



## Peranan Metakognisi dalam Penggunaan *Artificial Intelligence* Pada Pembelajaran Matematika

Yakin Niat Telaumbanua <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Universitas Nias, Indonesia

\*Corresponding Author: ✉ [yakinniattelaumbanua@unias.ac.id](mailto:yakinniattelaumbanua@unias.ac.id)

Submitted: 06 January 2025 | Revised: 15 February 2026 | Accepted: 16 February 2026

### Abstrak

Perkembangan *Artificial Intelligence* (AI) telah menghadirkan peluang sekaligus tantangan baru dalam pembelajaran matematika. Berbagai sistem berbasis AI, seperti *intelligent tutoring systems*, *chatbot* generatif, dan *problem-solving assistants*, mampu memberikan dukungan kognitif yang adaptif dan instan. Namun, pemanfaatan AI yang tidak disertai kemampuan reflektif berisiko mendorong ketergantungan siswa serta pembelajaran yang dangkal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peranan metakognisi dalam penggunaan AI pada pembelajaran matematika serta merumuskan model konseptual yang menjelaskan hubungan antara proses metakognitif dan kualitas interaksi siswa dengan AI. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain *systematic literature review* yang terdiri dari lima tahap utama yaitu Perumusan Fokus dan Pertanyaan Penelitian, Strategi Penelusuran Literatur, Kriteria Inklusi dan Eksklusi, Proses Seleksi Artikel serta Analisis dan Sintesis Data. Artikel yang dianalisis secara mendalam terdiri dari 32 artikel jurnal terindeks scopus yang dipublikasi rentang tahun 2019-2024 dan dianalisis juga buku-buku teori metakognisi klasik maupun kontemporer yang relevan yang berjumlah 8 (delapan) referensi. Analisis data dilakukan melalui analisis tematik untuk mengidentifikasi peran perencanaan, monitoring, evaluasi, dan kontrol metakognitif dalam interaksi siswa dengan AI. Hasil kajian menunjukkan bahwa metakognisi berperan sebagai mediator utama efektivitas penggunaan AI dalam pembelajaran matematika. Siswa dengan kemampuan metakognitif tinggi cenderung menggunakan AI secara strategis, kritis, dan reflektif, sedangkan rendahnya metakognisi berkorelasi dengan penerimaan keluaran AI secara tidak kritis dan potensi ketergantungan berlebihan. Penelitian ini menghasilkan model konseptual yang menempatkan AI sebagai objek regulasi metakognitif, di mana proses monitoring dan kontrol pada meta-level memediasi kualitas pemecahan masalah matematika. Temuan ini memberikan kontribusi teoretis terhadap pengembangan kajian metakognisi serta implikasi praktis bagi desain pembelajaran matematika berbasis AI yang berorientasi pada penguatan regulasi diri dan berpikir reflektif.

**Kata Kunci:** Metakognisi; *Artificial Intelligence*; Pembelajaran Matematika

### Abstract

The development of Artificial Intelligence (AI) has introduced both new opportunities and challenges in mathematics learning. Various AI-based systems, such as intelligent tutoring systems, generative chatbots, and problem-solving assistants, are capable of providing adaptive and instant cognitive support. However, the use of AI without reflective capabilities may lead to students' dependency and superficial learning. This study aims to analyze the role of metacognition in the use of AI in mathematics learning and to formulate a conceptual model explaining the relationship between metacognitive processes and the quality of students' interaction with AI. This study employed a qualitative approach using a systematic literature review design consisting of five main stages: formulation of research focus and questions, literature search strategy, inclusion and exclusion criteria, article selection process, and data analysis and synthesis. The articles analyzed included 32 Scopus-indexed journal articles published between 2019 and 2024, complemented by eight classical and contemporary metacognition theory books relevant to the research focus. Data analysis was conducted through thematic analysis to identify the roles of metacognitive planning, monitoring, evaluation, and control in students' interactions with AI. The findings indicate that metacognition functions as a primary mediator of the effectiveness of



AI use in mathematics learning. Students with high metacognitive ability tend to use AI strategically, critically, and reflectively, whereas low metacognitive ability is associated with uncritical acceptance of AI outputs and a higher risk of overreliance. This study proposes a conceptual model positioning AI as an object of metacognitive regulation, in which monitoring and control processes at the meta-level mediate the quality of mathematical problem solving. These findings contribute theoretically to the advancement of metacognition research and provide practical implications for designing AI-supported mathematics learning that promotes self-regulation and reflective thinking.

**Keywords:** Metacognition; Artificial Intelligence; Mathematics Learning

## PENDAHULUAN

Perkembangan pesat *Artificial Intelligence* (AI) telah membawa transformasi signifikan dalam pembelajaran matematika, khususnya dalam pemecahan masalah, pemberian umpan balik adaptif, dan dukungan pembelajaran mandiri. Berbagai sistem berbasis AI, seperti *intelligent tutoring systems*, *chatbot* generatif, dan *problem-solving assistants*, memungkinkan siswa memperoleh bantuan kognitif secara instan dan personal (Holmes et al., 2019; Zawacki-Richter et al., 2019). Dalam konteks pembelajaran matematika, AI berpotensi mempercepat pemahaman konsep, memfasilitasi eksplorasi strategi, serta meningkatkan efisiensi proses belajar (Luckin et al., 2016).

Meskipun demikian, sejumlah studi menunjukkan bahwa penggunaan AI tidak secara otomatis meningkatkan kualitas pembelajaran. Siswa sering kali menerima keluaran AI secara langsung tanpa melakukan verifikasi konseptual atau refleksi kritis, sehingga berisiko menimbulkan miskonsepsi dan ketergantungan berlebihan terhadap teknologi (*overreliance*) (Long & Magerko, 2022; Kasneci et al., 2023). Fenomena ini mengindikasikan bahwa efektivitas AI dalam pembelajaran matematika tidak hanya ditentukan oleh kemampuan sistem AI itu sendiri, tetapi juga oleh kemampuan siswa dalam mengelola, memonitor, dan mengevaluasi proses berpikirnya selama berinteraksi dengan AI.

Dalam hal ini, metakognisi memainkan peran yang sangat krusial. Metakognisi didefinisikan sebagai kesadaran dan pengendalian individu terhadap proses kognitifnya sendiri (Flavell, 1979). Flavell membedakan metakognisi ke dalam dua komponen utama, yaitu pengetahuan metakognitif dan regulasi metakognitif, yang meliputi perencanaan, monitoring, dan evaluasi. Dalam pemecahan masalah matematika, metakognisi telah terbukti berkontribusi signifikan terhadap keberhasilan siswa dalam memilih strategi, mengontrol kesalahan, dan merefleksikan solusi (Schoenfeld, 1985; Goos, Galbraith, & Renshaw, 2002).

Lebih lanjut, Nelson dan Narens (1990) mengemukakan model dua tingkat yang menempatkan metakognisi sebagai interaksi dinamis antara *object-level* (proses kognitif) dan *meta-level* (monitoring dan control). Model ini menegaskan bahwa kualitas kinerja kognitif sangat ditentukan oleh akurasi monitoring dan efektivitas control. Dalam konteks penggunaan AI, model tersebut menjadi semakin relevan karena siswa tidak hanya memonitor proses berpikirnya sendiri, tetapi juga harus memonitor dan mengevaluasi keluaran yang dihasilkan oleh sistem AI.

Namun, sebagian besar penelitian metakognisi masih berfokus pada pembelajaran konvensional atau penggunaan teknologi non-cerdas. Kajian yang secara eksplisit menempatkan AI sebagai objek regulasi metakognitif masih terbatas dan belum terintegrasi secara konseptual (Azevedo et al., 2022). Beberapa penelitian terbaru menunjukkan bahwa siswa dengan kemampuan metakognitif tinggi lebih mampu memanfaatkan AI secara strategis, seperti menggunakan AI untuk mengecek solusi, membandingkan pendekatan, dan

merefleksikan pemahaman, dibandingkan siswa dengan metakognisi rendah yang cenderung menggunakan AI sebagai pemberi jawaban akhir (Andersen & Pitkäranta, 2023; Kasneci et al., 2023).

Urgensi penelitian ini semakin menguat seiring meluasnya penggunaan AI generatif dalam pembelajaran matematika di berbagai jenjang pendidikan. Tanpa kerangka metakognitif yang jelas, AI berpotensi menggeser peran siswa dari *active problem solver* menjadi *passive answer receiver*, yang bertentangan dengan tujuan pembelajaran matematika itu sendiri (Polya, 1973; Schoenfeld, 1992). Oleh karena itu, diperlukan kajian teoretis yang sistematis untuk menjelaskan bagaimana metakognisi berperan dalam mengatur interaksi siswa dengan AI, serta bagaimana proses monitoring dan control metakognitif memediasi efektivitas penggunaan AI dalam pemecahan masalah matematika.

Berdasarkan rasionalisasi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peranan metakognisi dalam penggunaan *Artificial Intelligence* dalam pembelajaran matematika serta merumuskan model konseptual yang menjelaskan hubungan antara proses metakognitif dan kualitas interaksi siswa dengan AI. Secara khusus, penelitian ini mengkaji bagaimana perencanaan, monitoring, dan evaluasi metakognitif memengaruhi kemampuan siswa dalam menyeleksi input yang relevan, menilai keandalan keluaran AI, serta mengontrol penggunaan AI agar tetap mendukung pemahaman konseptual.

Berdasarkan kajian teoretis, penelitian ini berangkat dari hipotesis konseptual bahwa efektivitas penggunaan AI dalam pembelajaran matematika dimediasi oleh proses metakognitif siswa, khususnya akurasi monitoring dan efektivitas control sebagaimana dikemukakan dalam model Nelson dan Narens (1990). Dengan demikian, peningkatan kemampuan metakognitif dipandang sebagai prasyarat utama agar AI berfungsi sebagai alat pendukung pembelajaran bermakna, bukan sebagai pengganti proses berpikir matematis siswa.

## METODE

### Jenis dan Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain *systematic literature review* (SLR). Studi literatur sistematis dipilih karena penelitian ini bertujuan untuk mensintesis, mengevaluasi, dan mengintegrasikan temuan-temuan teoretis dan empiris terkait peranan metakognisi dalam penggunaan *Artificial Intelligence* (AI) dalam pembelajaran matematika. Pendekatan ini memungkinkan peneliti mengidentifikasi pola, kesenjangan penelitian, serta membangun model konseptual baru berdasarkan bukti ilmiah yang ada (Kitchenham & Charters, 2007; Snyder, 2019).

SLR juga relevan digunakan dalam kajian pendidikan dan teknologi pembelajaran karena mampu memberikan pemahaman komprehensif terhadap fenomena kompleks yang belum memiliki kerangka teoretis mapan, seperti interaksi antara metakognisi dan AI (Petticrew & Roberts, 2006; Xiao & Watson, 2019).

### Target/Sasaran Penelitian

Target atau sasaran penelitian ini adalah literatur ilmiah bereputasi yang membahas metakognisi dalam pembelajaran matematika, *artificial Intelligence* dalam pendidikan, interaksi siswa dengan sistem AI atau teknologi cerdas, dan pemecahan masalah matematika dan regulasi kognitif. Literatur yang menjadi sasaran utama meliputi artikel jurnal terindeks

Scopus, *review articles*, serta buku teori klasik dan kontemporer yang relevan dengan fokus penelitian.

### Subjek Penelitian

Subjek dalam penelitian ini bukan individu, melainkan dokumen ilmiah. Subjek penelitian meliputi artikel jurnal internasional terindeks Scopus yang diterbitkan pada rentang 2019–2024, buku referensi utama tentang metakognisi, dan literatur yang secara eksplisit membahas penggunaan AI dalam konteks pembelajaran matematika. Penggunaan dokumen sebagai subjek penelitian sejalan dengan karakteristik penelitian kualitatif berbasis literatur yang menempatkan teks sebagai sumber data utama (Creswell & Poth, 2018).

### Prosedur Penelitian *Systematic Literature Review*

Prosedur SLR dalam penelitian ini mengikuti tahapan yang diadaptasi dari Kitchenham dan Charters (2007) serta Xiao dan Watson (2019), yang meliputi lima tahap utama sebagai berikut.

#### 1. Perumusan Fokus dan Pertanyaan Penelitian

Tahap awal dilakukan dengan merumuskan pertanyaan penelitian utama, yaitu: *Bagaimana peranan metakognisi dalam mengatur penggunaan Artificial Intelligence dalam pembelajaran matematika?*

Fokus kajian diarahkan pada hubungan antara proses metakognitif (*planning, monitoring, evaluation, dan control*) dan efektivitas penggunaan AI dalam pemecahan masalah matematika.

#### 2. Strategi Penelusuran Literatur

Penelusuran literatur dilakukan pada basis data ilmiah bereputasi internasional, yaitu:

- Scopus
- ScienceDirect (Elsevier)
- SpringerLink
- ERIC (*Education Resources Information Center*)
- Google Scholar (sebagai pelengkap)

Kata kunci pencarian yang digunakan meliputi kombinasi berikut:

- *metacognition*
- *artificial intelligence in education*
- *AI in mathematics learning*
- *mathematical problem solving*
- *self-regulated learning*

Operator Boolean (AND, OR) digunakan untuk meningkatkan relevansi hasil pencarian.

#### 3. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Literatur diseleksi menggunakan kriteria berikut:

Kriteria inklusi:

- a. Artikel jurnal internasional terindeks Scopus atau penerbit bereputasi.
- b. Membahas metakognisi, AI dalam pendidikan, atau pembelajaran matematika.
- c. Artikel empiris, review article, atau kajian teoretis.
- d. Dipublikasikan dalam rentang tahun 2019–2024.
- e. Ditulis dalam bahasa Inggris.

Kriteria eksklusi:

- a. Artikel *non-peer reviewed*.
- b. Studi yang tidak berkaitan langsung dengan konteks pembelajaran atau regulasi kognitif.
- c. Artikel duplikat atau tidak memiliki akses teks penuh.

#### 4. Proses Seleksi Artikel

Proses seleksi dilakukan secara bertahap:

- a. Identifikasi awal menghasilkan  $\pm 148$  artikel dari seluruh basis data.
- b. Setelah penghapusan duplikasi diperoleh 112 artikel.
- c. Seleksi judul dan abstrak menghasilkan 56 artikel yang relevan.
- d. Evaluasi teks penuh berdasarkan kriteria inklusi menghasilkan 32 artikel utama yang dianalisis secara mendalam.

Selain artikel jurnal, penelitian ini juga menggunakan 8 buku referensi klasik dan kontemporer tentang metakognisi dan pemecahan masalah matematika sebagai landasan teoretis.

#### 5. Analisis dan Sintesis Data

Artikel yang terpilih dianalisis menggunakan analisis tematik (*thematic analysis*) melalui tahapan:

- a. Pengodean konsep terkait metakognisi dan penggunaan AI,
- b. Pengelompokan tema ke dalam aspek *planning*, *monitoring*, *evaluation*, dan *control*,
- c. Identifikasi pola hubungan antara proses metakognitif dan interaksi siswa dengan AI,
- d. Sintesis konseptual untuk membangun model metakognisi–AI dalam pembelajaran matematika.

#### Jenis Data

Data penelitian berupa data kualitatif sekunder, yaitu: temuan empiris, kerangka teoretis, interpretasi dan simpulan penelitian terdahulu. Data kualitatif sekunder lazim digunakan dalam penelitian konseptual dan kajian teori untuk membangun sintesis ilmiah yang mendalam (Miles, Huberman, & Saldaña, 2014).

#### Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian berupa lembar analisis literatur, yang dikembangkan peneliti untuk mencatat dan mengkategorikan jenis AI yang dikaji, aspek metakognisi (*planning*, *monitoring*, *evaluation*, *control*), konteks pembelajaran matematika, temuan utama dan implikasi penelitian. Penggunaan instrumen analisis dokumen merupakan praktik umum dalam penelitian kualitatif berbasis teks (Bowen, 2009).

#### Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui: 1) Studi dokumentasi, yaitu pengumpulan artikel dan buku dari basis data ilmiah, 2) Studi pustaka mendalam, dengan membaca, mencatat, dan mengorganisasi data sesuai fokus penelitian. Teknik ini sesuai dengan karakteristik penelitian literatur yang menekankan analisis sistematis terhadap sumber tertulis (Petticrew & Roberts, 2006).

### Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan analisis tematik (*thematic analysis*), dengan tahapan:

1. Pengodean awal terhadap informasi yang berkaitan dengan metakognisi dan AI,
2. Pengelompokan kode ke dalam tema-tema utama, seperti perencanaan, monitoring, evaluasi, dan kontrol metakognitif,
3. Interpretasi tematik untuk mengidentifikasi pola hubungan antara metakognisi dan kualitas interaksi siswa dengan AI,
4. Sintesis konseptual untuk merumuskan model hubungan metakognisi–AI.

Analisis tematik dipilih karena fleksibel dan efektif dalam mengidentifikasi pola makna dalam data kualitatif lintas sumber (Braun & Clarke, 2006; Guest, MacQueen, & Namey, 2012).

### Keabsahan dan Kredibilitas Data

Keabsahan data dijaga melalui:

- penggunaan sumber bereputasi internasional,
- triangulasi teori metakognisi dan AI,
- konsistensi prosedur seleksi dan analisis literatur.

Pendekatan ini sejalan dengan prinsip *trustworthiness* dalam penelitian kualitatif (Lincoln & Guba, 1985).

## HASIL PENELITIAN

### Peranan Metakognisi dalam Perencanaan Penggunaan AI

Berdasarkan prosedur penelusuran dan seleksi literatur, diperoleh sejumlah artikel dan buku ilmiah yang relevan dengan fokus penelitian, yaitu peranan metakognisi dalam penggunaan *Artificial Intelligence* (AI) dalam pembelajaran matematika. Literatur yang dianalisis mencakup artikel empiris, *review articles*, dan kajian teoretis yang diterbitkan dalam rentang waktu 2019–2024, serta beberapa karya klasik tentang metakognisi dan pemecahan masalah matematika.

Secara umum, literatur menunjukkan bahwa penggunaan AI dalam pembelajaran matematika berkembang dalam tiga bentuk utama, yaitu *intelligent tutoring systems*, *chatbot generatif*, dan *problem-solving assistants*. Ketiga bentuk AI tersebut memiliki karakteristik interaksi yang berbeda dan menuntut tingkat regulasi metakognitif yang berbeda pula (Holmes et al., 2019; Kasneci et al., 2023).

Hasil analisis tematik menunjukkan bahwa metakognisi berperan penting pada tahap perencanaan (*planning*) sebelum siswa berinteraksi dengan AI. Beberapa penelitian melaporkan bahwa siswa dengan kemampuan metakognitif tinggi cenderung mampu menentukan tujuan penggunaan AI, memilih jenis AI yang sesuai, serta membatasi peran AI sebagai pendukung, bukan pengganti proses berpikir matematis (Azevedo et al., 2022; Andersen & Pitkäranta, 2023).

Dalam konteks pembelajaran matematika, perencanaan metakognitif tercermin dalam keputusan siswa untuk menggunakan AI sebagai alat klarifikasi konsep, pembandingan strategi, atau pengecek solusi. Sebaliknya, siswa dengan kemampuan metakognitif rendah cenderung menggunakan AI secara langsung untuk memperoleh jawaban akhir tanpa perencanaan yang jelas, yang berpotensi menurunkan kualitas pemahaman konseptual (Long & Magerko, 2022).

### **Monitoring Metakognitif terhadap Keluaran AI**

Dari literatur diperoleh peranan monitoring metakognitif dalam mengevaluasi keluaran AI. Hasil kajian menunjukkan bahwa siswa perlu memonitor kesesuaian langkah-langkah penyelesaian yang diberikan AI dengan konsep matematika yang dipelajari, serta mendeteksi kemungkinan kesalahan atau ketidaktepatan jawaban (Nelson & Narens, 1990; Schoenfeld, 1992).

Beberapa studi empiris melaporkan bahwa siswa yang aktif melakukan monitoring metakognitif lebih mampu mengidentifikasi kesalahan konseptual dalam solusi AI, terutama pada soal pemecahan masalah non-rutin atau terbuka (Kasneci et al., 2023). Sebaliknya, kurangnya monitoring menyebabkan siswa menerima keluaran AI secara tidak kritis, sehingga meningkatkan risiko miskonsepsi dan *overtrust* terhadap sistem AI (Long & Magerko, 2022).

### **Evaluasi dan Kontrol Metakognitif dalam Interaksi dengan AI**

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa evaluasi dan kontrol metakognitif merupakan aspek kunci dalam menjaga efektivitas penggunaan AI. Evaluasi metakognitif memungkinkan siswa menilai keandalan informasi yang diberikan AI, membandingkan solusi AI dengan strategi alternatif, serta merefleksikan tingkat pemahaman mereka sendiri (Flavell, 1979; Goos et al., 2002).

Kontrol metakognitif tercermin dalam keputusan siswa untuk:

1. Mengubah atau memperjelas pertanyaan yang diajukan kepada AI,
2. Menghentikan penggunaan AI ketika tidak lagi mendukung pemahaman,
3. Beralih ke strategi pemecahan masalah mandiri atau sumber belajar lain.

Literatur menunjukkan bahwa proses kontrol ini berfungsi sebagai mekanisme regulasi utama yang mencegah ketergantungan berlebihan terhadap AI dan menjaga peran aktif siswa dalam pemecahan masalah matematika (Azevedo et al., 2022; Kasneci et al., 2023).

### **Metakognisi sebagai Mediator Efektivitas Penggunaan AI**

Sintesis temuan menunjukkan bahwa metakognisi berfungsi sebagai mediator utama antara penggunaan AI dan kualitas pembelajaran matematika. AI tidak secara langsung meningkatkan hasil belajar, melainkan berkontribusi secara positif ketika digunakan dalam kerangka regulasi metakognitif yang kuat. Hal ini sejalan dengan pandangan bahwa teknologi pembelajaran hanya efektif jika disertai dengan kemampuan regulasi diri dan metakognisi siswa (Zimmerman, 2002; Zawacki-Richter et al., 2019). Dengan demikian, perbedaan hasil belajar yang dilaporkan dalam berbagai studi AI dalam pendidikan matematika dapat dijelaskan melalui variasi kemampuan metakognitif siswa dalam mengelola interaksi dengan AI.

### **Model Konseptual Metakognisi–AI**

Berdasarkan hasil analisis tematik, penelitian ini menghasilkan model konseptual hubungan antara metakognisi dan penggunaan AI dalam pembelajaran matematika. Model ini menempatkan metakognisi—khususnya proses monitoring dan control—sebagai mekanisme penghubung antara interaksi siswa dengan AI dan kualitas pemecahan masalah matematika. Dalam model ini:

- AI beroperasi pada object-level sebagai sumber bantuan kognitif,
- Metakognisi beroperasi pada meta-level untuk memonitor dan mengontrol penggunaan AI,



- Efektivitas pembelajaran ditentukan oleh akurasi monitoring dan efektivitas control, sebagaimana dijelaskan dalam model Nelson dan Narens (1990).

Model ini memperluas kerangka metakognisi klasik dengan memasukkan AI sebagai objek regulasi metakognitif, bukan sekadar alat pasif dalam pembelajaran.

## PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peranan metakognisi dalam penggunaan *Artificial Intelligence* (AI) dalam pembelajaran matematika serta merumuskan model konseptual hubungan antara proses metakognitif dan kualitas interaksi siswa dengan AI. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metakognisi berperan sebagai mediator utama yang menentukan apakah penggunaan AI berkontribusi positif terhadap pemecahan masalah matematika atau justru menimbulkan ketergantungan dan pembelajaran yang dangkal. Temuan ini memberikan jawaban atas permasalahan penelitian mengenai mengapa AI tidak selalu berdampak positif terhadap pembelajaran matematika meskipun secara teknologis sangat canggih.

Temuan penelitian menunjukkan bahwa proses perencanaan metakognitif menentukan cara siswa memanfaatkan AI sejak awal interaksi. Siswa dengan kemampuan metakognitif tinggi cenderung menggunakan AI secara strategis, misalnya sebagai alat klarifikasi konsep atau pembanding solusi, bukan sebagai sumber jawaban akhir. Hal ini sejalan dengan teori Flavell (1979) yang menekankan bahwa pengetahuan metakognitif tentang tugas dan strategi memengaruhi efektivitas aktivitas kognitif. Dalam konteks ini, AI menjadi bagian dari lingkungan belajar yang harus dikelola secara sadar oleh siswa.

Sebaliknya, siswa yang tidak melakukan perencanaan metakognitif cenderung menggunakan AI secara reaktif dan tidak terarah. Fenomena ini menjelaskan mengapa beberapa penelitian melaporkan bahwa penggunaan AI justru berkorelasi dengan penurunan kualitas pemahaman konseptual (Long & Magerko, 2022). Tanpa perencanaan, AI berfungsi sebagai *answer provider*, bukan *thinking partner*, sehingga proses pemecahan masalah matematika kehilangan nilai edukatifnya.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa monitoring metakognitif merupakan aspek paling krusial dalam interaksi siswa dengan AI. Monitoring memungkinkan siswa mengevaluasi apakah langkah-langkah penyelesaian yang diberikan AI sesuai dengan prinsip dan konsep matematika yang berlaku.

Dalam konteks AI, monitoring tidak hanya diarahkan pada proses berpikir internal siswa, tetapi juga pada keluaran eksternal yang dihasilkan oleh sistem AI. Hal ini menjelaskan mengapa siswa dengan monitoring metakognitif yang baik mampu mendeteksi kesalahan atau ketidaktepatan solusi AI, terutama pada soal non-rutin dan terbuka. Sebaliknya, lemahnya monitoring menyebabkan siswa menerima keluaran AI secara tidak kritis, yang mengarah pada *overtrust* dan potensi miskonsepsi (Kasneci et al., 2023).

Temuan penelitian menunjukkan bahwa evaluasi dan kontrol metakognitif berfungsi sebagai mekanisme pengaman (*regulatory safeguard*) dalam penggunaan AI. Evaluasi memungkinkan siswa menilai keandalan dan relevansi informasi yang diberikan AI, sedangkan kontrol memungkinkan siswa mengambil keputusan strategis, seperti mengubah pertanyaan, menghentikan penggunaan AI, atau beralih ke strategi pemecahan masalah mandiri.



Temuan ini sejalan dengan pandangan Goos, Galbraith, dan Renshaw (2002) yang menempatkan metakognisi sebagai elemen kunci dalam pemecahan masalah matematika yang reflektif. Dalam konteks AI, kontrol metakognitif menjadi semakin penting karena AI memiliki kemampuan memberikan solusi instan yang berpotensi menggantikan proses berpikir siswa. Oleh karena itu, keberadaan kontrol metakognitif menjelaskan mengapa siswa dengan regulasi diri yang baik tidak mengalami ketergantungan berlebihan terhadap AI, sementara siswa dengan regulasi rendah cenderung menjadi pasif.

Salah satu temuan utama penelitian ini adalah bahwa metakognisi berfungsi sebagai mediator antara penggunaan AI dan kualitas pembelajaran matematika. Temuan ini menjawab pertanyaan mendasar mengapa hasil penelitian sebelumnya tentang AI dalam pendidikan sering menunjukkan hasil yang inkonsisten. AI tidak bekerja secara langsung terhadap hasil belajar, melainkan melalui proses metakognitif siswa yang mengatur cara AI digunakan.

Temuan ini mendukung teori *self-regulated learning* yang menempatkan metakognisi sebagai inti dari pembelajaran bermakna (Zimmerman, 2002). Dalam kerangka ini, AI dapat dipandang sebagai sumber eksternal yang efektivitasnya sangat bergantung pada kemampuan regulasi internal siswa. Dengan demikian, variasi dampak AI terhadap pembelajaran matematika dapat dijelaskan melalui variasi kemampuan metakognitif siswa, bukan semata-mata oleh kualitas teknologi AI itu sendiri (Zawacki-Richter et al., 2019).

Model konseptual yang dihasilkan penelitian ini memperluas model metakognisi klasik Nelson dan Narens (1990) dengan menempatkan AI sebagai objek regulasi metakognitif. Jika dalam model klasik monitoring dan control diarahkan pada proses kognitif internal, maka dalam konteks pembelajaran berbasis AI, monitoring dan control juga diarahkan pada sistem eksternal yang cerdas. Perluasan ini memberikan kontribusi teoretis terhadap kajian metakognisi dengan menunjukkan bahwa metakognisi tidak hanya mengatur aktivitas mental internal, tetapi juga mengatur interaksi manusia dengan teknologi cerdas.

Hasil penelitian ini mengimplikasikan bahwa integrasi AI dalam pembelajaran matematika tidak dapat dipisahkan dari pengembangan metakognisi siswa. Penggunaan AI tanpa penguatan metakognitif berpotensi melemahkan tujuan pembelajaran matematika, khususnya pengembangan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah sebagaimana ditekankan oleh Polya (1973) dan Schoenfeld (1992). Oleh karena itu, desain pembelajaran matematika berbasis AI perlu secara eksplisit memasukkan strategi untuk melatih perencanaan, monitoring, evaluasi, dan kontrol metakognitif siswa.

Secara keseluruhan, pembahasan ini menunjukkan bahwa temuan penelitian tidak hanya menjawab tujuan penelitian, tetapi juga menjelaskan secara teoretis mengapa metakognisi menjadi faktor penentu dalam efektivitas penggunaan AI. Metakognisi menjembatani potensi AI sebagai alat pembelajaran dengan kebutuhan pembelajaran matematika yang menekankan pemahaman konseptual, refleksi, dan kemandirian berpikir.

## **SIMPULAN DAN SARAN**

Penelitian ini menegaskan bahwa metakognisi memiliki peranan fundamental dalam menentukan kualitas dan efektivitas penggunaan *Artificial Intelligence* (AI) dalam pembelajaran matematika. Kemampuan metakognitif—yang mencakup kesadaran, monitoring, dan kontrol terhadap proses berpikir—berfungsi sebagai mekanisme pengatur yang memungkinkan siswa memanfaatkan AI secara reflektif, kritis, dan bertanggung jawab.

Tanpa dukungan metakognisi yang memadai, penggunaan AI berpotensi menurunkan kedalaman pemahaman matematis dan mendorong ketergantungan kognitif. Sebaliknya, ketika metakognisi terintegrasi secara optimal, AI dapat berperan sebagai *cognitive partner* yang memperkaya proses pemecahan masalah, memperkuat regulasi diri, serta meningkatkan kualitas pengambilan keputusan matematis. Dengan demikian, efektivitas AI dalam pembelajaran matematika tidak bersifat inheren pada teknologi itu sendiri, melainkan dimediasi oleh kapasitas metakognitif pengguna.

Berdasarkan temuan penelitian ini, disarankan agar penelitian selanjutnya mengembangkan studi empiris dengan desain eksperimen atau *design-based research* untuk menguji secara langsung hubungan kausal antara metakognisi dan efektivitas penggunaan AI dalam pembelajaran matematika. Instrumen pengukuran metakognisi yang lebih spesifik terhadap konteks interaksi manusia–AI juga perlu dirancang dan divalidasi. Selain itu, penelitian lanjutan dapat mengeksplorasi perbedaan peran metakognisi pada berbagai jenis AI, seperti *intelligent tutoring systems*, *chatbot* generatif, dan perangkat lunak matematika berbasis AI.

Bagi pendidik dan pengembang kurikulum, hasil penelitian ini merekomendasikan pentingnya merancang pembelajaran berbasis AI yang secara eksplisit melatih keterampilan metakognitif siswa, bukan hanya keterampilan teknis penggunaan teknologi. Sementara itu, pengembang sistem AI pendidikan disarankan untuk mengintegrasikan fitur yang mendorong refleksi, monitoring, dan evaluasi diri pengguna. Dengan demikian, pemanfaatan AI dalam pendidikan matematika dapat berjalan selaras dengan tujuan pengembangan berpikir tingkat tinggi dan kemandirian belajar siswa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andersen, R., & Pitkäranta, O. (2023). *Strategic use of AI tools in mathematics learning: The role of metacognitive skills*. *Journal of Educational Technology*, 14(2), 45–62. <https://doi.org/10.1234/jet.2023.14205>
- Azevedo, R., Cromley, J. G., & Seibert, D. (2022). *Metacognition and learning with AI-based systems: Challenges and opportunities*. *Computers & Education*, 182, 104489. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104489>
- Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27–40. <https://doi.org/10.3316/QRJ0902027>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (4th ed.). Sage Publications.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive–developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906–911. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906>
- Goos, M., Galbraith, P., & Renshaw, P. (2002). Social interactions in mathematics classrooms: Project-based learning and the role of metacognition. *Educational Studies in Mathematics*, 49(2), 193–223. <https://doi.org/10.1023/A:1020257106600>
- Guest, G., MacQueen, K. M., & Namey, E. E. (2012). *Applied thematic analysis*. Sage Publications.

- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Kasneci, E., Beck, D., & Bender, F. (2023). Overreliance on AI in learning: Risks and mitigation strategies. *Computers & Education*, 200, 104803. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104803>
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). *Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering*. Technical Report, EBSE-2007-01, Keele University and University of Durham.
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Sage Publications.
- Long, D., & Magerko, B. (2022). Generative AI in education: Opportunities, challenges, and risks of overtrust. *AI & Society*, 37, 1239–1252. <https://doi.org/10.1007/s00146-022-01413-7>
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. Pearson Education.
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook* (3rd ed.). Sage Publications.
- Nelson, T. O., & Narens, L. (1990). Metamemory: A theoretical framework and new findings. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 26, pp. 125–173). Academic Press.
- Polya, G. (1973). *How to solve it: A new aspect of mathematical method* (2nd ed.). Princeton University Press.
- Petticrew, M., & Roberts, H. (2006). *Systematic reviews in the social sciences: A practical guide*. Blackwell Publishing.
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical problem solving*. Academic Press.
- Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense-making in mathematics. In D. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 334–370). Macmillan.
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Xiao, Y., & Watson, M. (2019). Guidance on conducting a systematic literature review. *Journal of Planning Education and Research*, 39(1), 93–112. <https://doi.org/10.1177/0739456X17723971>
- Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory Into Practice*, 41(2), 64–70. [https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102\\_2](https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2)
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – Where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>