

# Pemanfaatan Deep Learning dalam Pengembangan Komunikasi Matematis: Systematic Literature Review

Yunita Sasior<sup>1\*</sup>, Syamsulrizal<sup>2</sup>, Dwi Pamungkas<sup>3</sup>, Sahidi<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong

\*Corresponding author, e-mail: [yunitasasior011@gmail.com](mailto:yunitasasior011@gmail.com)

## Abstract

Komunikasi matematis merupakan kompetensi esensial dalam pembelajaran matematika karena merefleksikan kemampuan peserta didik dalam mengungkapkan ide, penalaran, dan pemahaman konsep secara lisan, tertulis, maupun visual. Seiring perkembangan kecerdasan buatan, khususnya deep learning, berbagai penelitian mulai mengeksplorasi potensinya dalam menganalisis respons matematis siswa dan mendukung penilaian serta umpan balik pembelajaran. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara sistematis pemanfaatan deep learning dalam pengembangan komunikasi matematis melalui pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR). Proses penelusuran literatur dilakukan pada basis data Scopus dan Google Scholar dengan kriteria inklusi dan eksklusi tertentu, serta mengikuti alur seleksi PRISMA, sehingga diperoleh 10 artikel yang dianalisis. Hasil SLR menunjukkan adanya peningkatan tren penelitian dalam beberapa tahun terakhir, dengan dominasi penggunaan model *Convolutional Neural Networks* (CNN), *Recurrent Neural Networks* (RNN/LSTM), dan *transformer* untuk menganalisis respons tertulis, representasi visual, serta penilaian otomatis komunikasi matematis. Namun demikian, kajian ini juga menemukan variasi definisi dan pengukuran komunikasi matematis serta kecenderungan penelitian yang masih berorientasi teknis. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan yang mengintegrasikan pendekatan pedagogis dan deep learning secara lebih seimbang agar pemanfaatannya berdampak langsung pada peningkatan kualitas komunikasi matematis peserta didik.

**Keywords:** komunikasi matematis, deep learning, pendidikan matematika, systematic literature review

## PENDAHULUAN

Kemampuan komunikasi matematis merupakan salah satu kompetensi fundamental yang harus dimiliki peserta didik dalam pembelajaran matematika. Kemampuan ini mencakup kemampuan menyampaikan ide, penalaran, dan pemahaman konsep matematika melalui berbagai bentuk komunikasi, baik secara lisan, tertulis, maupun melalui representasi visual dan simbolik (Putra, 2017). Meskipun komunikasi matematis memiliki peran penting dalam mendukung pemahaman konseptual dan kemampuan pemecahan masalah, sejumlah penelitian menunjukkan bahwa kemampuan ini masih tergolong rendah di kalangan siswa. Kondisi tersebut terutama terlihat pada kesulitan siswa dalam mengemukakan argumen matematis yang logis dan sistematis (Nasution & Ahmad, 2018; Sitanggang et al., 2023).

Berbagai studi menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran yang digunakan guru menjadi salah satu faktor penentu dalam meningkatkan

kemampuan komunikasi matematis siswa. Penerapan model pembelajaran Problem Based Learning (PBL), misalnya, terbukti mampu meningkatkan kemampuan komunikasi matematis siswa secara signifikan dibandingkan dengan pembelajaran konvensional (Cholily et al., 2024). Selain itu, pendekatan pembelajaran seperti Learning Cycle 5E juga dilaporkan efektif dalam meningkatkan kemampuan komunikasi matematis serta kemandirian belajar siswa (Anggriani & Septian, 2019). Praktik pembelajaran yang menekankan kerja kelompok, diskusi, dan eksplorasi konsep matematika turut memberikan dampak positif terhadap aktivitas siswa dalam mengomunikasikan ide-ide matematis (Nasution & Ahmad, 2018; Sholihah & Retnawati, 2019).

Seiring dengan perkembangan teknologi informasi, pemanfaatan kecerdasan buatan (Artificial Intelligence / AI), khususnya deep learning, dalam bidang pendidikan mengalami peningkatan yang signifikan, termasuk dalam pembelajaran matematika. Teknologi deep learning memiliki kemampuan untuk menganalisis data yang kompleks, seperti teks, simbol, dan pola jawaban peserta didik, sehingga berpotensi digunakan untuk mengidentifikasi kelemahan siswa dalam kemampuan komunikasi matematis (Yin, 2023; Yuliyanti et al., 2021). Model-model deep learning seperti Convolutional Neural Networks (CNN) dan Recurrent Neural Networks (RNN) telah terbukti efektif dalam mengenali pola pada data pendidikan, yang memungkinkan proses penilaian dan pemberian umpan balik menjadi lebih adaptif dan personal (Yang et al., 2021; Kang et al., 2018).

Penerapan deep learning dalam pendidikan matematika antara lain meliputi analisis kesalahan siswa serta penilaian otomatis terhadap jawaban matematis, dengan tujuan memberikan umpan balik yang lebih terarah sesuai dengan kebutuhan belajar siswa (Cholily et al., 2024; Sitanggang et al., 2023). Namun demikian, sebagian besar penelitian yang ada masih bersifat parsial dan belum terintegrasi secara sistematis. Selain itu, terdapat perbedaan yang cukup signifikan dalam metodologi penelitian serta indikator yang digunakan untuk mengukur kemampuan komunikasi matematis, sehingga hasil penelitian menjadi sulit untuk dibandingkan secara komprehensif (Rakhmawati & Syahputra, 2020).

Hingga saat ini, kajian sistematis yang secara khusus membahas pemanfaatan deep learning dalam pengembangan kemampuan komunikasi matematis masih sangat terbatas. Meskipun minat terhadap penerapan teknologi berbasis AI, khususnya deep learning, dalam pendidikan terus meningkat, ketiadaan tinjauan literatur yang komprehensif menghambat pemahaman mengenai tren penelitian, pendekatan yang dominan, serta celah penelitian yang masih terbuka. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan Systematic Literature Review (SLR) terhadap artikel-artikel ilmiah yang membahas implementasi deep learning dalam pengembangan kemampuan komunikasi matematis, guna memberikan gambaran yang jelas dan terstruktur mengenai pemanfaatan metode ini dalam konteks pendidikan matematika (Bingol & Özyaprak, 2025; Santos et al., 2023).

Tanpa adanya sintesis yang sistematis, penelitian mengenai deep learning dalam komunikasi matematis menjadi sulit dipahami secara utuh. Kajian ini diharapkan mampu menjawab pertanyaan tentang bagaimana deep learning dapat diterapkan secara efektif untuk meningkatkan kemampuan komunikasi

matematis siswa, khususnya dalam aspek penilaian otomatis dan pengembangan umpan balik adaptif berbasis respons siswa (Chechekhina et al., 2024; Adiga et al., 2023). Sejumlah penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pemanfaatan deep learning menghasilkan algoritme yang semakin canggih dalam menganalisis teks dan representasi matematis, sehingga berpotensi besar digunakan sebagai alat pendukung dalam pengembangan komunikasi matematis yang lebih baik (Wang et al., 2019; Robiana & Handoko, 2020).

Lebih lanjut, deep learning telah menunjukkan kemampuannya dalam memproses data berskala besar dan kompleks, yang menjadikannya relevan dalam konteks pendidikan matematika. Model CNN dan RNN, misalnya, telah digunakan untuk menganalisis kesalahan dalam jawaban siswa serta memberikan umpan balik yang lebih spesifik dan bermakna (Jiang et al., 2020; Li et al., 2022). Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan akurasi penilaian, tetapi juga membantu siswa memahami proses berpikir matematis yang lebih kompleks (Cao et al., 2018; Leung, 2024).

Penelitian oleh Robiana dan Handoko (2020) menegaskan bahwa penggunaan media pembelajaran berbasis teknologi dapat meningkatkan kemampuan komunikasi matematis dan kemandirian belajar siswa. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi deep learning dalam lingkungan pembelajaran berpotensi membantu guru dalam memberikan umpan balik yang lebih efektif serta menyesuaikan strategi pembelajaran dengan kebutuhan individual siswa (Roy et al., 2019).

Pemetaan tren penelitian yang dihasilkan dari kajian ini diharapkan dapat mengidentifikasi berbagai celah penelitian yang masih memerlukan kajian lebih lanjut. Celah tersebut antara lain berkaitan dengan variasi teknik pengukuran kemampuan komunikasi matematis serta konteks penerapan deep learning dalam pembelajaran matematika yang masih belum banyak dieksplorasi. Misalnya, sejauh mana deep learning mampu beradaptasi dengan kurikulum yang berfokus pada penguatan komunikasi matematis dalam berbagai konteks pembelajaran (Ghosh et al., 2020; Zhang et al., 2019). Oleh karena itu, penelitian lanjutan diperlukan untuk mengkaji keterlibatan siswa dalam pembelajaran berbasis AI secara interaktif serta dampaknya terhadap pengembangan kemampuan berpikir kritis dan komunikasi matematis siswa (Mercaldo et al., 2024).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini berangkat dari sejumlah permasalahan utama yang berkaitan dengan pemanfaatan deep learning dalam pengembangan komunikasi matematis. Permasalahan tersebut mencakup bagaimana tren penelitian yang berkembang terkait penggunaan deep learning dalam konteks komunikasi matematis, serta konteks dan jenjang pendidikan yang menjadi fokus kajian dalam penelitian-penelitian tersebut. Selain itu, masih diperlukan pemetaan yang komprehensif mengenai model dan arsitektur deep learning yang digunakan dalam mendukung pengembangan komunikasi matematis. Penelitian ini juga menyoroti bagaimana komunikasi matematis didefinisikan dan diukur dalam berbagai studi yang dikaji, serta apa saja temuan utama dan implikasi pemanfaatan deep learning terhadap pengembangan komunikasi matematis dalam pembelajaran matematika.

Sejalan dengan rumusan masalah tersebut, tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji secara sistematis tren penelitian pemanfaatan deep learning

dalam pengembangan komunikasi matematis, mengidentifikasi konteks dan jenjang pendidikan yang menjadi fokus penelitian, serta memetakan model dan arsitektur deep learning yang digunakan. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis definisi dan pengukuran komunikasi matematis yang digunakan dalam studi-studi terdahulu, serta merumuskan temuan utama dan implikasi pemanfaatan deep learning bagi pengembangan komunikasi matematis dalam pembelajaran matematika.

## METODE

Pendekatan Systematic Literature Review (SLR) menjadi metode yang semakin penting dan diperhatikan dalam konteks penelitian terkait dengan pemanfaatan deep learning dalam pengembangan komunikasi matematis. SLR memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis hasil penelitian secara sistematis dan transparan berdasarkan prosedur yang terstruktur, sehingga menghasilkan pemahaman yang lebih mendalam tentang tema penelitian tertentu (Basuni, 2023). Dalam penelitian ini, protokol SLR yang diadopsi mengikuti pedoman PRISMA, yang berfokus pada transparansi dan reproduktibilitas (Khoirunnisya et al., 2024).

Proses SLR terdiri dari beberapa langkah yang krusial dan saling terkait. Langkah pertama adalah perumusan pertanyaan penelitian, yang menjadi panduan dalam penelusuran literatur (Basuni, 2023). Langkah kedua adalah penelusuran literatur dari berbagai sumber dengan menggunakan basis data Scopus dan Google Scholar untuk menemukan artikel yang relevan (Ahmad & Junaini, 2020). Pencarian artikel dilakukan menggunakan kombinasi kata kunci yang berkaitan dengan deep learning dan komunikasi matematis dengan operator Boolean. Kata kunci yang digunakan “deep learning” AND “mathematical communication”. Seleksi studi dilakukan pada langkah ketiga dengan menerapkan kriteria inklusi dan eksklusi untuk memastikan bahwa hanya studi yang valid dan berkualitas yang dimasukkan (Khoirunnisya et al., 2024). Pada langkah keempat, artikel yang terpilih dinilai kualitasnya dengan meninjau kontribusinya terhadap pengembangan penelitian sebelumnya (Yani & Soebagyo, 2023). Akhirnya, analisis dan sintesis data dilakukan untuk mengembangkan narasi yang menyeluruh mengenai tema penelitian (Panjaitan, 2022; Yani & Soebagyo, 2023).

**Tabel 1. Alur Seleksi Artikel Menggunakan PRISMA**

Tahap Seleksi	Deskripsi	Jumlah Artikel
Identifikasi	Artikel yang diperoleh dari basis data (Scopus, Google Scholar)	245
Duplikasi	Artikel duplikat yang dihapus	65
Screening	Artikel setelah penghapusan duplikasi	180
	Artikel yang dikeluarkan berdasarkan judul dan abstrak	120
Eligibility	Artikel full-text yang ditelaah	60
	Artikel yang dikeluarkan (tidak relevan/tidak memenuhi kriteria)	32
Included	Artikel yang dianalisis dalam SLR	10

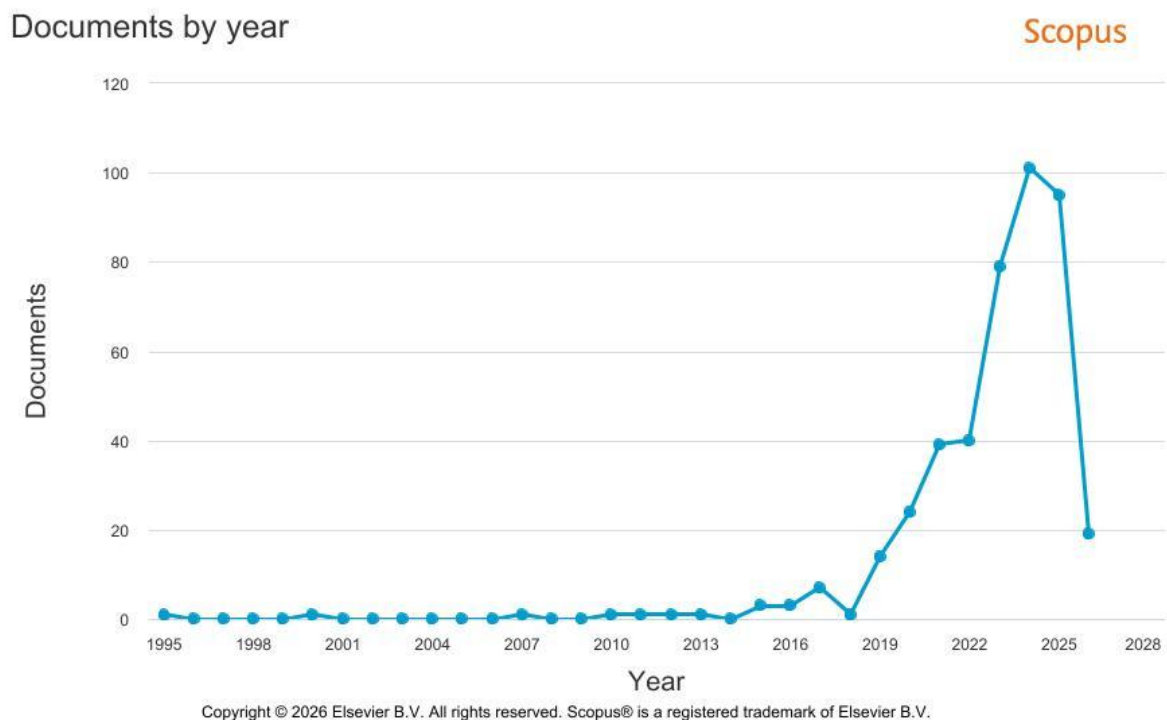
**Tabel 2. Kriteria Inklusi dan Eksklusi**

Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
1) artikel penelitian yang dipublikasikan dalam jurnal ilmiah atau prosiding.	1) artikel non-penelitian seperti editorial atau opini,
2) membahas pemanfaatan deep learning dalam konteks pendidikan matematika,	2) penelitian yang tidak relevan dengan konteks pendidikan matematika, dan
3) menyinggung aspek komunikasi matematis secara eksplisit atau implisit,	3) artikel yang tidak menyediakan informasi metodologis yang memadai.
4) dipublikasikan dalam rentang tahun tertentu (2015–2025), dan	
5) tersedia dalam teks lengkap (full text).	

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Tren Penelitian Pemanfaatan Deep Learning dalam Komunikasi Matematis

Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa penelitian mengenai pemanfaatan deep learning dalam pendidikan matematika, khususnya yang berkaitan dengan komunikasi matematis, mengalami peningkatan dalam beberapa tahun terakhir. Tren ini sejalan dengan pesatnya perkembangan kecerdasan buatan dan meningkatnya kebutuhan akan pendekatan pembelajaran berbasis data. Pada periode awal, penelitian lebih banyak berfokus pada pengembangan dan validasi model deep learning untuk analisis jawaban matematis peserta didik. Selanjutnya, fokus penelitian berkembang ke arah pemanfaatan deep learning untuk penilaian otomatis, analisis proses berpikir siswa, serta pemberian umpan balik pembelajaran.



Gambar 1 Tren Penelitian deep learning dan komunikasi

Selain itu, tren penelitian juga menunjukkan pergeseran dari kajian yang bersifat teknis menuju pendekatan yang lebih pedagogis, dengan menempatkan deep learning sebagai alat pendukung pembelajaran. Hal ini mengindikasikan meningkatnya kesadaran peneliti terhadap pentingnya integrasi teknologi dengan tujuan pembelajaran matematika, termasuk pengembangan komunikasi matematis.

**Tabel 3. SLR: Model Deep Learning & Komunikasi Matematis**

No	Penulis (Tahun)	Fokus Penelitian	Model / Pendekatan	Metode Penelitian	Temuan Utama
1	Ahmad & Junaini (2020)	Teknologi digital matematika	Augmented Reality	SLR	Teknologi meningkatkan pemahaman matematis
2	Aldalalah et al. (2019)	Prestasi & visual matematis	AR & simulasi	Eksperimen	AR meningkatkan visualisasi matematika
3	Anggriani & Septian (2019)	Komunikasi matematis	Model IMPROVE	Eksperimen	Komunikasi matematis siswa meningkat signifikan
4	Cholily et al. (2024)	Komunikasi matematis	Problem-Based Learning	Eksperimen	PBL efektif meningkatkan komunikasi matematis
5	Hutajulu (2022)	Pembelajaran daring matematika	Google Meet	Kuasi-eksperimen	Interaksi daring mendukung komunikasi matematis
6	Nasution & Ahmad (2018)	Komunikasi matematis	PMR (Realistik)	Eksperimen	PMR meningkatkan kemampuan komunikasi
7	Putra (2017)	Komunikasi matematis	Learning Cycle 5E	Eksperimen	5E efektif pada komunikasi & SRL
8	Robiana & Handoko (2020)	Media pembelajaran	UnoMath	Eksperimen	Media interaktif meningkatkan komunikasi
9	Sholihah & Retnawati (2019)	Perangkat PBL	PBL-5E	R&D	PBL berorientasi komunikasi matematis
10	Yani & Soebagyo (2023)	Tren riset komunikasi matematis	Bibliometrik (Scopus)	Analisis bibliometrik	Riset komunikasi matematis meningkat signifikan

## Model Deep Learning yang Digunakan

**Tabel 4. Model Deep Learning dalam Pengembangan Komunikasi Matematis**

Model Deep Learning	Karakteristik Utama	Jenis Data yang Dianalisis	Peran dalam Komunikasi Matematis
Convolutional Neural Networks (CNN)	Mampu mengekstraksi fitur visual dan spasial	Tulisan tangan matematis, simbol, grafik, diagram	Menganalisis representasi visual dan cara peserta didik menyajikan ide matematika secara visual
Recurrent Neural Networks (RNN)	Memproses data sekuensial dan berurutan	Teks matematis, respons tertulis siswa	Mengidentifikasi pola komunikasi matematis berdasarkan urutan langkah penyelesaian
Long Short-Term Memory (LSTM)	Mengatasi masalah ketergantungan jangka panjang pada data sekuensial	Penjelasan tertulis dan argumen matematis	Menganalisis struktur penalaran dan koherensi argumen matematis siswa
Transformer	Memanfaatkan mekanisme attention untuk pemrosesan konteks global	Teks matematis kompleks dan bahasa matematis	Penilaian otomatis dan analisis komunikasi matematis secara kontekstual dan akurat

Berdasarkan artikel-artikel yang dianalisis, beberapa model deep learning dilaporkan dominan digunakan dalam konteks pengembangan komunikasi matematis. Convolutional Neural Networks (CNN) banyak dimanfaatkan untuk menganalisis representasi visual dan tulisan tangan matematis, seperti simbol, grafik, dan diagram. Model ini berperan penting dalam memahami cara peserta didik menyajikan ide matematika secara visual.

Selanjutnya, Recurrent Neural Networks (RNN) dan turunannya, seperti Long Short-Term Memory (LSTM), digunakan untuk menganalisis respons tertulis siswa yang bersifat sekuensial, termasuk penjelasan langkah penyelesaian dan argumen matematis. Model ini memungkinkan identifikasi pola komunikasi matematis berdasarkan struktur bahasa dan urutan penalaran. Dalam penelitian yang lebih mutakhir, model berbasis transformer mulai digunakan karena kemampuannya dalam memproses teks matematis secara lebih kontekstual dan akurat, terutama dalam penilaian otomatis dan analisis bahasa matematis.

## Konteks dan Jenjang Pendidikan

Hasil SLR menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian dilakukan pada konteks pendidikan menengah dan pendidikan tinggi, khususnya pada mata pelajaran matematika dan bidang terkait seperti aljabar, geometri, dan kalkulus. Pada jenjang pendidikan menengah, deep learning banyak dimanfaatkan untuk menganalisis jawaban tertulis siswa dan mengidentifikasi kesalahan komunikasi matematis. Sementara itu, pada pendidikan tinggi, penelitian lebih menekankan pada analisis argumentasi matematis dan pemodelan penalaran matematis mahasiswa.

Dari sisi konteks pembelajaran, deep learning umumnya diterapkan dalam lingkungan pembelajaran berbasis teknologi, seperti sistem e-learning, platform penilaian otomatis, dan intelligent tutoring systems. Namun demikian, hasil kajian juga menunjukkan bahwa penelitian yang secara eksplisit mengaitkan pemanfaatan deep learning dengan peningkatan komunikasi matematis sebagai tujuan pedagogis masih relatif terbatas, sehingga membuka peluang penelitian lanjutan di bidang ini.

**Tabel 5. Konteks dan Jenjang Pendidikan Pemanfaatan Deep Learning**

Jenjang Pendidikan	Mata Pelajaran / Materi	Fokus Pemanfaatan Deep Learning	Konteks Pembelajaran	Temuan Utama
Pendidikan Menengah (SMP/SMA)	Matematika (aljabar, geometri)	Analisis jawaban tertulis dan identifikasi kesalahan komunikasi matematis	Pembelajaran berbasis teknologi dan platform penilaian digital	Deep learning membantu mengidentifikasi kelemahan siswa dalam menyampaikan ide dan langkah penyelesaian matematis
Pendidikan Menengah (SMA)	Matematika	Penilaian otomatis dan analisis representasi matematis	Sistem e-learning dan aplikasi pembelajaran digital	Model deep learning meningkatkan efisiensi penilaian komunikasi matematis siswa
Pendidikan Tinggi	Matematika dan kalkulus	Analisis argumentasi matematis dan penalaran formal	Intelligent tutoring systems dan pembelajaran daring	Deep learning efektif dalam memodelkan struktur argumentasi dan penalaran matematis mahasiswa
Pendidikan Tinggi	Matematika lanjutan	Evaluasi esai dan penjelasan matematis tertulis	Platform penilaian otomatis berbasis AI	Akurasi penilaian komunikasi matematis meningkat dengan penggunaan model deep learning
Berbagai Jenjang	Matematika	Umpan balik pembelajaran berbasis data	Lingkungan pembelajaran digital	Pemanfaatan deep learning masih dominan bersifat teknis dan belum sepenuhnya berorientasi pedagogis

### **Definisi Komunikasi Matematis dalam Penelitian yang Dikaji**

Berdasarkan hasil Systematic Literature Review, komunikasi matematis dalam penelitian-penelitian yang dikaji umumnya dipahami sebagai kemampuan peserta didik dalam mengekspresikan ide, konsep, dan penalaran matematika secara jelas dan terstruktur. Ekspresi tersebut dapat diwujudkan melalui berbagai bentuk, seperti bahasa lisan, tulisan matematis, simbol, diagram, grafik, maupun representasi visual lainnya. Definisi ini menunjukkan bahwa komunikasi matematis tidak hanya berkaitan dengan kemampuan menyampaikan jawaban akhir, tetapi juga mencakup proses penjelasan langkah penyelesaian dan argumentasi matematis.

Sejumlah penelitian menekankan komunikasi matematis sebagai bagian integral dari proses berpikir matematis. Dalam konteks ini, komunikasi matematis dipandang sebagai sarana untuk mengungkap pemahaman konseptual dan penalaran siswa, sekaligus sebagai indikator kualitas pembelajaran matematika. Hasil kajian juga menunjukkan bahwa komunikasi matematis sering dikaitkan dengan kemampuan literasi matematika, terutama dalam menjelaskan makna simbol, menginterpretasikan representasi, dan menghubungkan konsep matematika dengan konteks tertentu.

Namun demikian, SLR ini menemukan adanya variasi dalam penekanan definisi komunikasi matematis. Sebagian penelitian lebih menekankan aspek linguistik dan struktur bahasa matematis, sementara penelitian lainnya berfokus pada representasi visual dan simbolik. Variasi definisi ini berdampak pada perbedaan pendekatan dalam pengukuran komunikasi matematis, termasuk dalam pemanfaatan deep learning.

### **Pengukuran Komunikasi Matematis dalam Penelitian Deep Learning**

Hasil kajian menunjukkan bahwa pengukuran komunikasi matematis dalam penelitian berbasis deep learning dilakukan melalui berbagai instrumen dan pendekatan. Instrumen yang paling umum digunakan adalah tes tertulis, baik dalam bentuk soal uraian maupun tugas pemecahan masalah yang menuntut penjelasan langkah-langkah penyelesaian. Respons tertulis peserta didik kemudian dianalisis menggunakan model deep learning untuk mengidentifikasi kualitas komunikasi matematis, seperti kejelasan argumen, kelengkapan penjelasan, dan ketepatan penggunaan simbol matematika.

Selain tes tertulis, beberapa penelitian menggunakan data digital berupa tulisan tangan matematis, jawaban berbasis teks pada platform daring, serta rekaman interaksi pembelajaran. Dalam konteks ini, model deep learning seperti CNN digunakan untuk mengenali simbol dan representasi visual, sedangkan RNN atau transformer dimanfaatkan untuk menganalisis struktur teks dan alur penalaran matematis. Pendekatan ini memungkinkan penilaian komunikasi matematis secara otomatis dan dalam skala besar.

Pengukuran komunikasi matematis juga dilakukan melalui rubrik penilaian yang dikembangkan berdasarkan indikator tertentu, seperti kemampuan menyatakan ide matematika, menjelaskan prosedur, dan menggunakan representasi yang sesuai. Hasil SLR menunjukkan bahwa deep learning umumnya digunakan untuk memodelkan atau mengotomatisasi proses penilaian berdasarkan rubrik tersebut. Namun, tidak semua penelitian

melaporkan validitas dan reliabilitas instrumen secara eksplisit, sehingga menjadi salah satu keterbatasan yang teridentifikasi dalam kajian ini.

### **Sintesis Temuan**

Secara keseluruhan, hasil SLR menunjukkan bahwa meskipun komunikasi matematis telah didefinisikan dan diukur dengan beragam pendekatan, belum terdapat keseragaman konsep dan indikator yang digunakan dalam penelitian berbasis deep learning. Variasi ini menunjukkan adanya peluang untuk mengembangkan kerangka pengukuran komunikasi matematis yang lebih terstandar dan selaras dengan karakteristik data yang diproses oleh model deep learning. Dengan demikian, integrasi antara aspek pedagogis dan pendekatan komputasional menjadi tantangan sekaligus peluang penelitian di masa mendatang.

Hasil Systematic Literature Review menunjukkan bahwa pemanfaatan deep learning memiliki potensi signifikan dalam mendukung pengembangan komunikasi matematis, terutama melalui analisis respons tertulis, representasi visual, dan pola penalaran peserta didik. Temuan ini mengindikasikan bahwa deep learning tidak hanya berfungsi sebagai alat teknis untuk memproses data pembelajaran, tetapi juga sebagai sarana untuk memahami kualitas proses berpikir matematis siswa secara lebih mendalam. Penelitian Nainggolan dan Listiani (2024) memperlihatkan bahwa pemberian umpan balik yang tepat dapat memperbaiki kesalahan siswa dalam menyelesaikan soal matematika. Dalam konteks ini, deep learning berpotensi memperkuat mekanisme umpan balik tersebut dengan menyediakan analisis yang lebih sistematis, konsisten, dan berbasis data terhadap komunikasi matematis siswa.

Implikasi pedagogis dari temuan ini terletak pada peluang pengembangan sistem penilaian dan umpan balik yang lebih adaptif, objektif, dan efisien. Melalui analisis otomatis terhadap respons siswa, guru dapat memperoleh informasi yang lebih komprehensif mengenai kualitas komunikasi matematis, tidak hanya pada ketepatan jawaban akhir, tetapi juga pada kejelasan representasi dan koherensi penalaran. Hal ini sejalan dengan pandangan Salsabila et al. (2025) yang menekankan pentingnya umpan balik terarah dalam pengembangan kompetensi berpikir kritis peserta didik abad ke-21. Dengan demikian, deep learning dapat diposisikan sebagai pendukung pengambilan keputusan pedagogis yang lebih informasional, bukan sekadar sebagai alat otomatisasi penilaian.

Dari perspektif pembelajaran, pemanfaatan deep learning berpotensi memperkuat pendekatan pembelajaran matematika yang berpusat pada peserta didik. Analisis terhadap komunikasi matematis memungkinkan guru merancang intervensi pembelajaran yang lebih tepat sasaran dan responsif terhadap kebutuhan individu siswa. Temuan Suriansyah (2024) mengenai pentingnya pembelajaran berbasis konteks nyata menegaskan bahwa teknologi, termasuk deep learning, akan lebih bermakna apabila diintegrasikan dengan pendekatan pembelajaran yang relevan dan kontekstual. Dengan kata lain, efektivitas deep learning dalam pembelajaran matematika sangat bergantung pada kesesuaiannya dengan strategi pedagogis yang diterapkan.

Lebih lanjut, pemanfaatan media pembelajaran berbasis teknologi, seperti GeoGebra, menunjukkan bahwa integrasi teknologi digital dapat memperkuat

pemahaman konsep matematis siswa (Rokan et al., 2023). Dalam konteks ini, deep learning berpotensi meningkatkan kualitas pemanfaatan platform pembelajaran dengan menyediakan umpan balik individual dan pengayaan yang disesuaikan dengan kebutuhan siswa. Namun, efektivitas tersebut tidak hanya ditentukan oleh kecanggihan teknologi, melainkan juga oleh kejelasan tujuan pedagogis yang ingin dicapai, khususnya dalam pengembangan komunikasi matematis sebagai kompetensi inti.

Meskipun demikian, kajian ini juga mengungkap sejumlah keterbatasan yang membuka ruang bagi penelitian lanjutan. Pertama, sebagian besar penelitian masih berorientasi pada aspek teknis, seperti pengembangan model dan akurasi algoritma, sementara penelitian yang secara eksplisit menempatkan komunikasi matematis sebagai tujuan pedagogis utama masih relatif terbatas. Temuan Astuty (2022) mengenai pentingnya variasi pendekatan dalam konteks peserta didik berkebutuhan khusus menegaskan perlunya perspektif pedagogis yang lebih inklusif dalam penelitian berbasis teknologi.

Kedua, belum adanya keseragaman definisi dan indikator komunikasi matematis menjadi tantangan dalam melakukan sintesis hasil penelitian. Variasi ini menyulitkan perbandingan dan generalisasi temuan antarstudi. Indarsari (2023) menekankan perlunya kerangka konseptual dan indikator yang lebih terstruktur agar evaluasi literasi dan komunikasi matematis dapat dilakukan secara konsisten dan valid. Oleh karena itu, pengembangan definisi operasional dan instrumen pengukuran yang terstandar menjadi agenda penting dalam penelitian selanjutnya.

Selain itu, aspek etika, transparansi model, serta kesiapan pendidik dalam memanfaatkan deep learning masih jarang dibahas secara mendalam. Isu interpretabilitas hasil analisis dan potensi bias algoritmik merupakan tantangan yang tidak dapat diabaikan. Zein et al. (2024) menekankan bahwa implementasi teknologi berbasis kecerdasan buatan, termasuk ChatGPT, memerlukan dukungan pedagogis yang seimbang agar tidak menggeser peran esensial guru dalam proses pembelajaran. Dengan demikian, integrasi deep learning dalam pembelajaran matematika perlu mempertimbangkan secara simultan aspek pedagogis, teknologis, dan etis agar pemanfaatannya benar-benar berkontribusi terhadap peningkatan kualitas komunikasi matematis peserta didik.

## **SIMPULAN**

Berdasarkan hasil Systematic Literature Review, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan deep learning memiliki potensi yang besar dalam mendukung pengembangan komunikasi matematis, terutama melalui analisis respons tertulis, representasi visual, dan pola penalaran peserta didik. Model-model deep learning seperti CNN, RNN/LSTM, dan transformer terbukti mampu meningkatkan efisiensi penilaian serta menyediakan dasar bagi pengembangan umpan balik pembelajaran yang lebih adaptif dan berbasis data. Tren penelitian menunjukkan peningkatan perhatian terhadap topik ini, khususnya pada jenjang pendidikan menengah dan pendidikan tinggi.

Namun demikian, hasil kajian juga mengungkap sejumlah keterbatasan. Penelitian yang ada masih didominasi oleh pendekatan teknis dan belum secara konsisten menempatkan komunikasi matematis sebagai tujuan pedagogis utama. Selain itu, terdapat variasi dalam definisi, indikator, dan instrumen

pengukuran komunikasi matematis, sehingga menyulitkan perbandingan dan sintesis hasil antarpelitian. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan kerangka konseptual dan instrumen pengukuran komunikasi matematis yang lebih terstandar, serta mengintegrasikan deep learning dengan strategi pembelajaran yang berorientasi pada kebutuhan peserta didik. Integrasi yang seimbang antara aspek pedagogis dan teknologi diharapkan dapat memperkuat peran deep learning sebagai alat pendukung yang efektif dalam meningkatkan kualitas komunikasi matematis di kelas.

## REFERENSI

- Adiga, R., Biswas, T., & Shyam, P. (2023). Applications of deep learning and machine learning in computational medicine. *Journal of Biochemical Technology*, 14(1), 1–6. <https://doi.org/10.51847/iw1dfvoxxv>
- Ahmad, N., & Junaini, S. (2020). Augmented reality for learning mathematics: A systematic literature review. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 15(16), 106–120. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i16.14961>
- Aldalalah, O., Ababneh, Z., Bawaneh, A., & Alzubi, W. (2019). Effect of augmented reality and simulation on the achievement of mathematics and visual thinking among students. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 14(18), 164–175. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i18.10748>
- Anggriani, A., & Septian, A. (2019). Peningkatan kemampuan komunikasi matematis dan kebiasaan berpikir siswa melalui model pembelajaran IMPROVE. *Indomath: Indonesia Mathematics Education*, 2(2), 105–114. <https://doi.org/10.30738/indomath.v2i2.4550>
- Astuty, A. (2022). Pembelajaran dan penilaian secara efektif pada siswa down syndrome di kelas inklusi. *J-Abdi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(10), 2873–2882. <https://doi.org/10.53625/jabdi.v1i10.5294>
- Basuni, M. (2023). Kemampuan komunikasi matematis siswa pada model pembelajaran contextual teaching learning (CTL) berbasis etnomatematika. *Integral: Pendidikan Matematika*, 14(1), 1–15. <https://doi.org/10.32534/jnr.v14i1.1993>
- Bingol, B., & Özyaprak, M. (2025). Enhancing higher education: Differentiating the curriculum and instruction to foster mathematical creativity and motivation. *The Journal of Creative Behavior*, 59(2). <https://doi.org/10.1002/jocb.70000>
- Cao, C., Liu, F., Tan, H., Song, D., Shu, W., Li, W., ... Xie, Z. (2018). Deep learning and its applications in biomedicine. *Genomics, Proteomics & Bioinformatics*, 16(1), 17–32. <https://doi.org/10.1016/j.gpb.2017.07.003>
- Chechekhina, E., Voloshin, N., Kulebyakin, K., & Tyurin-Kuzmin, P. (2024). Code-free machine learning solutions for microscopy image processing: Deep learning. *Tissue Engineering Part A*, 30(19–20), 627–639. <https://doi.org/10.1089/ten.tea.2024.0014>
- Cholily, Y., Hibatullah, M., & Nadlifah, M. (2024). Implementation of problem-based learning (PBL) models to improve students' mathematical

- communication ability. *Aksioma: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 13(2), 699–710. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i2.8217>
- Ghosh, S., Shivakumara, P., Roy, P., Pal, U., & Lü, T. (2020). Graphology-based handwritten character analysis for human behaviour identification. *CAAI Transactions on Intelligence Technology*, 5(1), 55–65. <https://doi.org/10.1049/trit.2019.0051>
- Hutajulu, M. (2022). The effectiveness of using Google Meet in online learning to improve mathematical communication skills. *Journal of Innovative Mathematics Learning*, 5(1), 53–61. <https://doi.org/10.22460/jiml.v5i1.10858>
- Indarsari, M. (2023). Penggunaan metode repetition and feedback dalam menunjang pembelajaran anak slow learners. *Refleksi Edukatika: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 13(2), 172–181. <https://doi.org/10.24176/re.v13i2.8316>
- Jiang, Z., Huân, N., Choi, J., Lee, W., & Baek, S. (2020). A deep learning approach to predict abdominal aortic aneurysm expansion using longitudinal data. *Frontiers in Physics*, 7, Article 235. <https://doi.org/10.3389/fphy.2019.00235>
- Kang, E., Chang, W., Yoo, J., & Ye, J. (2018). Deep convolutional framelet denoising for low-dose CT via wavelet residual network. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 37(6), 1358–1369. <https://doi.org/10.1109/TMI.2018.2823756>
- Khoirunnisya, M., Anwar, L., & Kusumasari, V. (2024). The use of game-based learning media to support students' cognitive abilities in mathematics. *Mathline: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 9(2), 559–574. <https://doi.org/10.31943/mathline.v9i2.654>
- Leung, C. (2024). Biomedical informatics: State of the art, challenges, and opportunities. *Biomedinformatics*, 4(1), 89–97. <https://doi.org/10.3390/biomedinformatics4010006>
- Nainggolan, B., & Listiani, T. (2024). Pentingnya pemberian umpan balik untuk memperbaiki kesalahan siswa dalam menyelesaikan soal matematika. *Plusminus: Jurnal Pendidikan Matematika*, 4(1), 55–68. <https://doi.org/10.31980/plusminus.v4i1.1460>
- Nasution, D., & Ahmad, M. (2018). Penerapan pembelajaran matematika realistik untuk meningkatkan kemampuan komunikasi matematis siswa. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(3), 389–400. <https://doi.org/10.31980/mosharafa.v7i3.521>
- Panjaitan, M. (2022). Model problem-based learning for improving student's mathematical competence: Systematic literature review. *Mathematics Education Journal*, 6(2), 118–129. <https://doi.org/10.22219/mej.v6i2.21462>
- Putra, J. (2017). Learning cycle 5E dalam meningkatkan kemampuan komunikasi matematis dan self-regulated learning matematika. *Cahaya Pendidikan*, 3(1). <https://doi.org/10.33373/chypend.v3i1.870>
- Robiana, A., & Handoko, H. (2020). Pengaruh penerapan media UnoMath untuk meningkatkan kemampuan komunikasi matematis dan kemandirian belajar siswa. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 9(3), 521–532. <https://doi.org/10.31980/mosharafa.v9i3.772>

- Rokan, N., Elmania, P., Sihombing, F., Hasibuan, A., & Rizqi, N. (2023). Development of problem-based learning-based mathematics with the assistance of GeoGebra applications to improve students' mathematical concepts understanding ability. *Jurnal Eduscience*, 10(2), 451–467. <https://doi.org/10.36987/jes.v10i2.4584>
- Roy, Y., Banville, H., Albuquerque, I., Gramfort, A., Falk, T., & Faubert, J. (2019). Deep learning-based electroencephalography analysis: A systematic review. *Journal of Neural Engineering*, 16(5), 051001. <https://doi.org/10.1088/1741-2552/ab260c>
- Salsabila, A., Ramadhani, C., & Faizin, M. (2025). Berpikir induktif sebagai dasar kompetensi sikap kritis bagi peserta didik generasi milenial abad ke-21. *Cendekia: Jurnal Ilmu Pengetahuan*, 5(1), 264–276. <https://doi.org/10.51878/cendekia.v5i1.4465>
- Sholihah, N., & Retnawati, H. (2019). Perangkat pembelajaran problem-based learning dalam learning cycle 5E berorientasi pada kemampuan penalaran dan komunikasi matematis. *Pythagoras: Jurnal Pendidikan Matematika*, 14(2), 211–223. <https://doi.org/10.21831/pg.v14i2.27771>
- Sitanggang, M., Mulyono, M., & Saragih, S. (2023). The development of problem solving-based interactive learning media to improve mathematical communication and self-regulated skill. *Jurnal Analisa*, 9(2), 98–109. <https://doi.org/10.15575/ja.v9i2.30243>
- Suriansyah, A. (2024). Hubungan matematika–budaya pada arsitektur bubungan tinggi: Sebuah meta-analisis etnomatematika. *Teacher in Educational Research*, 6(2), 37–47. <https://doi.org/10.33292/ter.v6i2.298>
- Wang, F., Casalino, L., & Khullar, D. (2019). Deep learning in medicine—Promise, progress, and challenges. *JAMA Internal Medicine*, 179(3), 293–294. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2018.7117>
- Yang, S., Yang, L., Luo, F., Li, B., Wang, X., Du, Y., ... Liu, D. (2021). Joint fiber nonlinear noise estimation, OSNR estimation and modulation format identification based on asynchronous complex histograms and deep learning for digital coherent receivers. *Sensors*, 21(2), 380. <https://doi.org/10.3390/s21020380>
- Yani, N., & Soebagyo, J. (2023). Bibliometric analysis of mathematical communication skills using Scopus database. *Jurnal Pendidikan Matematika dan IPA*, 14(1), 57–66. <https://doi.org/10.26418/jpmipa.v14i1.53902>
- Yanti, A., & Novitasari, N. (2021). Penggunaan jurnal reflektif pada pembelajaran matematika untuk melatih kemampuan komunikasi matematis siswa. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 10(2), 321–332. <https://doi.org/10.31980/mosharafa.v10i2.665>
- Yin, Y. (2023). Big data analysis and modeling method of college student employment management based on deep learning model. *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies*, 18(2), 1–15. <https://doi.org/10.4018/IJWLTT.330245>
- Zein, S., Yaniawati, P., & Mudrikah, A. (2024). The role and evaluation of ChatGPT as a virtual tutor in improving students' creative and critical abilities reviewed from probing-prompting abilities. *Kreano: Jurnal*

- Matematika Kreatif-Inovatif, 15(2), 501–517.  
<https://doi.org/10.15294/a2g5x690>
- Zhang, Z., Zhou, L., Gou, L., & Wu, Y. (2019). Neural architecture search for joint optimization of predictive power and biological knowledge. arXiv.  
<https://doi.org/10.48550/arxiv.1909.00337>