju pemahaman proses kognitif siswa melalui *cognitive diagnostic assessment* dan pengembangan model kognitif.

Selain itu, munculnya *ChatGPT* dan *generative AI* sejak tahun 2022 telah mendorong studi-studi baru seperti oleh Alhazzani (2024) dan Egara & Mosimege (2024) yang mengeksplorasi penggunaan AI dalam mendukung guru matematika secara langsung di kelas. Pendekatan ini

mencerminkan pergeseran dari sistem berbasis pakar (rule-based systems) ke sistem berbasis bahasa alami dan percakapan. Artikel Gea2 dari Italia (2021) juga menunjukkan tren penggunaan *serious game* berbasis AI sebagai media pembelajaran STEM, menandai pendekatan interdisipliner yang inovatif dan interaktif.

Dari artikel-artikel yang ditinjau, terdapat beberapa jenis teknologi AI dominan yang digunakan: 1) Model Bahasa Generatif (Generative AI) – ChatGPT: Teknologi ini sangat menonjol dalam artikel oleh Alhazzani (2024) dan Egara & Mosimege (2024), di mana ChatGPT digunakan sebagai *virtual assistant* dan *pedagogical support tool* untuk guru matematika, memberikan umpan balik, penjelasan konsep, dan mendukung pembelajaran kreatif. 2) Sistem Pembelajaran Adaptif (Adaptive Learning Systems): Digunakan dalam studi oleh Sun et al. (2023) dan Zhang et al. (2024), yang membangun *mathematical cognitive models* berbasis *Interpretive Structural Modeling (ISM)* untuk mendukung diagnosis dan personalisasi pembelajaran. 3) Intelligent Tutoring System dan Pedagogical Agents: Diterapkan dalam Gea2 (2021) di mana agen pedagogis cerdas digunakan dalam lingkungan virtual 3D untuk memberikan dukungan secara natural language kepada siswa saat bermain game edukatif.

Teknologi kecerdasan buatan (AI) dalam pembelajaran matematika umumnya dimanfaatkan untuk berbagai fungsi utama, seperti diagnostik kognitif siswa, pemberian umpan balik otomatis, pembelajaran berbasis game, interaksi percakapan edukatif, serta personalisasi konten pembelajaran. Secara umum, seluruh studi yang dianalisis menunjukkan bahwa implementasi AI memberikan dampak positif terhadap hasil belajar siswa, meskipun dengan variasi konteks dan tingkat efektivitas. Misalnya, Alhazzani (2024) menemukan bahwa penggunaan ChatGPT mampu meningkatkan keterampilan pengajaran kreatif guru, yang secara tidak langsung berdampak pada peningkatan pengalaman belajar siswa. Temuan ini sejalan dengan penelitian Egara dan Mosimege (2024) yang menunjukkan bahwa penggunaan ChatGPT dapat meningkatkan keterlibatan siswa, pemahaman konsep kompleks, serta menciptakan pengalaman belajar yang lebih interaktif, meskipun tingkat adopsinya masih terbatas. Sementara itu, Zhang et al. (2024) dan Sun et al. (2023) menyoroti bahwa model kognitif berbasis AI dalam sistem pembelajaran adaptif mampu meningkatkan akurasi evaluasi siswa, sehingga memungkinkan intervensi pembelajaran yang lebih tepat sasaran. Di sisi lain, penelitian Gea2 (2021) menunjukkan bahwa game edukatif berbasis AI efektif dalam meningkatkan daya tarik dan keterlibatan siswa, bahkan dalam kondisi pembelajaran dengan keterbatasan fasilitas.

Meskipun demikian, berbagai studi juga mengidentifikasi sejumlah tantangan dan keterbatasan dalam implementasi AI. Dari aspek teknis, keterbatasan infrastruktur dan akses teknologi masih menjadi hambatan utama, seperti yang ditemukan oleh Egara dan Mosimege (2024) di Nigeria, yang meliputi kurangnya fasilitas, pelatihan, serta kesesuaian dengan kurikulum. Selain itu, rendahnya literasi AI pada guru menjadi tantangan signifikan, di mana banyak pendidik belum memiliki keterampilan yang memadai dalam memanfaatkan teknologi seperti ChatGPT secara pedagogis (Alhazzani, 2024). Lebih lanjut, terdapat kekhawatiran terkait ketergantungan berlebihan siswa terhadap AI yang berpotensi menghambat perkembangan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Aspek lain yang juga menjadi perhatian adalah akurasi dan relevansi respons AI, di mana sistem seperti ChatGPT dapat menghasilkan jawaban yang kurang tepat atau tidak kontekstual tergantung pada kualitas input pengguna. Selain itu, kebutuhan akan kontekstualisasi dan kustomisasi teknologi juga menjadi penting, mengingat sistem AI perlu disesuaikan dengan karakteristik siswa, bahasa lokal, serta kondisi sosial budaya, sebagaimana ditunjukkan dalam berbagai studi di kawasan Afrika dan Arab Saudi.

## KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengisi kesenjangan penelitian terkait belum adanya sintesis komprehensif mengenai efektivitas implementasi kecerdasan buatan (AI) dalam pembelajaran matematika tingkat menengah. Berdasarkan hasil Systematic Literature Review, ditemukan bahwa teknologi AI, seperti ChatGPT, *adaptive learning systems*, dan *intelligent agents*, secara konsisten memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan personalisasi pembelajaran, keterlibatan siswa, serta pemahaman konsep matematika. Selain itu, AI juga berperan dalam mendukung pengembangan kompetensi guru melalui penyediaan umpan balik dan sumber belajar yang adaptif. Temuan ini menegaskan bahwa AI memiliki potensi strategis dalam mentransformasi pembelajaran matematika menjadi lebih efektif, interaktif, dan berpusat pada siswa, sehingga relevan dengan tuntutan pendidikan di era digital. Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi AI dalam pembelajaran matematika perlu didukung oleh kebijakan yang komprehensif, peningkatan literasi digital guru, serta penyediaan infrastruktur yang memadai agar implementasinya berjalan optimal dan berkelanjutan. Namun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan, antara lain jumlah artikel yang dianalisis masih terbatas dan didominasi oleh konteks tertentu, sehingga generalisasi temuan perlu dilakukan dengan hati-hati. Selain itu, variasi metode dan pendekatan dalam studi yang dianalisis juga menjadi tantangan dalam melakukan sintesis yang lebih mendalam. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan lebih banyak studi empiris dengan konteks yang beragam, serta mengeksplorasi secara lebih spesifik dampak penggunaan AI terhadap aspek kognitif, afektif, dan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa dalam pembelajaran matematika.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih dan rasa syukur ditujukan pada kampus tercinta Institut Ahmad Dahlan Probolinggo yang telah berkenan memberikan dana pada penerbitan artikel ini. Tak lupa kami sampaikan ucapan syukur dan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penyusunan artikel ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, S., Khalil, M. I., Chowdhury, B., Haque, R., Rahman, A., Senathirajah, S., & Din, O. (2022). Motivators and barriers of artificial intelligent (AI) based teaching. *Eurasian Journal of Educational Research*, 100(100), 74–89.
- Alhazzani, N. S. (2024). Enhancing mathematics teachers' pedagogical skills by using ChatGPT. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, 7(4), 1614–1627. <https://doi.org/10.53894/ijirss.v7i4.3460>
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *Ieee Access*, 8, 75264–75278.
- Effendy, D. P., Adrias, A., & Zulkarnaini, A. P. (2025). Kesulitan Siswa dalam Memahami Pelajaran Matematika dan Cara Mengatasinya. *Bilangan: Jurnal Ilmiah Matematika, Kebumihan Dan Angkasa*, 3(3), 1–7.
- Egara, F. O., & Mosimege, M. (2024). Exploring the Integration of Artificial Intelligence-Based ChatGPT into Mathematics Instruction: Perceptions, Challenges, and Implications for Educators. *Education Sciences*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/educsci14070742>
- Ferro, L. S., Sapio, F., Terracina, A., Temperini, M., & Mecella, M. (2021). Gea2: A Serious Game for Technology-Enhanced Learning in STEM. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 14(6), 723–739. <https://doi.org/10.1109/TLT.2022.3143519>
- Halim, R. A. (2024). Analisis hambatan dan tantangan guru dalam mengimplementasikan Kurikulum

- Merdeka pada pembelajaran matematika di MTs 3 Tidore. *JUANGA: Jurnal Agama Dan Ilmu Pengetahuan*, 219–235.
- Hooda, M., Rana, C., Dahiya, O., Rizwan, A., & Hossain, M. S. (2022). Artificial intelligence for assessment and feedback to enhance student success in higher education. *Mathematical Problems in Engineering*, 2022(1), 5215722.
- Hwang, G.-J., & Tu, Y.-F. (2021). Roles and research trends of artificial intelligence in mathematics education: A bibliometric mapping analysis and systematic review. *Mathematics*, 9(6), 584.
- Kolog, E. A., Odoi Devine, S. N., Egala, S. B., Amponsah, R., Budu, J., & Farinloye, T. (2022). Rethinking the implementation of artificial intelligence for a sustainable education in Africa: Challenges and solutions. In *Management and Information Technology in the Digital Era: Challenges and Perspectives* (pp. 27–46). Emerald Publishing Limited.
- Li, M. (2024). Integrating artificial intelligence in primary mathematics education: Investigating internal and external influences on teacher adoption. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 1–26.
- Li, M., & Manzari, E. (2025). AI utilization in primary mathematics education: a case study from a southwestern Chinese city. *Education and Information Technologies*, 1–34.
- Lima, P. da S. N., das Almas Silva, L., Félix, I. M., & de Oliveira Brandão, L. (2019). Difficulties in basic concepts of mathematics in higher education: A systematic review. *2019 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1–7.
- Luong, V. T., Long, T. T., & Linh, N. T. T. (2025). Personalized Mathematics Teaching with The Support of AI Chatbots to Improve Mathematical Problem-Solving Competence for High School Students in Vietnam. *European Journal of Educational Research*, 14(1).
- Nitzan-Tamar, O., & Kohen, Z. (2022). Secondary school mathematics and entrance into the STEM professions: A longitudinal study. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 63.
- Parums, D. V. (2021). Review articles, systematic reviews, meta-analysis, and the updated preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses (PRISMA) 2020 guidelines. *Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*, 27, e934475-1.
- Renanda, R., & Sudiansyah, S. (2024). Utilization of Symbols in Mathematics Learning: A Documentation Study on High School Students' Understanding of Abstract Concepts. *COSMOS: Jurnal Ilmu Pendidikan, Ekonomi Dan Teknologi*, 2(1), 212–229.
- Sinaga, M. (2024). Peran dan tantangan penggunaan AI (Artificial Intelligence) dalam pembelajaran matematika. *Prosiding Seminar Nasional Keguruan Dan Pendidikan (Snkp)*, 2, 115–121.
- Song, X., Mak, J., & Chen, H. (2025). Teachers and Learners' Perceptions about Implementation of AI Tools in Elementary Mathematics Classes. *SAGE Open*, 15(2), 21582440251334544.
- Strielkowski, W., Grebennikova, V., Lisovskiy, A., Rakhimova, G., & Vasileva, T. (2025). AI-driven adaptive learning for sustainable educational transformation. *Sustainable Development*, 33(2), 1921–1947.
- Sun, S., Wu, X., & Xu, T. (2023). A Theoretical Framework for a Mathematical Cognitive Model for Adaptive Learning Systems. *Behavioral Sciences*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/bs13050406>
- Velander, J., Taiye, M. A., Otero, N., & Milrad, M. (2024). Artificial Intelligence in K-12 Education: eliciting and reflecting on Swedish teachers' understanding of AI and its implications for teaching & learning. *Education and Information Technologies*, 29(4), 4085–4105.
- Wardat, Y., Tashtoush, M. A., AlAli, R., & Jarrah, A. M. (2023). ChatGPT: A revolutionary tool for teaching and learning mathematics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(7), em2286.
- Xia, L., Baghaie, S., & Sajadi, S. M. (2024). The digital economy: Challenges and opportunities in the new era of technology and electronic communications. *Ain Shams Engineering Journal*, 15(2), 102411.
- Xie, H., Chu, H.-C., Hwang, G.-J., & Wang, C.-C. (2019). Trends and development in technology-enhanced adaptive/personalized learning: A systematic review of journal publications from 2007 to 2017. *Computers & Education*, 140, 103599.
- Yunita, F., & Gunawan, G. (2025). Artificial Intelligence dalam Pembelajaran Matematika: Sebuah Tantangan dan Peluang. *Media Pendidikan Matematika*, 13(1), 300–315.

Zhang, H., Wu, X., & Ju, M. (2024). Developing a cognitive model of solid geometry based on Interpretive Structural Modeling method. *Heliyon*, *10*(5). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27063>.