Mandalika Mathematics and Education Journal
Volume 8 Nomor 3, September 2026
e-ISSN 2715-1190| |p-ISSN 2715-8292
DOI: http://dx.doi.org/10.29303/jm.v8i3.12725

Transformasi Asesmen Matematika pada Era Kecerdasan Buatan: Sebuah Systematic Literature Review tentang Praktik Asesmen, Umpan Balik, Learning Analytics, dan Arah Penelitian Masa Depan

Lisda Ramdhani*, I Gusti Lanang Agung Parwata, I Gede Ratnaya, I Dewa Ayu Made Budhyani

[1]*Universitas Pendidikan Ganesha, Singaraja*

lisdaramdhani1227@gmail.com

Abstract
The rapid advancement of Artificial Intelligence (AI) has significantly transformed mathematics assessment by enabling adaptive assessment, automated feedback, learning analytics, and data-driven instructional decision-making. This study aimed to synthesize current evidence regarding AI-based mathematics assessment, feedback practices, learning analytics, and future research directions. A Systematic Literature Review (SLR) was conducted following the PRISMA 2020 guidelines using the Scopus database. The search covered publications from 2015 to 2026 with the query related to mathematics education, generative AI, artificial intelligence, assessment, and feedback. After applying inclusion and exclusion criteria, 33 articles were selected for analysis. The findings indicate that AI has shifted mathematics assessment from traditional summative evaluation toward adaptive, formative, and personalized assessment. AI-generated feedback and learning analytics improve students' problem-solving skills, conceptual understanding, and teachers' instructional decisions. Nevertheless, issues concerning validity, ethical use, data privacy, and teachers' AI literacy remain major challenges. Future studies should develop ethical, explainable, and human-centered AI assessment frameworks that strengthen mathematics learning while preserving pedagogical quality.

Keywords: *Artificial Intelligence; Mathematics Assessment; Generative AI; Learning Analytics; Feedback; Systematic Literature Review*

Abstrak
Perkembangan pesat Artificial Intelligence (AI) telah mentransformasi asesmen matematika secara signifikan melalui penerapan asesmen adaptif, umpan balik otomatis, *learning analytics*, serta pengambilan keputusan pembelajaran berbasis data. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis bukti-bukti terkini mengenai asesmen matematika berbasis AI, praktik pemberian umpan balik, implementasi *learning analytics*, dan arah penelitian di masa depan. Penelitian menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR) dengan mengacu pada pedoman PRISMA 2020 dan memanfaatkan basis data Scopus. Proses pencarian literatur mencakup publikasi tahun 2015–2026 menggunakan kata kunci yang berkaitan dengan pendidikan matematika, *generative AI*, *artificial intelligence*, asesmen, dan umpan balik. Setelah melalui proses seleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi, diperoleh 33 artikel yang dianalisis.

Hasil kajian menunjukkan bahwa AI telah menggeser paradigma asesmen matematika dari evaluasi sumatif konvensional menuju asesmen yang lebih adaptif, formatif, dan personal. Umpan balik berbasis AI dan *learning analytics* terbukti mampu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah, pemahaman konseptual siswa, serta mendukung pengambilan keputusan pembelajaran oleh guru. Meskipun demikian, isu terkait validitas asesmen, etika penggunaan AI, privasi data, dan literasi AI guru masih menjadi tantangan utama. Penelitian selanjutnya perlu mengembangkan kerangka asesmen matematika berbasis AI yang etis, transparan, mudah dijelaskan (*explainable*), dan berpusat pada manusia guna meningkatkan kualitas pembelajaran matematika tanpa mengabaikan prinsip-prinsip pedagogis.

Kata kunci: *Artificial Intelligence; Asesmen Matematika; Generative AI; Learning Analytics; Umpan Balik; Systematic Literature Review*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan Artificial Intelligence (AI) telah mentransformasi pendidikan matematika melalui hadirnya Generative AI, *large language models* (LLMs), *intelligent tutoring systems*, dan *AI learning companion* yang mendorong pembelajaran menjadi lebih adaptif, personal, dan berbasis data (Walkington, 2025; Abosaooda et al., 2026; Kuo et al., 2026). Dalam konteks pendidikan matematika, AI tidak hanya membantu penyelesaian soal, tetapi juga mendukung asesmen, pemberian umpan balik, analisis proses belajar, dan pengambilan keputusan pembelajaran berbasis data (Liu et al., 2025; Hu et al., 2026; Zhu et al., 2026). Perubahan ini penting karena pembelajaran matematika menuntut pemahaman konsep, penalaran, representasi, argumentasi, dan pemecahan masalah, bukan sekadar memperoleh jawaban benar (Karaca, 2026; Lim et al., 2026; Stamenkova, 2025).

Transformasi tersebut mengubah paradigma asesmen dari sekadar mengukur hasil belajar menjadi bagian integral dari proses pembelajaran yang mampu memantau perkembangan berpikir siswa secara berkelanjutan (Karaca, 2026; Hu et al., 2026; Thuy et al., 2025). Asesmen berkembang dari assessment of learning menuju assessment for learning dan assessment as learning karena AI memungkinkan evaluasi yang lebih cepat, adaptif, dan personal (Thuy et al., 2025; Liu et al., 2025; López-Pernas et al., 2026). AI juga memperkuat asesmen formatif melalui identifikasi kesalahan, penyesuaian tingkat kesulitan, pemberian petunjuk, serta pengembangan kemampuan metakognitif peserta didik (Kuo et al., 2026; Kassanew et al., 2026; Huda et al., 2025).

Inovasi penting lainnya adalah automatic item generation, yaitu kemampuan AI menghasilkan soal secara otomatis sesuai kompetensi dan tujuan pembelajaran (Chan et al., 2025; Oh, 2025; Zhu et al., 2026). Teknologi ini membantu guru menyusun variasi soal yang lebih kaya dan kontekstual (Chan et al., 2025; Torres-Peña et al., 2024; Divjak et al., 2026). Selain itu, AI mampu mengevaluasi representasi matematis melalui analisis simbol, grafik, tabel, maupun tulisan tangan sehingga penilaian tidak lagi hanya berorientasi pada jawaban akhir, tetapi juga proses berpikir siswa (Karaca, 2026; Lim et al., 2026; Forbus et al., 2020). Namun, validasi guru tetap diperlukan karena AI masih

berpotensi menghasilkan bias maupun kesalahan konseptual (Chan et al., 2025; Walkington, 2025; Karaca, 2026).

Perkembangan AI-generated feedback semakin memperkuat kualitas asesmen karena siswa memperoleh umpan balik secara cepat dan personal selama proses belajar (Liu et al., 2025; Huda et al., 2025; López-Pernas et al., 2026). Sistem seperti ChatGPT-MWPS mampu memberikan *scaffolding* adaptif yang membantu siswa memahami langkah penyelesaian soal secara sistematis (Liu et al., 2025; Liu et al., 2025; Kuo et al., 2026). Meskipun demikian, efektivitas umpan balik tetap bergantung pada kualitas desain sistem agar tidak menimbulkan ketergantungan siswa terhadap AI (López-Pernas et al., 2026; Huda et al., 2025; Walkington, 2025).

AI juga memperkuat implementasi learning analytics dengan menganalisis aktivitas belajar, pola kesalahan, perkembangan performa, dan kebutuhan intervensi siswa sehingga keputusan pembelajaran dapat dilakukan berdasarkan bukti empiris (Tai & Hieu, 2018; Hu et al., 2026; Divjak et al., 2026). Pendekatan ini memungkinkan guru merancang remedial, pengayaan, maupun diferensiasi pembelajaran secara lebih tepat (Tai & Hieu, 2018; Hu et al., 2026; Liu et al., 2025). Namun, implementasi AI masih menghadapi tantangan berupa validitas asesmen, bias algoritma, keamanan data, privasi, dan kesiapan guru dalam memanfaatkan AI secara bertanggung jawab (Khurramov et al., 2025; Rutatola et al., 2025; Nguyen et al., 2026). Oleh karena itu, guru perlu memiliki assessment literacy, AI literacy, dan data literacy agar AI menjadi mitra profesional dalam meningkatkan kualitas asesmen, bukan pengganti peran guru (Walkington, 2025; Oh, 2025; Zhu et al., 2026).

Meskipun penelitian AI dalam pendidikan matematika berkembang pesat, sebagian besar masih berfokus pada pengembangan teknologi atau aplikasi tertentu (Liu et al., 2025; Kuo et al., 2026; Divjak et al., 2026). Kajian yang mengintegrasikan praktik asesmen, *feedback*, *learning analytics*, validitas, dan peran guru masih terbatas (Walkington, 2025; Hu et al., 2026; López-Pernas et al., 2026). Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan Systematic Literature Review (SLR) untuk mensintesis perkembangan tersebut serta merumuskan kerangka konseptual dan arah penelitian masa depan yang lebih adaptif, etis, dan berbasis data (Thuy et al., 2025; Zhu et al., 2026; Wu et al., 2026).

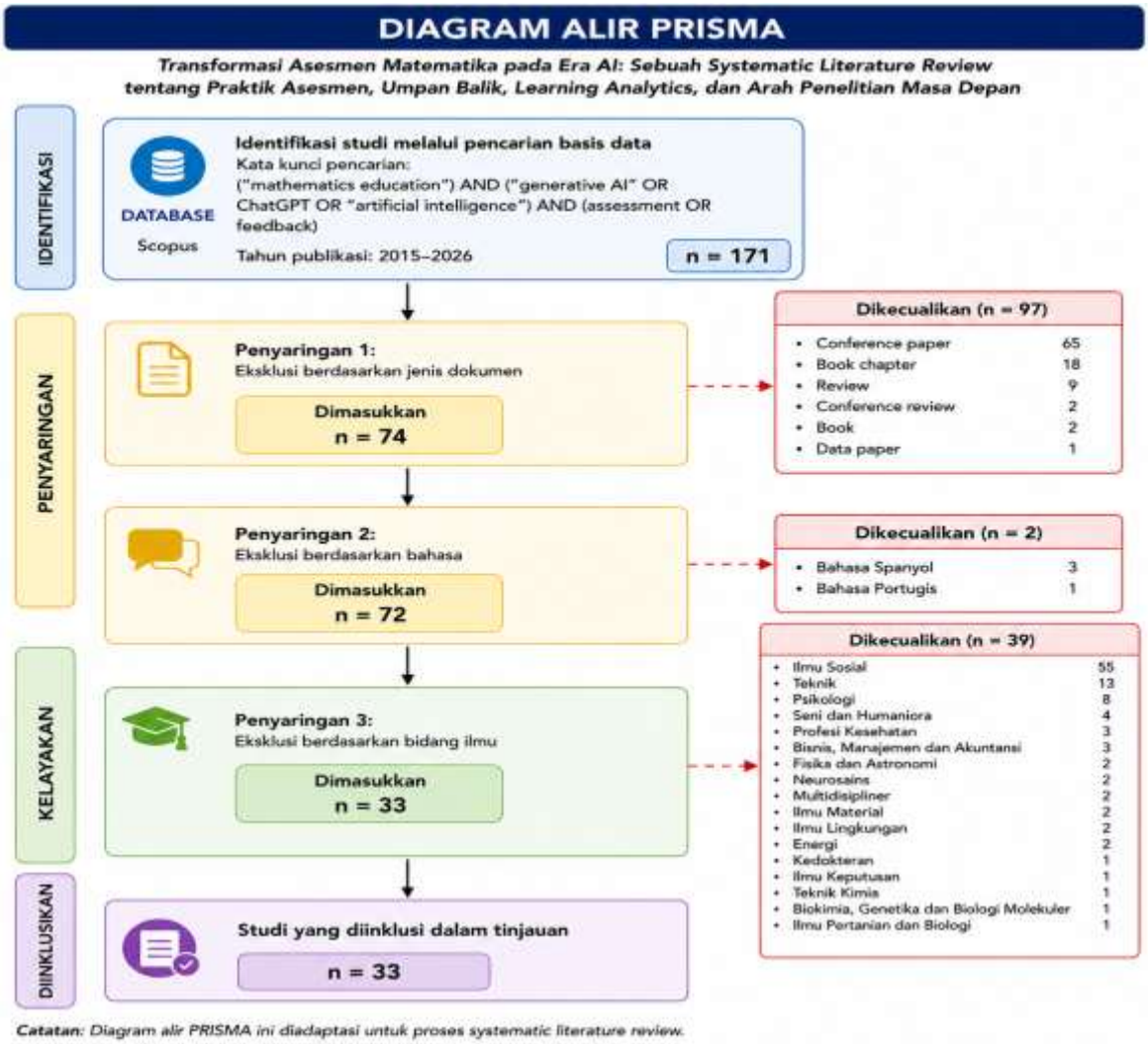
2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR) untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis secara sistematis perkembangan penelitian mengenai transformasi asesmen matematika pada era kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*), khususnya yang berkaitan dengan praktik asesmen, *feedback*, *learning analytics*, dan arah penelitian masa depan. Pendekatan SLR dipilih karena mampu menghasilkan sintesis literatur yang komprehensif, transparan, dapat direplikasi, serta meminimalkan bias dalam proses identifikasi dan seleksi artikel. Proses penelitian mengacu pada pedoman Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) 2020, yang meliputi tahapan identifikasi,

penyaringan (*screening*), penentuan kelayakan (*eligibility*), dan inklusi artikel (Page et al., 2021).

2.1 Sumber Data dan Strategi Pencarian

Sumber data penelitian berasal dari Scopus, yang dipilih karena merupakan salah satu basis data bibliografi internasional terbesar dengan cakupan jurnal bereputasi tinggi dan proses seleksi yang ketat. Pencarian literatur dilakukan pada bulan Juli 2026 dengan rentang publikasi 2015–2026 untuk memperoleh gambaran perkembangan penelitian AI dalam asesmen matematika selama satu dekade terakhir.



Gambar 1. Prisma Folow Diagram

2.2 Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria inklusi meliputi: Artikel dipublikasikan pada tahun 2015–2026, Artikel berasal dari database Scopus. Jenis dokumen berupa artikel jurnal (Article). Artikel

ditulis dalam bahasa Inggris. Artikel membahas penerapan AI, Generative AI, ChatGPT, *feedback*, atau *learning analytics* dalam konteks pendidikan matematika atau asesmen pembelajaran.

Kriteria eksklusi meliputi: Conference paper, Conference review, Book chapter, Book., Review article, Data paper, Artikel selain bahasa Inggris, Artikel yang tidak relevan dengan fokus penelitian setelah proses telaah judul, abstrak, dan isi.

2.3 Proses Seleksi Artikel

Proses seleksi artikel mengikuti tahapan PRISMA 2020. Pada tahap identifikasi diperoleh 171 artikel dari database Scopus. Selanjutnya dilakukan penyaringan berdasarkan jenis dokumen dengan mengecualikan conference paper (65 artikel), book chapter (18 artikel), review (9 artikel), conference review (2 artikel), book (2 artikel), dan data paper (1 artikel) sehingga tersisa 74 artikel.

Tahap berikutnya dilakukan penyaringan berdasarkan bahasa. Sebanyak 3 artikel berbahasa Spanyol dan 1 artikel berbahasa Portugis dikeluarkan sehingga diperoleh 72 artikel berbahasa Inggris. Sehingga diperoleh 33 artikel yang memenuhi seluruh kriteria

2.4 Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan pendekatan analisis tematik (thematic analysis). Setiap artikel dibaca secara menyeluruh untuk mengidentifikasi tujuan penelitian, metode yang digunakan, teknologi AI yang diterapkan, bentuk asesmen, jenis *feedback*, implementasi *learning analytics*, serta temuan utama penelitian.

Selanjutnya dilakukan proses open coding, yaitu mengelompokkan informasi berdasarkan tema-tema yang memiliki kesamaan karakteristik. Hasil pengkodean kemudian disintesis menjadi beberapa tema utama, yaitu: (1) praktik asesmen matematika berbasis AI, (2) pemanfaatan feedback berbasis AI, (3) implementasi learning analytics, (4) perubahan peran guru dalam asesmen matematika, (5) tantangan implementasi AI, dan (6) arah penelitian masa depan.

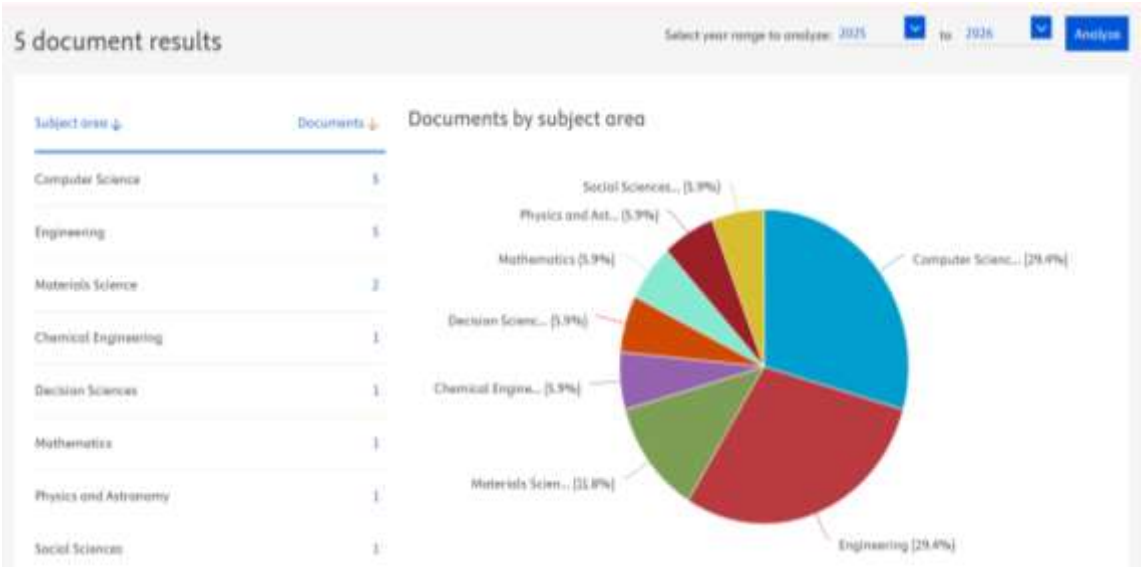
Tahap terakhir adalah penyusunan sintesis u yang menggambarkan hubungan antar tema sehingga diperoleh Framework of AI-Based Mathematics Assessment sebagai kontribusi konseptual penelitian. Framework ini menunjukkan bahwa Generative AI menjadi penggerak utama asesmen otomatis yang terintegrasi dengan *automatic assessment*, *feedback*, *learning analytics*, *adaptive assessment*, pengambilan keputusan guru, peningkatan hasil belajar, dan pengembangan asesmen matematika masa depan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Umum Publikasi

Berdasarkan hasil penelusuran Scopus dengan tema Transformasi Asesmen Matematika pada Era Kecerdasan Buatan, diperoleh artikel akhir yang relevan dengan fokus kajian pada praktik asesmen, umpan balik, learning analytics, dan arah penelitian masa depan. Distribusi tahun publikasi menunjukkan bahwa kajian tentang AI dalam

asesmen dan pembelajaran matematika meningkat tajam pada periode 2025–2026. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi AI, khususnya Generative AI, ChatGPT, large language models, dan adaptive learning systems, menjadi isu baru yang semakin kuat dalam pendidikan matematika.



Gambar 2. Subject Area

Data pada gambar menunjukkan bahwa dalam rentang 2025–2026 terdapat 5 dokumen yang teridentifikasi pada analisis Scopus. Dari sisi bidang ilmu, dokumen tersebut tersebar pada beberapa subject area. Computer Science dan Engineering menjadi bidang dominan, masing-masing sebanyak 5 dokumen atau sekitar 29,4%. Selanjutnya terdapat Materials Science sebanyak 2 dokumen, sedangkan Chemical Engineering, Decision Sciences, Mathematics, Physics and Astronomy, dan Social Sciences masing-masing sebanyak 1 dokumen. Pola ini menunjukkan bahwa riset asesmen matematika berbasis AI masih sangat dipengaruhi oleh pendekatan teknologi, komputasi, dan rekayasa sistem.

Temuan ini memperlihatkan bahwa transformasi asesmen matematika tidak lagi hanya menjadi isu pedagogis, tetapi telah berkembang menjadi bidang interdisipliner. Pendidikan matematika saat ini bersinggungan dengan computer science, learning analytics, educational data mining, AI-based feedback, dan human–AI collaboration. Dengan demikian, asesmen matematika pada era AI tidak cukup dipahami sebagai proses pemberian nilai, tetapi sebagai ekosistem pengumpulan data, analisis proses belajar, pemberian umpan balik otomatis, dan pengambilan keputusan pembelajaran berbasis bukti.

3.2 Dominasi Computer Science dan Engineering dalam Riset Asesmen Matematika Berbasis AI

Dominasi bidang Computer Science menunjukkan bahwa pengembangan AI dalam asesmen matematika banyak berfokus pada sistem, algoritma, model komputasi, chatbot, large language models, dan visualisasi otomatis. Misalnya, penelitian tentang ChatGPT-MWPS menunjukkan bahwa AI dapat digunakan untuk membantu siswa menyelesaikan soal cerita matematika melalui scaffolding adaptif dan umpan balik langkah demi langkah (Liu et al., 2025). Temuan ini memperkuat bahwa asesmen matematika berbasis AI mulai bergerak dari sekadar penilaian jawaban akhir menuju analisis proses berpikir siswa.

Bidang Engineering juga tampak dominan karena banyak penelitian AI dalam pembelajaran matematika dikembangkan dalam konteks STEM dan pendidikan teknik. AI digunakan untuk mendukung pembelajaran kalkulus, visualisasi geometri, persamaan vektor, dan pemecahan masalah kuantitatif. Kajian Lim et al. (2026), misalnya, menunjukkan penggunaan large vision models untuk mengubah persamaan vektor tulisan tangan menjadi representasi visual tiga dimensi. Hal ini menunjukkan bahwa AI dapat memperluas fungsi asesmen, yaitu tidak hanya mengevaluasi benar atau salah, tetapi juga membaca representasi matematis siswa secara multimodal.

Namun, dominasi Computer Science dan Engineering juga menunjukkan adanya celah penting. Kajian AI dalam asesmen matematika masih lebih kuat pada aspek teknologi daripada aspek pedagogis. Artinya, banyak penelitian telah berhasil mengembangkan sistem, tetapi belum semuanya membahas secara mendalam validitas asesmen, keadilan penilaian, kesiapan guru, atau dampak jangka panjang terhadap pemahaman konsep matematika. Oleh karena itu, riset masa depan perlu memperkuat kontribusi dari bidang mathematics education dan social sciences agar asesmen berbasis AI tidak hanya canggih secara teknologi, tetapi juga bermakna secara pedagogis.

3.3. Praktik Asesmen Matematika pada Era AI

Hasil kajian menunjukkan bahwa praktik asesmen matematika berbasis AI berkembang dalam beberapa bentuk utama, yaitu automatic item generation, adaptive assessment, AI-supported formative assessment, evaluation of handwritten mathematical solutions, dan AI-based problem-solving support.

Automatic item generation menjadi salah satu praktik yang banyak berkembang. Chan et al. (2025) menunjukkan bahwa large language models dapat digunakan untuk menghasilkan butir soal pada berbagai bidang STEM. Dalam konteks pendidikan matematika, hal ini sangat relevan karena guru sering membutuhkan variasi soal dengan tingkat kesulitan berbeda.

Selain itu, AI juga mulai digunakan sebagai instrumen evaluasi terhadap solusi matematika siswa. Karaca (2026) meneliti penggunaan AI untuk mengevaluasi solusi matematika tulisan tangan dalam konteks berbagai representasi, seperti simbolik, tabel, dan grafik. Temuan ini penting karena salah satu tantangan terbesar asesmen

matematika adalah menilai proses penyelesaian, bukan hanya jawaban akhir. Dengan bantuan AI, proses penilaian dapat menjadi lebih cepat, tetapi tetap membutuhkan kontrol manusia agar hasil evaluasi tidak keliru.

Praktik lain yang menonjol adalah penggunaan AI untuk membantu pemecahan masalah matematika. Kuo et al. (2026) mengembangkan AI learning companion untuk membantu siswa sekolah dasar menyelesaikan masalah matematika. Sistem seperti ini berpotensi mendukung asesmen formatif karena AI dapat mengidentifikasi kesulitan siswa dan memberikan bantuan secara langsung. Dengan demikian, asesmen tidak lagi terjadi setelah pembelajaran selesai, tetapi berlangsung selama proses belajar.

Tabel 1. Sintesis Praktik Asesmen Matematika pada Era AI

No	Penulis	Teknologi AI	Bentuk Praktik Asesmen	Temuan Utama
1	Liu et al. (2025)	ChatGPT-MWPS	Asesmen pemecahan masalah matematika	AI memberikan scaffolding adaptif dan meningkatkan kemampuan menyelesaikan soal cerita matematika.
2	Karaca (2026)	Artificial Intelligence	Evaluasi solusi tulisan tangan	AI mampu mengevaluasi representasi matematis siswa melalui analisis jawaban tulisan tangan.
3	Chan et al. (2025)	Large Language Model (LLM)	Automatic Item Generation	LLM mampu menghasilkan butir soal matematika dan STEM secara otomatis dengan kualitas yang baik.
4	Divjak et al. (2026)	Generative AI	Asesmen esai pemecahan masalah	AI digunakan dalam asesmen berbasis tugas pemecahan masalah dan memengaruhi performa mahasiswa.
5	Zhu et al. (2026)	Intelligent Educational Technologies	Smart Assessment	AI mendukung penilaian otomatis, rekomendasi personal, dan evaluasi pembelajaran calon guru matematika.
6	Thuy et al. (2025)	AI-Supported Formative Assessment	Asesmen formatif	Model asesmen formatif berbasis AI meningkatkan pembelajaran mandiri calon guru matematika.
7	Oh (2025)	Generative AI	Lesson Assessment	AI membantu calon guru merancang asesmen dan pembelajaran matematika yang lebih efektif.
8	Hu et al. (2026)	AI-powered Learning	Assessment Alignment	AI membantu menyelaraskan asesmen dengan tujuan pembelajaran matematika.

9	Kuo et al. (2026)	AI Learning Companion	Adaptive Assessment	AI menyesuaikan tingkat kesulitan soal berdasarkan kemampuan siswa sekolah dasar.
10	Torres-Peña et al. (2024)	ChatGPT	Classroom Assessment	AI mendukung asesmen pembelajaran kalkulus melalui aktivitas kelas berbasis teknologi.

Praktik asesmen berbasis AI didominasi oleh **asesmen adaptif**, **automatic item generation**, **evaluasi otomatis**, dan **asesmen formatif** yang mampu meningkatkan efisiensi penilaian sekaligus mempersonalisasi proses evaluasi.

3.4. Peran Feedback dalam Asesmen Matematika Berbasis AI

Feedback merupakan komponen penting dalam transformasi asesmen matematika. Pada asesmen konvensional, umpan balik sering diberikan setelah pembelajaran selesai dan biasanya bersifat umum. Dalam asesmen berbasis AI, feedback dapat diberikan secara cepat, personal, dan berbasis kesalahan spesifik siswa. Hal ini terlihat dalam penelitian Liu et al. (2025) yang mengembangkan sistem berbasis ChatGPT untuk mendukung penyelesaian soal cerita matematika melalui umpan balik bertahap.

AI-generated feedback berpotensi meningkatkan kualitas pembelajaran karena siswa dapat segera mengetahui letak kesalahan, memahami strategi penyelesaian, dan memperbaiki proses berpikirnya. Huda et al. (2025) juga menunjukkan bahwa ChatGPT dapat mendukung scaffolding metakognitif pada konsep limit dalam pembelajaran matematika berbasis guided inquiry. Dalam konteks ini, feedback AI bukan hanya membantu siswa menjawab soal, tetapi juga mendorong kemampuan merencanakan, memonitor, dan mengevaluasi strategi berpikir.

Namun, feedback berbasis AI juga memiliki risiko. López-Pernas et al. (2026) menunjukkan bahwa AI-generated feedback tidak selalu membantu pembelajaran; dalam kondisi tertentu, feedback dapat menghambat jika siswa terlalu bergantung pada respons AI atau tidak memahami alasan matematis di balik jawaban yang diberikan. Oleh karena itu, feedback AI harus dirancang bukan untuk memberikan jawaban instan, tetapi untuk menuntun siswa membangun pemahaman.

Tabel 2. Sintesis Pemanfaatan Feedback Berbasis AI dalam Pembelajaran Matematika

No	Penulis	Jenis Feedback	Dampak terhadap Pembelajaran
1	Liu et al. (2025)	Real-time feedback	Meningkatkan kemampuan menyelesaikan soal cerita matematika.
2	Huda et al. (2025)	Metacognitive scaffolding	Meningkatkan kemampuan metakognitif pada konsep limit.
3	López-Pernas et al. (2026)	AI-generated feedback	Feedback AI dapat meningkatkan maupun menghambat pembelajaran tergantung desain interaksinya.

4	Tai & Hieu (2018)	Hint feedback pada Intelligent Tutoring System	Memberikan petunjuk penyelesaian masalah secara bertahap.
5	Zhu et al. (2026)	Multi-AI feedback	Meningkatkan kemampuan desain pembelajaran mahasiswa pendidikan matematika.
6	Walkington (2025)	Generative AI feedback	AI membantu tutor matematika memberikan umpan balik yang lebih personal.
7	Ramprakash et al. (2024)	Immediate feedback	ChatGPT mempercepat pemahaman konsep kalkulus melalui respons instan.
8	Nguyen et al. (2026)	Personalized feedback	AI meningkatkan motivasi belajar siswa dengan dyscalculia.
9	Kassanew et al. (2026)	Collaborative AI feedback	Meningkatkan motivasi dan kemampuan pemecahan masalah persamaan kuadrat.
10	Rücker & Becker-Genschow (2025)	Chatbot feedback	Chatbot meningkatkan antusiasme belajar matematika dan STEM.

Sebagian besar penelitian menunjukkan bahwa **feedback otomatis** merupakan keunggulan utama AI karena mampu memberikan **respons cepat, personal, adaptif, dan berbasis kesalahan siswa**, meskipun tetap memerlukan validasi guru.

3.5. Learning Analytics dan Pengambilan Keputusan Berbasis Data

Learning analytics menjadi salah satu arah penting dalam transformasi asesmen matematika. Melalui learning analytics, aktivitas siswa dalam platform digital dapat dianalisis untuk mengetahui pola belajar, tingkat keberhasilan, kesalahan umum, durasi pengerjaan, serta kebutuhan intervensi. Tai dan Hieu (2018) telah menunjukkan bahwa model berbasis data dalam intelligent tutoring systems dapat digunakan untuk memahami jaringan interaksi dalam pendidikan matematika.

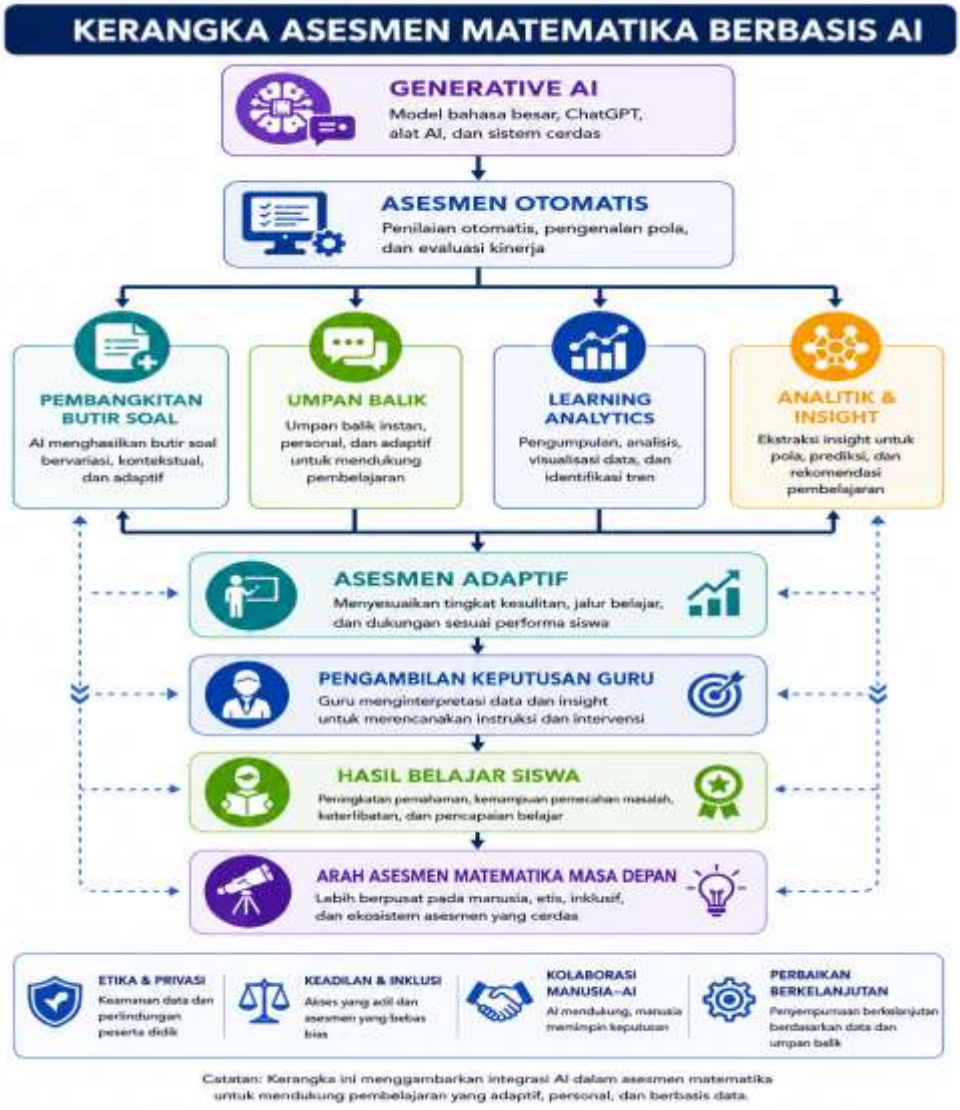
Pada era AI, learning analytics semakin kuat karena data yang dikumpulkan tidak hanya berupa nilai akhir, tetapi juga jejak proses belajar. Sistem dapat merekam bagaimana siswa mengerjakan soal, berapa kali mencoba, bagian mana yang salah, serta jenis bantuan yang paling sering dibutuhkan. Data tersebut dapat digunakan guru untuk merancang pembelajaran remedial, memperkaya latihan, atau mengelompokkan siswa berdasarkan kebutuhan belajar.

Hu et al. (2026) menunjukkan pentingnya keselarasan fokus pengetahuan dalam pembelajaran matematika berbasis AI, khususnya antara pengetahuan konseptual dan prosedural. Hal ini relevan dengan learning analytics karena data pembelajaran dapat membantu guru mengetahui apakah siswa hanya menguasai prosedur hitung atau benar-benar memahami konsep matematika. Dengan demikian, learning analytics dapat memperkuat validitas asesmen karena penilaian tidak hanya didasarkan pada skor, tetapi juga pada pola proses belajar.

Namun, penggunaan learning analytics juga menghadirkan tantangan. Data siswa harus dikelola secara etis, aman, dan transparan. Guru dan sekolah perlu memahami bagaimana data dikumpulkan, dianalisis, dan digunakan. Tanpa literasi data yang baik, learning analytics berisiko hanya menjadi tampilan dashboard tanpa berdampak pada keputusan pembelajaran.

3.6 Framework Konseptual Transformasi Asesmen Matematika Berbasis Artificial Intelligence (AI)

Berdasarkan sintesis terhadap 33 artikel, penelitian ini mengusulkan Framework Konseptual Transformasi Asesmen Matematika Berbasis Artificial Intelligence (AI) sebagai integrasi antara teknologi AI, asesmen adaptif, *feedback*, *learning analytics*, dan pengambilan keputusan pedagogis. Framework ini menempatkan Generative AI sebagai fondasi utama yang mendukung proses asesmen otomatis melalui *automatic assessment*, termasuk pembangkitan butir soal (*automatic item generation*), pemberian umpan balik secara personal, serta analisis data pembelajaran secara berkelanjutan (Walkington, 2025; Chan et al., 2025; Zhu et al., 2026). Selanjutnya, data yang dihasilkan diolah melalui *learning analytics* untuk mengidentifikasi pola belajar, kesalahan, dan perkembangan kemampuan siswa sehingga memungkinkan penerapan asesmen adaptif yang disesuaikan dengan kebutuhan belajar setiap peserta didik (Hu et al., 2026; Tai & Hieu, 2018; Liu et al., 2025). Informasi tersebut menjadi dasar bagi guru dalam mengambil keputusan pembelajaran, seperti pemberian remedial, pengayaan, maupun diferensiasi pembelajaran secara lebih tepat (Thuy et al., 2025; Kuo et al., 2026; López-Pernas et al., 2026). Pada akhirnya, integrasi seluruh komponen tersebut diharapkan mampu meningkatkan hasil belajar matematika, kemampuan berpikir tingkat tinggi, serta menciptakan ekosistem asesmen yang lebih etis, transparan, adaptif, dan berpusat pada peserta didik (Karaca, 2026; Oh, 2025; Wu et al., 2026).



Gambar 3. Framework Konseptual Transformasi Asesmen Matematika Berbasis Artificial Intelligence (AI)

Pada Gambar 3. Framework konseptual menunjukkan bahwa Generative AI merupakan penggerak utama transformasi asesmen matematika yang menghasilkan asesmen otomatis. Selanjutnya, sistem menghasilkan empat komponen utama, yaitu pembangkitan butir soal, umpan balik, learning analytics, dan analitik pembelajaran. Keempat komponen tersebut saling terintegrasi dalam membentuk asesmen adaptif, yang mendukung pengambilan keputusan guru, meningkatkan hasil belajar siswa, dan mengarahkan pengembangan asesmen matematika masa depan.

Walkington (2025) menegaskan bahwa Generative AI memiliki implikasi besar terhadap pendidikan matematika, terutama dalam efisiensi kerja guru, personalisasi pembelajaran, dan cara siswa berinteraksi dengan masalah matematika.

3.7. Arah Penelitian Masa Depan

Berdasarkan hasil kajian, terdapat beberapa arah penelitian masa depan yang perlu dikembangkan.

Pertama, penelitian perlu mengembangkan model asesmen matematika berbasis AI yang mampu menilai kemampuan berpikir tingkat tinggi, seperti penalaran, pemecahan masalah, argumentasi, dan kreativitas matematis. Kedua, penelitian perlu menguji validitas dan reliabilitas AI dalam menilai berbagai bentuk representasi matematika, termasuk tulisan tangan, grafik, tabel, model geometri, dan penjelasan verbal. Ketiga, integrasi learning analytics perlu diarahkan pada intervensi pembelajaran yang nyata, bukan hanya visualisasi data. Dashboard analitik harus mampu membantu guru mengambil keputusan yang berdampak langsung pada pembelajaran.

Keempat, penelitian di negara berkembang perlu diperkuat agar model asesmen AI tidak hanya dikembangkan berdasarkan konteks negara maju. Faktor infrastruktur, literasi digital guru, bahasa, budaya, dan akses teknologi perlu menjadi bagian penting dalam riset masa depan. Kelima, perlu dikembangkan kerangka etika penggunaan AI dalam asesmen matematika. Kerangka ini mencakup transparansi algoritma, perlindungan data siswa, keadilan akses, validasi manusia, dan pencegahan penyalahgunaan AI dalam tugas akademik.

4. KESIMPULAN

Hasil Systematic Literature Review terhadap 33 artikel terindeks Scopus menunjukkan bahwa Artificial Intelligence (AI) telah mentransformasi asesmen matematika dari evaluasi konvensional menjadi asesmen yang adaptif, personal, dan berbasis data. Inovasi seperti Generative AI, *intelligent tutoring systems*, *automatic item generation*, umpan balik berbasis AI, dan *learning analytics* mendukung asesmen formatif, analisis penalaran matematis, serta pengambilan keputusan pembelajaran berbasis bukti. Transformasi ini menjadikan asesmen tidak hanya berfungsi mengukur hasil belajar, tetapi juga memantau proses belajar dan meningkatkan pemahaman konseptual siswa. Meskipun demikian, implementasi AI masih menghadapi tantangan berupa validitas asesmen, bias algoritma, privasi data, integritas akademik, transparansi keputusan AI (*explainability*), dan kesiapan guru. Oleh karena itu, AI perlu diposisikan sebagai mitra guru dalam pembelajaran, bukan sebagai pengganti. Kajian ini menghasilkan sintesis konseptual yang menjadi landasan pengembangan model asesmen matematika berbasis AI yang etis, transparan, adaptif, dan berorientasi pada peningkatan keterampilan berpikir tingkat tinggi serta kualitas pembelajaran.

.

5. REKOMENDASI

Rekomendasi penelitian selanjutnya adalah mengembangkan model asesmen matematika berbasis AI yang valid, etis, adaptif, dan mudah digunakan guru. Hambatan utama yang perlu diperhatikan meliputi keterbatasan literasi AI guru, bias algoritma, privasi data siswa, validitas feedback otomatis, serta kesenjangan akses teknologi antar sekolah.

6. DAFTAR PUSTAKA

Abosaooda, H. N., Ariffin, S. B., & Alyasiri, O. M. (2026). *A survey on leveraging artificial intelligence tools for enhancing advanced mathematical education and problem-solving. IAES International Journal of Artificial Intelligence, 15*(1), 76–85. https://doi.org/10.11591/ijai.v15.i1.pp76-85

Chan, K. W., Ali, F., Park, J., Sham, K. S. B., Tan, E. Y. T., Chong, F. W. C., Qian, K., & Sze, G. K. (2025). *Automatic item generation in various STEM subjects using large language model prompting. Computers and Education: Artificial Intelligence, 8*. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100344

Divjak, B., Svetec, B., & Horvat, D. (2026). *Generative AI in mathematics education: Analysing student performance and perceptions over three academic years. International Journal of Technology Enhanced Learning, 18*(1), 16–39. https://doi.org/10.1504/IJTEL.2026.150520

Forbus, K. D., Garnier, B., Tikoff, B., Marko, W., Usher, M., & McLure, M. (2020). *Sketch worksheets in science, technology, engineering, and mathematics classrooms: Two deployments. AI Magazine, 41*(1), 19–32. https://doi.org/10.1609/aimag.v41i1.5189

Hu, M., Guo, R., Li, H., & Li, C. (2026). *The alignment of knowledge focus during teaching preparation and AI-powered learning-by-teaching and their effects on mathematics learning outcomes in the context of high-stakes state assessments. Computers and Education, 251*. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2026.105642

Huda, N., Anwar, K., & Kurniawan, W. (2025). *ChatGPT scaffolding in supporting metacognition for limit concepts in guided inquiry mathematics learning. Journal of Information Technology Education: Research, 24*. https://doi.org/10.28945/5645

Karaca, H. (2026). *AI as an evaluation instrument: Examining handwritten solutions in the context of mathematical representations. RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 29*(2), 1–24. https://doi.org/10.5944/ried.47084

Kassanew, B., Weng, C., Astatke, M., & Kassanew, Y. (2026). *The impact of AI-supported Think-Pair-Share instruction on students' problem-solving skills and motivation in learning quadratic equations: A social constructivist perspective. Journal of Computer Assisted Learning, 42*(4). https://doi.org/10.1002/jcal.70271

Khurramov, A. J., Axmedshaeva, M. A., Mukhitdinova, F. A., Xudayberdiyeva, G. A., Almosova, S. S., Makhamatov, M. M., & Khayitov, S. R. (2025). *Artificial intelligence in education:*

Analysis and assessment of legal knowledge using AI tools. *Qubahan Academic Journal, 5*(3), 264–293. https://doi.org/10.48161/qaj.v5n3a2022

Kuo, B.-C., Bai, Z.-E., & Lin, C.-H. (2026). *Developing an AI learning companion for mathematics problem solving in elementary schools*. *Computers and Education, 240*. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2025.105463

Lim, K. Y. T., Le, N. T. M., & Chanoudam, S. (2026). *Automating spatial visualisation of handwritten vector equations using large vision models in pre-tertiary mathematics*. *Multimodal Technologies and Interaction, 10*(6). https://doi.org/10.3390/mti10060068

Liu, J., Keane, T., Sun, D., Yang, Y., & Yang, Y. (2025). *Design and evaluation of ChatGPT-MWPS: An AI-enhanced learning system for improving primary students' mathematical word problem solving*. *Smart Learning Environments, 12*(1). https://doi.org/10.1186/s40561-025-00419-9

Liu, J., Sun, D., Sun, J., Wang, J., & Yu, P. L. H. (2025). *Designing a generative AI enabled learning environment for mathematics word problem solving in primary schools: Learning performance, attitudes and interaction*. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 9*. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100438

López-Pernas, S., Misiejuk, K., & Saqr, M. (2026). *How AI-generated feedback hinders or helps learning: A heterogeneous TNA study of learning dynamics*. *Journal of Computer Assisted Learning, 42*(4). https://doi.org/10.1002/jcal.70285

Nguyen, T. Q. H., Tran, T. L., Trinh, Q. H., & Ngo, T. D. (2026). *Using technology to support children with dyscalculia in pre-primary and primary school: Insights, challenges and opportunities*. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology, 21*(4), 1300–1322. https://doi.org/10.1080/17483107.2026.2658104

Oh, S. (2025). *Integration of MATH41 and generative AI in pre-service mathematics teacher education: An empirical study on lesson design competency*. *IEEE Access, 13*, 128959–128973. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3586593

Ramprakash, B., Surya Devi, B., Nithyakala, G., Bhumika, K., & Avanthika, S. (2024). *Comparing traditional instructional methods to ChatGPT: A comprehensive analysis*. *Journal of Engineering Education Transformations, 37*(Special Issue 2), 612–620. https://doi.org/10.16920/jeet/2024/v37is2/24095

Rücker, C. R., & Becker-Genschow, S. (2025). *Enhancing enthusiasm for STEM education with AI: Domain-specific chatbot as personalized learning assistant*. *Computers and Education Open, 9*. https://doi.org/10.1016/j.caeo.2025.100315

Rutatola, E. P., Stroeken, K., & Belpaeme, T. (2025). *"Habari, Colleague!": A qualitative exploration of the perceptions of primary school mathematics teachers in Tanzania regarding the use of social robots*. *Applied Sciences, 15*(15). https://doi.org/10.3390/app15158483

Stamenkova, R. (2025). *Large language models: A tool for solving mathematical problems in high school*. *Annual of Sofia University "St. Kliment Ohridski" Faculty of Mathematics and Informatics, 112*, 165–183. https://doi.org/10.60063/gsu.fmi.112.165-183

Tai, P., & Hieu, B. T. (2018). *Interaction networks: Data-driven models for mathematics education in intelligent tutoring systems*. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology, 9*, 1173–1184.

Thuy, P. T. D., Van, N. T., Trang, N. H., Thuong, N. M., Hien, V. T. T., & Chung, V. Q. (2025). *Designing an AI-supported formative assessment model for pre-service mathematics teacher self-study in Vietnam*. *International Journal of Interactive Mobile Technologies, 19*(22), 50–68. https://doi.org/10.3991/ijim.v19i22.57723

Torres-Peña, R. C., Peña-González, D., Chacuto-López, E., Ariza, E. A., & Vergara, D. (2024). *Updating calculus teaching with AI: A classroom experience*. *Education Sciences, 14*(9). https://doi.org/10.3390/educsci14091019

Walkington, C. (2025). *The implications of generative artificial intelligence for mathematics education*. *School Science and Mathematics*. https://doi.org/10.1111/ssm.18356

Wu, S., Xu, J., & Feng, S. (2026). *Opportunities and challenges of generative AI in STEAM education: A thematic co-occurrence network analysis of primary and secondary school leaders' perspectives*. *Technology, Knowledge and Learning*. https://doi.org/10.1007/s10758-026-09976-5

Zhu, F., Liang, Q., Mao, Z., & Wang,Y. (2026). *Improving instructional design proficiency of master's students in mathematics education through intelligent educational technologies*. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 10*. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2026.100597