

KAJIAN LITERATUR: KETERAMPILAN METAKOGNITIF DALAM PENGGUNAAN GENERATIVE AI UNTUK VERIFIKASI PEMBUKTIAN MATEMATIKA

Putri Andini¹, Syaiful Azhar^{2*}, Fanisya Dewi³, Muhammad Fauzil Jadid⁴

^{1,2*,3,4}Pendidikan Matematika, FKIP, Universitas Mataram, Indonesia

*Email: syaifulazharazhar@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan *Generative Artificial Intelligence (Generative AI)* telah memberikan peluang baru dalam pembelajaran matematika, khususnya sebagai alat bantu untuk verifikasi pembuktian matematika. Namun, penggunaan AI yang tidak disertai keterampilan metakognitif berpotensi menyebabkan pengguna menerima hasil secara pasif tanpa melakukan evaluasi terhadap validitas dan ketepatan proses pembuktian. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan peran keterampilan metakognitif dalam penggunaan *Generative AI* untuk verifikasi pembuktian matematika. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain deskriptif yang didukung oleh studi literatur. Data diperoleh dari artikel ilmiah, buku, prosiding, dan sumber akademik yang relevan mengenai keterampilan metakognitif, pembuktian matematika, serta pemanfaatan *Generative AI* dalam pendidikan matematika. Analisis data dilakukan melalui tahapan pengumpulan, seleksi, reduksi, penyajian, sintesis, dan interpretasi data untuk memperoleh gambaran yang komprehensif mengenai hubungan antara keterampilan metakognitif dan penggunaan *Generative AI* dalam verifikasi pembuktian matematika. Hasil kajian menunjukkan bahwa keterampilan metakognitif yang meliputi perencanaan, pemantauan, dan evaluasi berperan penting dalam membantu mahasiswa memanfaatkan *Generative AI* secara kritis untuk memverifikasi validitas logis, mengidentifikasi kesalahan penalaran, mengevaluasi konsistensi langkah pembuktian, serta merefleksikan proses berpikir yang dilakukan. Integrasi keterampilan metakognitif dengan penggunaan *Generative AI* juga berkontribusi terhadap peningkatan kualitas penalaran matematis, kemampuan reflektif, dan ketepatan dalam menyusun maupun memverifikasi pembuktian matematika. Dengan demikian, keterampilan metakognitif menjadi faktor penting dalam mengoptimalkan pemanfaatan *Generative AI* sebagai alat pendukung pembelajaran, sehingga teknologi tersebut tidak menggantikan proses berpikir matematis, tetapi memperkuat kemampuan pembuktian yang kritis, reflektif, dan bertanggung jawab.

Kata Kunci: keterampilan metakognitif, *Generative AI*, pembuktian matematika, verifikasi pembuktian, studi literatur.

ABSTRACT

The development of *Generative Artificial Intelligence (Generative AI)* has provided new opportunities in mathematics learning, especially as a tool for verifying mathematical proofs. However, the use of AI that is not accompanied by metacognitive skills has the potential to cause users to passively accept results without evaluating the validity and accuracy of the proof process. This study aims to describe the role of metacognitive skills in the use of *Generative AI* for mathematical proof verification. This study uses a qualitative approach with a descriptive design supported by a literature study. Data were obtained from scientific articles, books, proceedings, and relevant academic sources regarding metacognitive skills, mathematical proofs, and the use of *Generative AI* in mathematics education. Data analysis was carried out through the stages of data collection, selection, reduction, presentation, synthesis, and interpretation to obtain a comprehensive picture of the relationship between metacognitive skills and the use of *Generative AI* in mathematical proof verification. The results of the study show that metacognitive skills that include planning, monitoring, and evaluation play an important role in helping students use *Generative AI* critically to verify logical validity, identify reasoning errors, evaluate the consistency of proof steps, and reflect on the thought process carried out. The integration of metacognitive skills with the use of *Generative AI* also contributes to improving the quality of mathematical reasoning, reflective ability, and accuracy in compiling and verifying mathematical proofs. Thus, metacognitive skills are an important factor in optimizing the use of *Generative AI* as a learning support tool, so that the technology does not replace the mathematical thinking process, but strengthens the ability to prove critical, reflective, and responsible.

Keywords: metacognitive skills, Generative AI, mathematical proofing, proof-verification, literature study.

PENDAHULUAN

Perkembangan *Generative Artificial Intelligence* (*Generative AI*) telah membawa perubahan yang signifikan dalam dunia pendidikan, termasuk pada pembelajaran matematika. Berbagai aplikasi berbasis AI, seperti ChatGPT, Gemini, Claude, dan Microsoft Copilot, mampu menghasilkan penjelasan konsep, menyelesaikan soal, serta memberikan alternatif pembuktian matematika dalam waktu yang singkat. Kehadiran teknologi ini membuka peluang bagi mahasiswa untuk memperoleh umpan balik secara cepat selama proses belajar. Di sisi lain, kemudahan tersebut juga menimbulkan tantangan baru karena pengguna cenderung menerima hasil yang diberikan AI tanpa melakukan proses verifikasi terhadap kebenaran logis maupun validitas matematisnya. Kondisi ini menjadi perhatian penting mengingat pembuktian matematika tidak hanya berorientasi pada hasil akhir, tetapi juga pada ketepatan penalaran, konsistensi argumen, dan keabsahan setiap langkah pembuktian (Baharuddin, 2025).

Sejalan dengan perkembangan *Generative Artificial Intelligence (Generative AI)* dalam pendidikan, pembuktian matematika tetap menjadi kompetensi esensial karena berperan dalam membangun penalaran deduktif, berpikir logis, serta kemampuan memberikan justifikasi terhadap suatu pernyataan matematis. Namun, berbagai penelitian menunjukkan bahwa mahasiswa dan siswa masih menghadapi kesulitan dalam menyusun maupun memverifikasi pembuktian matematika. Kesulitan tersebut meliputi pemahaman materi prasyarat, penyusunan argumen logis, perumusan klaim, kemampuan membedakan informasi yang diketahui dengan yang harus dibuktikan, serta evaluasi terhadap keabsahan suatu pembuktian (Aini & Rofiki, 2021). Penelitian pada mata kuliah geometri juga menunjukkan bahwa hanya 53% mahasiswa mampu membaca bukti matematika secara efektif dan 47% mampu membangun bukti secara mandiri (Afandi & Angkotasari, 2021). Selain itu, dari perspektif ilmu saraf, kesulitan tersebut dipengaruhi oleh kompleksitas pemrosesan informasi abstrak, integrasi representasi visual dengan konsep matematis, dan rendahnya kemampuan visualisasi (Tapo & Rudhito, 2025). Meskipun *Generative AI* berpotensi membantu melalui penyediaan contoh pembuktian, penjelasan langkah penyelesaian, dan pengurangan kecemasan belajar, penggunaan yang berlebihan dapat menimbulkan ketergantungan sehingga menghambat penalaran kritis dan kemampuan pemecahan masalah. Pemanfaatan *Generative AI* perlu didukung oleh pendekatan pedagogis yang reflektif serta kemampuan pengguna untuk mengevaluasi, memverifikasi, dan merefleksikan setiap informasi yang dihasilkan agar benar-benar mendukung proses pembuktian matematika secara efektif (Bahi et al., 2026).

Kemampuan untuk mengevaluasi dan merefleksikan informasi yang dihasilkan *Generative Artificial Intelligence* (*Generative AI*) berkaitan erat dengan keterampilan metakognitif, yaitu kemampuan individu untuk merencanakan (*planning*), memantau (*monitoring*), dan mengevaluasi (*evaluation*) proses berpikirnya sendiri. Dalam pembuktian matematika, keterampilan ini membantu mahasiswa menentukan strategi pembuktian, memeriksa konsistensi argumen, mengidentifikasi kesalahan penalaran, serta mengevaluasi validitas hasil yang diperoleh. Seiring meningkatnya penggunaan AI

dalam pendidikan tinggi, berbagai penelitian menunjukkan bahwa teknologi ini menghadirkan peluang sekaligus tantangan bagi perkembangan kemampuan berpikir kritis. Ramadhan et al. (2025) melaporkan bahwa ketergantungan terhadap AI berpotensi menurunkan proses kognitif sehingga diperlukan penguatan literasi AI. Cholvistaria dan Gunawan (2025) juga menegaskan pentingnya pendampingan agar mahasiswa tidak bergantung sepenuhnya pada AI, sedangkan Thoharudin (2024) menunjukkan bahwa bimbingan reflektif berbantuan AI mampu meningkatkan literasi penelitian dan kesadaran etika akademik. Selain itu, Murwanto dan Triayomi (2025) menemukan bahwa meskipun *Generative AI* telah dimanfaatkan untuk memverifikasi informasi, pengguna masih menghadapi kendala berupa rendahnya literasi informasi dan pemahaman prosedural. Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa efektivitas pemanfaatan *Generative AI* tidak hanya ditentukan oleh kecanggihan teknologi, tetapi juga oleh keterampilan metakognitif pengguna dalam mengevaluasi, merefleksikan, dan memverifikasi informasi secara kritis sehingga kualitas penalaran dan pembuktian matematika tetap terjaga.

Pentingnya keterampilan metakognitif dalam pembelajaran matematika telah didukung oleh berbagai penelitian yang menunjukkan bahwa kemampuan ini berperan dalam meningkatkan pemecahan masalah, berpikir kritis, kreativitas, serta kemampuan pembuktian matematika. Penelitian juga menunjukkan bahwa model pembelajaran diferensiasi mampu meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis melalui pengalaman belajar yang lebih adaptif (Astria & Kusuma, 2023), sedangkan efikasi diri matematika berkontribusi terhadap motivasi belajar, kemandirian, dan kemampuan berpikir kritis siswa (Afifah & Kusuma, 2021). Selain itu, tinjauan sistematis oleh Hormadia dan Putra (2021) menegaskan bahwa kemampuan berpikir kreatif berkaitan erat dengan keberhasilan belajar matematika pada berbagai jenjang pendidikan. Seiring berkembangnya teknologi, berbagai penelitian mulai mengeksplorasi pemanfaatan *Generative Artificial Intelligence (Generative AI)*, khususnya ChatGPT, dalam pembelajaran matematika. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi ini berpotensi meningkatkan efisiensi pembelajaran, memberikan pengalaman belajar yang lebih personal, dan menyediakan umpan balik secara otomatis, meskipun implementasinya masih menghadapi berbagai tantangan (Auna & Hamzah, 2024). Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih membahas keterampilan metakognitif dan pemanfaatan *Generative AI* secara terpisah. Kajian yang mengintegrasikan peran keterampilan metakognitif dalam pemanfaatan *Generative AI* untuk verifikasi pembuktian matematika masih relatif terbatas sehingga memerlukan sintesis konseptual yang lebih komprehensif.

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa *Generative Artificial Intelligence* (*Generative AI*) memberikan peluang sekaligus tantangan dalam pembelajaran matematika. Kajian literatur sistematis menunjukkan bahwa *Generative AI* mampu mengurangi kecemasan matematika, mempercepat pemahaman prosedural, dan mendukung pembelajaran yang lebih adaptif. Namun, penggunaan yang berlebihan berpotensi menurunkan kemampuan penalaran kritis dan pemecahan masalah sehingga memerlukan desain pembelajaran yang tepat (Bahi et al., 2026). Penelitian lain juga melaporkan bahwa *Generative AI* dapat meningkatkan pemahaman konsep matematika

mahasiswa, meskipun masih terdapat kendala dalam proses adaptasi terhadap teknologi (Putri et al., 2025). Selain itu, efektivitas *Generative AI* dalam mendukung verifikasi informasi masih dipengaruhi oleh rendahnya literasi informasi, keterbatasan pemahaman prosedural, dan kemampuan mengidentifikasi sumber yang kredibel (Murwanto & Triayomi, 2025). Di sisi lain, integrasi teknologi dalam pembelajaran matematika terbukti mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis melalui pendekatan pembelajaran yang inovatif (Istofany et al., 2024). Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih mengkaji efektivitas *Generative AI* atau metakognisi secara terpisah. Kajian yang mengintegrasikan keterampilan metakognitif dengan pemanfaatan *Generative AI* dalam verifikasi pembuktian matematika masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan *novelty* berupa sintesis literatur yang mengintegrasikan kedua aspek tersebut sebagai kerangka konseptual untuk mendukung proses verifikasi pembuktian matematika secara kritis dan reflektif.

Berdasarkan kesenjangan penelitian tersebut, penelitian ini menyajikan kajian literatur yang mengintegrasikan berbagai temuan empiris dan konseptual mengenai keterampilan metakognitif dan pemanfaatan *Generative AI* dalam pembelajaran matematika. Kajian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang komprehensif mengenai strategi pemanfaatan *Generative AI* yang tetap menempatkan kemampuan berpikir matematis sebagai aspek utama. Urgensi penelitian ini semakin tinggi mengingat penggunaan *Generative AI* oleh mahasiswa dalam aktivitas akademik terus meningkat, sementara pedoman konseptual mengenai pemanfaatannya secara kritis dan bertanggung jawab dalam verifikasi pembuktian matematika masih relatif terbatas. Oleh karena itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teoretis bagi pengembangan kajian metakognitif dalam pendidikan matematika serta menjadi rekomendasi praktis bagi dosen, peneliti, dan pengembang kurikulum dalam merancang pembelajaran yang mengintegrasikan teknologi AI dengan penguatan keterampilan metakognitif sehingga mahasiswa mampu memanfaatkan *Generative AI* sebagai alat pendukung pembelajaran tanpa mengurangi kualitas penalaran dan pembuktian matematis.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain deskriptif melalui studi literatur yang bertujuan mengkaji dan mensintesis hasil-hasil penelitian mengenai peran keterampilan metakognitif dalam penggunaan *Generative Artificial Intelligence* (*Generative AI*) untuk verifikasi pembuktian matematika. Data penelitian berupa data sekunder yang diperoleh dari artikel jurnal nasional dan internasional bereputasi, prosiding, buku, serta sumber akademik lain yang relevan dengan fokus penelitian. Literatur dipilih berdasarkan beberapa kriteria, yaitu membahas keterampilan metakognitif, *Generative AI*, pembuktian matematika, atau keterkaitan di antara ketiga aspek tersebut. Pengumpulan data dilakukan melalui penelusuran pada berbagai basis data ilmiah, meliputi Google Scholar, Scopus, ERIC, SpringerLink, ScienceDirect, dan DOAJ. Selanjutnya, literatur diseleksi berdasarkan relevansi judul, abstrak, isi artikel, dan kualitas publikasi. Data dianalisis secara deskriptif kualitatif melalui tahapan identifikasi, seleksi, reduksi, pengelompokan, sintesis, dan interpretasi untuk mengidentifikasi pola temuan, persamaan, perbedaan, serta kesenjangan penelitian (*research gap*), sehingga

diperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai peran keterampilan metakognitif dalam mengoptimalkan pemanfaatan *Generative AI* sebagai alat bantu verifikasi pembuktian matematika secara kritis, reflektif, dan bertanggung jawab.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelusuran dan seleksi literatur menunjukkan bahwa kajian mengenai keterampilan metakognitif, pembuktian matematika, dan pemanfaatan *Generative Artificial Intelligence* (*Generative AI*) dalam pendidikan matematika berkembang pada tiga fokus utama, yaitu keterampilan metakognitif sebagai faktor keberhasilan belajar, tantangan mahasiswa dalam menyusun dan memverifikasi pembuktian matematika, serta peluang dan risiko penggunaan *Generative AI* dalam pembelajaran. Meskipun demikian, ketiga fokus tersebut umumnya masih dikaji secara terpisah, sehingga sintesis yang menghubungkannya menjadi kontribusi utama penelitian ini. Hasil kajian juga menunjukkan bahwa keterampilan metakognitif mendukung mahasiswa dalam merencanakan strategi, memantau proses berpikir, dan mengevaluasi hasil, sehingga berkontribusi terhadap kemampuan penalaran matematis dan pemecahan masalah.

Selain itu, pembuktian matematika masih menjadi tantangan bagi mahasiswa, terutama dalam memahami definisi dan teorema, menyusun argumen yang logis, serta memverifikasi validitas setiap langkah pembuktian. Di sisi lain, *Generative AI* telah dimanfaatkan sebagai alat bantu untuk menjelaskan konsep, menyajikan alternatif pembuktian, dan memberikan umpan balik secara cepat. Namun, berbagai penelitian juga melaporkan risiko berupa ketergantungan terhadap AI, rendahnya verifikasi secara kritis, serta kemungkinan munculnya kesalahan logika atau informasi yang kurang akurat. Oleh karena itu, kajian yang mengintegrasikan keterampilan metakognitif dengan pemanfaatan *Generative AI* dalam verifikasi pembuktian matematika masih terbatas, sehingga diperlukan sintesis konseptual untuk menjelaskan hubungan keduanya dalam mendukung pembelajaran matematika yang kritis, reflektif, dan bertanggung jawab.

Keterampilan Metakognitif sebagai Basis Verifikasi Pembuktian Matematika

Hasil sintesis berbagai penelitian menunjukkan bahwa keterampilan metakognitif merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi kemampuan mahasiswa dalam melakukan verifikasi pembuktian matematika. Keterampilan metakognitif dipahami sebagai kemampuan individu mengendalikan proses berpikirnya sendiri melalui perencanaan (*planning*), pemantauan (*monitoring*), dan evaluasi (*evaluation*). Dalam konteks pembuktian matematika, ketiga komponen tersebut tidak berdiri sendiri, melainkan membentuk suatu siklus yang berlangsung secara berulang sepanjang proses pembuktian. Perencanaan mengarahkan mahasiswa dalam menentukan strategi pembuktian yang sesuai, pemantauan memastikan konsistensi logis setiap langkah yang dilakukan, sedangkan evaluasi digunakan untuk menilai apakah pembuktian telah memenuhi kriteria keabsahan. Melalui siklus tersebut, mahasiswa tidak hanya berorientasi pada hasil akhir, tetapi juga mampu merefleksikan proses berpikirnya sehingga keputusan yang diambil dalam pembuktian menjadi lebih tepat dan dapat dipertanggungjawabkan. Sejalan dengan hal tersebut, Rajadurai dan Ganapathy (2023)

menunjukkan bahwa penerapan strategi instruksional metakognitif secara signifikan meningkatkan kompetensi pemecahan masalah matematis mahasiswa, sedangkan Mertasari et al. (2023) menemukan bahwa penilaian berbasis kinerja mampu memperkuat kemampuan metakognitif dalam pembelajaran matematika.

Sintesis literatur menunjukkan bahwa keterampilan metakognitif memiliki hubungan erat dengan kemampuan penalaran matematis, khususnya dalam proses verifikasi pembuktian. Penalaran matematis menuntut kemampuan menyusun argumen yang logis, menghubungkan konsep-konsep matematika, serta memberikan justifikasi pada setiap langkah pembuktian. Kemampuan tersebut tidak hanya bergantung pada penguasaan konsep, tetapi juga pada kemampuan mahasiswa dalam mengontrol dan merefleksikan proses berpikirnya. Dalam proses verifikasi pembuktian, mahasiswa perlu memahami informasi yang diketahui dan yang akan dibuktikan, menentukan strategi yang tepat, memeriksa konsistensi penggunaan definisi, aksioma, dan teorema, serta memastikan bahwa setiap langkah sesuai dengan kaidah logika matematika. Sejalan dengan hal tersebut, Komatsu dan Jones (2022) menegaskan bahwa pengetahuan matematis terbentuk melalui siklus pembuktian, sanggahan (*refutation*), dan penalaran abduktif (*abductive reasoning*), yang pada hakikatnya merupakan proses metakognitif karena menuntut individu untuk terus mengevaluasi asumsi, argumen, dan kesimpulan. Dengan demikian, keterampilan metakognitif berperan penting dalam membantu mahasiswa mengidentifikasi kesalahan penalaran, memperbaiki strategi pembuktian, serta menjaga validitas setiap tahapan pembuktian.

Berbagai penelitian yang dikaji menunjukkan pola temuan yang konsisten bahwa mahasiswa yang memiliki keterampilan metakognitif yang baik cenderung lebih mampu menyusun, memahami, dan memverifikasi pembuktian matematika dibandingkan mahasiswa yang belum mampu mengelola proses berpikirnya secara optimal. Kemampuan untuk merencanakan strategi, memantau jalannya proses pembuktian, serta mengevaluasi hasil secara kritis memberikan kontribusi terhadap peningkatan kualitas penalaran matematis, kemampuan mengidentifikasi inkonsistensi logis, dan ketepatan dalam menarik kesimpulan. Sebaliknya, tanpa keterampilan metakognitif yang memadai, mahasiswa cenderung memperlakukan pembuktian sebagai prosedur yang harus diikuti atau disalin, bukan sebagai argumen matematis yang perlu dianalisis, diuji, dan divalidasi. Berdasarkan sintesis berbagai penelitian tersebut, keterampilan metakognitif dapat dipandang sebagai fondasi utama dalam verifikasi pembuktian matematika karena memungkinkan mahasiswa mengendalikan proses berpikir secara sadar, sistematis, dan reflektif. Fondasi ini menjadi semakin penting ketika proses verifikasi dilakukan dengan memanfaatkan *Generative Artificial Intelligence (Generative AI)*, yang menawarkan berbagai kemudahan dalam menghasilkan solusi, tetapi tetap memerlukan kemampuan metakognitif untuk mengevaluasi validitas setiap informasi yang diberikan.

Peluang dan Risiko Generative AI dalam Verifikasi Pembuktian Matematika

Hasil sintesis berbagai penelitian menunjukkan bahwa *Generative Artificial Intelligence* (*Generative AI*) memberikan peluang yang semakin besar dalam mendukung verifikasi pembuktian matematika. Berbagai platform seperti ChatGPT, Gemini, Claude,

dan Microsoft Copilot mampu menghasilkan alternatif pembuktian, memberikan penjelasan konsep, serta menyediakan umpan balik secara instan sehingga membantu mahasiswa mengeksplorasi berbagai strategi pembuktian dan memahami konsep-konsep matematika yang abstrak. Yoon et al. (2024) menemukan bahwa mahasiswa memanfaatkan *Generative AI* untuk memperoleh ide awal pembuktian, memeriksa alternatif strategi, dan mengklarifikasi definisi, sedangkan Lestari et al. (2025) melaporkan bahwa bantuan AI pada pembuktian menggunakan prinsip induksi matematika membantu mahasiswa memahami struktur pembuktian secara lebih sistematis. Selain itu, Denny et al. (2024) dan Walkington (2024) menegaskan bahwa *Generative AI* berpotensi memperluas akses terhadap umpan balik formatif sehingga mendukung pembelajaran matematika yang lebih fleksibel, personal, dan efisien.

Di balik berbagai peluang tersebut, penggunaan *Generative AI* juga menghadirkan sejumlah risiko yang perlu mendapat perhatian. AI dapat menghasilkan pembuktian yang tampak benar, tetapi mengandung kesalahan logika, penggunaan definisi atau teorema yang tidak sesuai, maupun langkah pembuktian yang tidak memenuhi kaidah deduktif (*hallucination*). McGalliard dan Otten (2025) menunjukkan bahwa respons AI terhadap permasalahan matematika yang kompleks masih sering keliru, sedangkan Murwanto dan Triayomi (2025) menemukan bahwa rendahnya literasi informasi dan pemahaman prosedural menjadi kendala utama dalam memverifikasi keluaran AI. Ramadhan et al. (2025) serta Cholvistaria dan Gunawan (2025) juga melaporkan bahwa ketergantungan terhadap AI berpotensi menurunkan kemampuan berpikir kritis. Oleh karena itu, setiap hasil yang dihasilkan *Generative AI* perlu diverifikasi melalui pemeriksaan terhadap definisi, teorema, konsistensi logika, dan validitas setiap langkah pembuktian. Temuan tersebut menunjukkan bahwa efektivitas *Generative AI* tidak hanya ditentukan oleh kecanggihan teknologinya, tetapi juga oleh kemampuan pengguna untuk mengevaluasi hasil secara kritis, yang menjadi dasar pembahasan mengenai integrasi keterampilan metakognitif pada bagian berikutnya.

Integrasi Keterampilan Metakognitif dalam Penggunaan Generative AI

Berdasarkan sintesis literatur, keterampilan metakognitif berfungsi sebagai mekanisme kontrol yang mengubah relasi pengguna dengan *Generative AI* dari relasi konsumtif menjadi relasi verifikatif. Mizumoto (2023) merumuskan penggunaan AI sebagai sumber belajar yang harus dikelola secara metakognitif, yaitu pengguna menetapkan tujuan, memantau kesesuaian keluaran, dan mengevaluasi manfaatnya. Pavlovic et al. (2024) bahkan menunjukkan bahwa *Generative AI* dapat berperan sebagai agen metakognitif yang memicu refleksi, sepanjang pengguna tetap memegang kendali penilaian akhir. Rangkuman peran ketiga komponen metakognitif dalam verifikasi pembuktian matematika disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Peran Komponen Keterampilan Metakognitif dalam Verifikasi Pembuktian Matematika Berbantuan Generative AI

Dibantu Generative AI		
Komponen Metakognitif	Aktivitas Pengguna terhadap Output <i>Generative AI</i>	Fungsi dalam Verifikasi Pembuktian Matematika

Perencanaan (<i>planning</i>)	Merumuskan tujuan pembuktian, memilih strategi (langsung, kontraposisi, kontradiksi, induksi), menyusun prompt yang spesifik, dan menetapkan kriteria bukti yang sah sebelum menggunakan AI	Mencegah penggunaan AI yang bersifat coba-coba serta menjaga arah dan struktur logis pembuktian tetap dikendalikan oleh pengguna
Pemantauan (<i>monitoring</i>)	Menelusuri setiap langkah keluaran AI, memeriksa definisi dan teorema yang dirujuk, menandai lompatan logis, serta membandingkan dengan sumber referensi	Mendeteksi kesalahan penalaran, premis tersembunyi, dan klaim yang tidak terjustifikasi pada bukti yang dihasilkan AI
Evaluasi (<i>evaluation</i>)	Menilai validitas, kelengkapan, dan efisiensi bukti; membandingkan alternatif bukti; merevisi atau menolak keluaran AI; merefleksikan proses berpikir sendiri	Menetapkan keputusan akhir mengenai keabsahan bukti dan memperkuat kemandirian penalaran matematis pengguna

Sumber: Hasil sintesis literatur peneliti (2026)

Tabel 2 memperlihatkan bahwa verifikasi pembuktian berbantuan *Generative AI* berlangsung sebagai siklus, bukan sebagai satu tindakan tunggal di akhir proses. Pada tahap perencanaan, mahasiswa yang lebih dahulu menetapkan strategi bukti cenderung menyusun prompt yang terarah sehingga keluaran AI lebih mudah diuji. Pada tahap pemantauan, penelusuran langkah demi langkah memungkinkan pengguna menemukan premis tersembunyi dan justifikasi yang hilang, dua jenis kesalahan yang paling sering muncul pada bukti hasil AI. Pada tahap evaluasi, pengguna menilai bukan hanya kebenaran, melainkan juga kelengkapan dan efisiensi bukti, lalu merefleksikan bagian mana dari penalarannya sendiri yang perlu diperbaiki.

Interpretasi terhadap pola tersebut menunjukkan adanya hubungan timbal balik antara keterampilan metakognitif dan pemanfaatan *Generative AI*. Di satu sisi, keterampilan metakognitif yang memadai menjadikan *Generative AI* sebagai objek uji yang produktif, karena setiap keluaran diperlakukan sebagai dugaan yang menunggu pembuktian. Di sisi lain, keluaran AI yang beragam dan kadang keliru justru menyediakan situasi autentik untuk melatih pemantauan dan evaluasi, sejalan dengan gagasan pembuktian sebagai proses sanggahan yang dikemukakan Komatsu dan Jones (2022). Dengan demikian, *Generative AI* berpotensi menjadi pemicu metakognisi, bukan sekadar penyedia jawaban.

Sintesis Konseptual dan Implikasi bagi Pembelajaran Matematika

a. Sintesis Konseptual

Berdasarkan sintesis berbagai penelitian, keterampilan metakognitif, pembuktian matematika, dan pemanfaatan *Generative Artificial Intelligence (Generative AI)* membentuk hubungan yang saling melengkapi dalam mendukung proses

pembelajaran matematika. Keterampilan metakognitif berfungsi sebagai mekanisme pengendali yang memungkinkan mahasiswa merencanakan strategi, memantau jalannya proses berpikir, serta mengevaluasi validitas setiap langkah pembuktian. Di sisi lain, *Generative AI* berperan sebagai sumber belajar yang menyediakan alternatif strategi, penjelasan konsep, dan umpan balik yang dapat memperkaya proses pembuktian. Dengan demikian, efektivitas penggunaan *Generative AI* tidak hanya ditentukan oleh kemampuan teknologi dalam menghasilkan informasi, tetapi juga oleh kemampuan metakognitif mahasiswa dalam mengelola dan memverifikasi informasi tersebut.

Hubungan ketiga aspek tersebut dapat dipahami sebagai suatu proses yang terintegrasi. Pada tahap *planning*, mahasiswa memanfaatkan *Generative AI* untuk memahami permasalahan, mengeksplorasi berbagai strategi pembuktian, serta merancang langkah penyelesaian yang sesuai. Selanjutnya, pada tahap *monitoring*, mahasiswa memeriksa kesesuaian setiap langkah pembuktian dengan definisi, aksioma, teorema, dan kaidah logika matematika. Proses tersebut kemudian dilanjutkan dengan *evaluation*, yaitu menilai keabsahan argumen, kelengkapan penalaran, serta ketepatan kesimpulan yang diperoleh. Rangkaian proses tersebut bermuara pada verifikasi pembuktian matematika yang dilakukan secara kritis, reflektif, dan bertanggung jawab.

Berdasarkan keterkaitan tersebut, *Generative AI* tidak dapat dipandang sebagai pengganti proses berpikir matematis, melainkan sebagai alat bantu yang mendukung pengembangan kemampuan berpikir mahasiswa. Kualitas pembuktian matematika tidak ditentukan oleh ketepatan jawaban yang dihasilkan AI, tetapi oleh kemampuan mahasiswa dalam memverifikasi, mengevaluasi, dan menyusun kembali argumen berdasarkan konsep, definisi, teorema, serta kaidah logika yang benar. Oleh karena itu, keterampilan metakognitif menjadi fondasi utama yang memastikan pemanfaatan *Generative AI* tetap mendukung terbentuknya pembelajaran matematika yang kritis, reflektif, dan bermakna.

b. Implikasi bagi Pembelajaran Matematika

1) Implikasi bagi Mahasiswa

Hasil sintesis menunjukkan bahwa mahasiswa perlu memanfaatkan *Generative AI* secara kritis dan bertanggung jawab sebagai alat bantu belajar, bukan sebagai sumber jawaban yang diterima tanpa verifikasi. Mahasiswa perlu membangun kebiasaan merencanakan strategi penyelesaian, memeriksa konsistensi setiap langkah pembuktian, serta mengevaluasi validitas argumen yang dihasilkan AI sebelum menggunakannya. Dengan demikian, interaksi dengan *Generative AI* dapat menjadi sarana untuk memperkuat kemampuan berpikir kritis, reflektif, dan keterampilan verifikasi dalam pembuktian matematika.

2) Implikasi bagi Dosen

Dosen memiliki peran penting dalam merancang pembelajaran yang mengintegrasikan *Generative AI* tanpa mengurangi kesempatan mahasiswa untuk mengembangkan kemampuan berpikir mandiri. Pembelajaran perlu diarahkan pada aktivitas yang mendorong mahasiswa membandingkan, mengkritisi, dan

memverifikasi hasil yang dihasilkan AI, sehingga penilaian tidak hanya berorientasi pada jawaban akhir, tetapi juga pada proses penalaran, refleksi, dan argumentasi matematis yang dibangun mahasiswa. Pendekatan tersebut dapat memperkuat pengembangan keterampilan metakognitif sekaligus meningkatkan kualitas pembuktian matematika.

3) Implikasi bagi Kurikulum

Pada tingkat kurikulum, integrasi *Generative AI* perlu disertai dengan penguatan literasi AI, keterampilan metakognitif, dan kemampuan pembuktian matematika sebagai kompetensi inti. Kurikulum tidak hanya perlu mengakomodasi pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran, tetapi juga menekankan kemampuan mengevaluasi informasi, memverifikasi argumen, serta mempertanggungjawabkan proses penalaran secara ilmiah. Dengan demikian, *Generative AI* dapat dimanfaatkan sebagai media pendukung pembelajaran, sementara mahasiswa tetap menjadi pengendali utama dalam membangun, menguji, dan memverifikasi pembuktian matematika.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian literatur, dapat disimpulkan bahwa keterampilan metakognitif berperan penting dalam mengoptimalkan pemanfaatan *Generative Artificial Intelligence (Generative AI)* sebagai alat bantu verifikasi pembuktian matematika. Melalui proses *planning*, *monitoring*, dan *evaluation*, mahasiswa mampu menggunakan keluaran AI secara lebih kritis, reflektif, dan bertanggung jawab sehingga tidak sekadar menerima jawaban yang dihasilkan, tetapi juga memverifikasi validitas logis, konsistensi argumen, serta ketepatan setiap langkah pembuktian. Hasil sintesis menunjukkan bahwa integrasi keterampilan metakognitif dengan *Generative AI* mendukung pengembangan kemampuan penalaran matematis, berpikir reflektif, dan kualitas pembuktian matematika. Oleh karena itu, *Generative AI* perlu diposisikan sebagai alat pendukung pembelajaran yang memperkuat proses berpikir matematis, bukan sebagai pengganti proses penalaran mahasiswa. Temuan ini mengimplikasikan bahwa pembelajaran matematika perlu dirancang dengan mengintegrasikan pemanfaatan *Generative AI* dan penguatan keterampilan metakognitif agar mahasiswa mampu menggunakan teknologi secara bijaksana dalam menyusun maupun memverifikasi pembuktian matematika. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji secara empiris efektivitas model pembelajaran yang mengintegrasikan keterampilan metakognitif dan *Generative AI* terhadap kemampuan pembuktian matematika pada berbagai jenjang pendidikan sehingga hubungan konseptual yang dihasilkan dalam kajian ini dapat divalidasi melalui implementasi pada konteks pembelajaran yang nyata.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas rahmat-Nya sehingga artikel ini terselesaikan. Terima kasih disampaikan kepada Program Studi Pendidikan Matematika FKIP Universitas Mataram atas dukungan akademiknya, serta kepada seluruh dosen, rekan, dan pihak yang telah memberikan masukan serta dukungan. Semoga hasil kajian

ini bermanfaat bagi pengembangan pembelajaran matematika dan menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

REFERENCES

- Afandi, A., & Angkotasan, N. (2021). Analisis Kemampuan Pembuktian Matematis Mahasiswa Melalui Pendekatan Deduktif Pada Mata Kuliah Geometri. *Jurnal Pendidikan Guru Matematika*, 1(2). <https://doi.org/10.33387/jpgm.v1i2.3143>
- Afifah, S., & Kusuma, A. (2021). PENTINGNYA KEMAMPUAN SELF-EFFICACY MATEMATIS SERTA BERPIKIR KRITIS PADA PEMBELAJARAN DARING MATEMATIKA. *JURNAL MathEdu (Mathematic Education Journal)*, 4(2), 313-320. <https://doi.org/https://doi.org/10.37081/mathedu.v4i2.2642>
- Aini, D. N., & Rofiki, I. (2021). Hambatan Kognitif Mahasiswa Dalam Proses Pembuktian Berdasarkan Toulmin's Argumentation Pattern. *JP2M (Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Matematika)*, 7(1), 24-32. <https://doi.org/10.29100/jp2m.v7i1.1869>
- Astria, R., & Kusuma, A. B. (2023). Analisis Pembelajaran Berdiferensiasi Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis. *Proximal: Jurnal Penelitian Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 6(2), 112-119. <https://doi.org/10.30605/proximal.v6i2.2647>
- Auna, H. S. A., & Hamzah, N. (2024). STUDI PERSPEKTIF SISWA TERHADAP EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN MATEMATIKA DENGAN PENERAPAN CHATGPT. *HINEF: Jurnal Rumpun Ilmu Pendidikan*, 3(1), 13-25. <https://doi.org/10.37792/hinef.v3i1.1160>
- Baharuddin, B. (2025). PERSPECTIVE THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) TO COMPLETING MATHEMATICAL ASSIGNMENTS: EXPLORING STUDENTS' EXPERIENCES. *Jurnal Tunas Pendidikan*, 7(2), 321-329. <https://doi.org/10.52060/pgsd.v7i2.2688>
- Bahi, J., Pujiastuti, H., & Nindiasari, H. (2026). PENERAPAN GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA: SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW. *Pedagogy: Jurnal Pendidikan Matematika*, 11(2), 45-62. <https://doi.org/10.30605/0xhgx647>
- Cholvistaria, M., & Gunawan, A. (2025). PENGARUH ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) TERHADAP BERPIKIR KRITIS MAHASISWA. *POACE: Jurnal Program Studi Adminitrasi Pendidikan*, 5(1), 1-8. <https://doi.org/10.24127/poace.v5i1.8155>
- Denny, P., Gulwani, S., Heffernan, N. T., Käser, T., Moore, S., Rafferty, A. N., & Singla, A. (2024). Generative AI for education (GAIED): Advances, opportunities, and challenges. *arXiv preprint arXiv:2402.01580*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.01580>
- Ghimire, A., Pather, J., & Edwards, J. (2024). Generative AI in education: A study of educators' awareness, sentiments, and influencing factors. In *2024 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-9). IEEE.
- Hormadia, I., & Putra, A. (2021). Systematic Literature Review: Kemampuan Berpikir Kreatif Pada Pembelajaran Matematika. *Jurnal Didactical Mathematics*, 3(1), 1-7. <https://doi.org/10.31949/dm.v3i1.914>
- Istofany, M. A. B., Negara, H. R. P., & Santosa, F. H. (2024). Analisis Penggunaan Teknologi Dalam Pembelajaran Matematika Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Pada Mahasiswa. *Ulul Albab: Majalah Universitas Muhammadiyah Mataram*, 28(1), 1-14. <https://doi.org/10.31764/jua.v28i1.23325>

- Komatsu, K., & Jones, K. (2022). Generating mathematical knowledge in the classroom through proof, refutation, and abductive reasoning: Komatsu K., Jones K. *Educational Studies in Mathematics*, 109(3), 567-591.
- Lestari, I. L., Sari, M., Uripno, G., Suprihatiningsih, S., Hariyanti, F., & Bonyah, E. (2025). Analysis of Artificial Intelligence Assisted Proof Process Through Principle of Mathematical Induction in Real Analysis Course. *Journal of Mathematical Pedagogy (JoMP)*, 6(2), 94-102. <https://doi.org/10.26740/jomp.v6n2.p94-102>
- McGalliard, W., & Otten, S. (2025). AI responses to challenging problems and educator responses to AI availability. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 11(2), 319-332. <https://doi.org/10.1007/s40751-024-00167-4>
- Mertasari, N. M. S., Sastri, N. L. P. P., & Pascima, I. B. N. (2023). Performance Assessment: Improving Metacognitive Ability in Mathematics Learning. *Journal of Education and e-Learning Research*, 10(4), 837-844.
- Mizumoto, A. (2023). Data-driven learning meets generative AI: Introducing the framework of metacognitive resource use. *Applied Corpus Linguistics*, 3(3), 100074.
- Murwanto, P., & Triayomi, R. (2025). Penggunaan GenAI terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa PGSD. *Ideguru: Jurnal Karya Ilmiah Guru*, 10(2), 1648-1656. <https://doi.org/10.51169/ideguru.v10i2.1896>
- Pavlovic, J., Krstic, J., Mitrovic, L., Babic, D., Milosavljevic, A., Nikolic, M., ... & Mitrovic, T. (2024). Generative AI as a metacognitive agent: a comparative mixed-method study with human participants on ICF-mimicking exam performance. *arXiv preprint arXiv:2405.05285*. <https://doi.org/10.1109/FIE61694.2024.10893017>
- Putri, Y. K., Muhammad, R. R., Nirwana, F., & Azzahra, A. (2025). Analisis Efektivitas Artificial Intelligence (AI) terhadap Pembelajaran Matematika Mahasiswa. *Indiktika: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika*, 7(2), 466-476. <https://doi.org/10.31851/indiktika.v7i2.17469>
- Rajadurai, R., & Ganapathy, H. (2023). Effect of use of metacognitive instructional strategies in promoting mathematical problem solving competence amongst undergraduate students in facing competitive examination. *Cogent Social Sciences*, 9(1), 2173103. <https://doi.org/10.1080/23311886.2023.2173103>
- Ramadhan, M. A., Gunawan, A., Lorenza, S., Ainy, Z., & Subhan, M. (2025). Analisis Dampak Penggunaan Kecerdasan Buatan Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Mudabbir: Jurnal Penelitian dan Kajian Pendidikan*, 5(2), 241-249. <https://doi.org/10.56832/mudabbir.v5i2.1111>
- Tapo, M., & Rudhito, M. (2025). ANALISIS KESULITAN PEMBUKTIAN MATEMATIS PADA MATERI TEORI HIMPUNAN DARI SUDUT PANDANG NEUROSAINS. *LIPS: Jurnal Pendidikan Matematika*, 6(1), 1-16. <https://doi.org/10.47650/elips.v6i1.1526>
- Thoharudin, M. (2024). PERAN GENERATIVE AI DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN PERENCANAAN PENELITIAN PADA MATA KULIAH METODE PENELITIAN PENDIDIKAN. *VOX EDUKASI: Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 15(2), 509-520. <https://doi.org/10.31932/ve.v15i2.5565>
- Walkington, C. (2024). The implications of generative AI for mathematics education. Proceedings of the forty-sixth annual meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education.
- Yoon, H., Hwang, J., Lee, K., Roh, K. H., & Kwon, O. N. (2024). Students' use of generative artificial intelligence for proving mathematical statements: H. Yoon et al. *ZDM—Mathematics Education*, 56(7), 1531-1551. <https://doi.org/10.1007/s11858-024-01629-0>