

ANALISIS LITERATUR: EFEKTIFITAS PENDEKATAN PEMBELAJARAN *DEEP LEARNING* DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA BERBASIS STEM

Mutiara Safitri¹, Atik Rahmawati², Syaiful Hadi³, Umy Zahroh⁴

Universitas Islam Negeri Sayyid Ali Rahmatullah Tulungagung, Indonesia^{1,2,3,4}

e-mail: mutiarasafitri337@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to analyze the impact of deep learning implementation in STEM-based mathematics learning and identify challenges faced in its implementation. Referring to various recent studies, the deep learning approach has been proven to significantly improve conceptual understanding, critical thinking skills, mathematical problem-solving skills, and student motivation and engagement. The integration of deep learning with STEM enables contextual, collaborative, and real-world problem-oriented learning, which aligns with the principles of Outcome-Based Education (OBE) and the demands of 21st-century competencies. The method used in this study is a systematic literature review of several leading national and international journals published between 2019 and 2025. The analysis instruments include thematic identification of empirical findings, learning strategies, and supporting and inhibiting factors for implementation. The synthesis results show that despite its effectiveness, the implementation of deep learning in STEM-based mathematics learning faces several challenges, including limited technological infrastructure, low teacher readiness and digital literacy, dual cognitive load on students, time constraints in the curriculum, and ethical issues related to data privacy when involving artificial intelligence (AI). Thus, an integrative strategy is needed that includes teacher training, provision of supporting resources, and policies that support technology-based adaptive learning in an ethical and sustainable manner.

Keywords:

Deep Learning, STEM, Mathematics Learning

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak penerapan *deep learning* dalam pembelajaran matematika berbasis STEM, serta mengidentifikasi tantangan yang dihadapi dalam implementasinya. Mengacu pada berbagai studi terkini, pendekatan *deep learning* terbukti mampu meningkatkan pemahaman konseptual, kemampuan berpikir kritis, keterampilan pemecahan masalah matematis, serta motivasi dan keterlibatan siswa secara signifikan. Integrasi *deep learning* dengan STEM memungkinkan pembelajaran yang kontekstual, kolaboratif, dan berorientasi pada masalah dunia nyata, yang selaras dengan prinsip *Outcome-Based Education* (OBE) dan tuntutan kompetensi abad ke-21. Metode yang digunakan dalam kajian ini adalah studi literatur sistematis dari sejumlah jurnal nasional dan internasional terkemuka yang terbit antara 2019–2025. Instrumen analisis meliputi identifikasi tematik terhadap temuan empiris, strategi pembelajaran, serta faktor pendukung dan penghambat implementasi. Hasil sintesis menunjukkan bahwa meskipun efektif, penerapan *deep learning* dalam pembelajaran matematika berbasis STEM menghadapi sejumlah tantangan, antara lain keterbatasan infrastruktur teknologi, rendahnya kesiapan dan literasi digital guru, beban kognitif ganda pada siswa, keterbatasan waktu dalam kurikulum, serta isu etika terkait privasi data saat melibatkan kecerdasan buatan (AI). Dengan demikian, diperlukan strategi integratif yang mencakup pelatihan guru, penyediaan sarana pendukung, dan kebijakan yang mendukung pembelajaran adaptif berbasis teknologi secara etis dan berkelanjutan.

Kata kunci:

Deep Learning, STEM, Pembelajaran Matematika

PENDAHULUAN

Pendidikan berkualitas menjadi salah satu pilar utama dalam membangun

peradaban yang maju dan berdaya saing tinggi, seiring dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan akan kompetensi

yang lebih kompleks. Proses peningkatan kualitas Pendidikan di Indonesia masih menghadapi tantangan, terutama dalam hal menghasilkan lulusan yang memiliki ketrampilan berpikir kritis, analitis dan adaptif.

Kebijakan penerapan pembelajaran mendalam (*deep learning*) bertujuan untuk menciptakan hasil belajar yang berkualitas dan terukur sebagai cerminan Pendidikan bermutu bagi semua di negeri ini. Filosofi pembelajaran mendalam (*deep learning*) selaras dengan teori constructivism yang dirumuskan oleh Jean Piaget dan Lev Vygotsky, yang menekankan bahwa pengetahuan dibangun melalui interaksi aktif antara peserta didik dengan lingkungan. Dalam pendidikan matematika, pembelajaran mendalam (*deep learning*) ini adalah bagaimana menciptakan pembelajaran yang tidak hanya berfokus pada kemampuan menghafal rumus, tetapi juga mendorong siswa untuk memahami konsep secara mendalam dan mampu menerapkannya dalam berbagai konteks kehidupan nyata. Dalam konteks ini, pendekatan pembelajaran mendalam (*deep learning*) menjadi salah satu alternatif yang relevan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran matematika di era modern (Biggs, J., Tang 2011).

Salah satu model pembelajaran yang dapat digunakan dengan Pendekatan Pembelajaran Mendalam (*Deep Learning*) adalah STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics). STEM adalah pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu untuk membantu murid memperoleh beragam pengetahuan dan keterampilan (Lee 2024). Menurut (Stavroula 2023) pembelajaran STEM sangat penting untuk mendukung keberhasilan murid di masa depan karena dapat mendorong mereka menjadi pemecah masalah, inovator, penemu, dan pemikir logis. Model pembelajaran ini memberikan pengalaman belajar yang terintegrasi, sehingga murid

dapat memahami hubungan antara berbagai disiplin ilmu. Dengan demikian, pembelajaran STEM tidak hanya mengembangkan keterampilan teknis, tetapi juga keterampilan kolaboratif yang diperlukan dalam dunia kerja.

Dalam hal penelitian tentang *deep learning*, hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan *deep learning* secara signifikan meningkatkan pemahaman konsep, retensi jangka panjang, serta keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah siswa. Selain itu, *deep learning* juga terbukti meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran, mendorong kolaborasi, serta memfasilitasi pembelajaran yang lebih adaptif dan berbasis data (Akmal et al. 2025). Sejalan dengan penelitian *deep learning*, penelitian tentang STEM, hasil analisisnya menunjukkan bahwa siswa yang mengikuti pembelajaran berbasis STEM mengalami peningkatan kemampuan pemecahan masalah secara signifikan dibandingkan dengan kelompok kontrol. Pembelajaran STEM juga mendorong keterlibatan aktif, pemikiran kritis, dan pemahaman yang lebih mendalam terhadap materi matematika (Iin Gusmana dan Syamzaimar, 2025).

Penelitian lain juga menyimpulkan bahwa integrasi pembelajaran STEM dalam Matematika menunjukkan hasil bahwa penerapan STEM mendukung pembelajaran matematika semakin menarik dan memotivasi peserta didik agar belajar lebih efektif, efisien dengan mengikuti perkembangan teknologi yang semakin berkembang pesat (Rahmadhani, Pujiastuti, dan Fathurrohman 2023).

Selain menunjukkan hasil yang signifikan, namun ada beberapa tantangan yang diidentifikasi misalnya kurangnya kesiapan pendidik dalam mengelola teknologi ini, keterbatasan infrastruktur di beberapa institusi pendidikan, serta permasalahan etika dalam pengelolaan data siswa.

Berdasarkan hasil dari review penelitian sebelumnya, jurnal yang masuk kriteria dalam inklusif terbit antara rentang 2023-2025 dan ini menunjukkan bahwa belum banyak jurnal yang membahas tentang *deep learning* dan STEM. *Deep learning* ini digagas oleh Menteri Pendidikan Dasar dan Menengah saat ini yaitu Prof. Dr. Abdul Mu'ti yang menekankan pentingnya pembelajaran yang berfokus pada pemahaman yang mendalam, dimana peserta didik tidak dituntut untuk sebatas menghafal, melainkan menginternalisasi pengetahuan secara bermakna (Kompas, 2024). Selanjutnya dalam membahas dampak dan tantangan dalam penerapannya, jurnal sebelumnya membahas secara terpisah yaitu tentang dampak dan tantangan *deep learning* serta jurnal yang membahas dampak dan tantangan penerapan STEM. Belum ada yang membahas tentang dampak dan tantangan Pendekatan pembelajaran *deep learning* dalam pembelajaran matematika berbasis STEM. Melihat hal tersebut maka peneliti memilih untuk meninjau efektivitas dari Pendekatan pembelajaran *deep learning* dalam pembelajaran matematika berbasis

STEM dengan mengambil research questionnya adalah mengetahui bagaimana dampak penerapan *deep learning* dalam pembelajaran Matematika berbasis STEM dan tantangan dalam penerapannya.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah SLR (Systematic Literature Review). Metode ini berfungsi untuk menentukan, mengidentifikasi, mengevaluasi, menginterpretasi kumpulan jurnal untuk menjawab atas pertanyaan. Dalam memulai penelitian, peneliti membuat pertanyaan penelitian yang digunakan untuk menjawab rumusan masalah/pertanyaan penelitian yang akan dibuat. Melalui tahap ini peneliti dapat mengumpulkan dan mengevaluasi sumber-sumber penelitian yang sesuai dengan topik yang akan diteliti. Topik yang diambil adalah tentang "Efektifitas Pendekatan *deep learning* dalam pembelajaran Matematika berbasis STEM". Setelah menemukan artikel-artikel yang dicari, maka artikel-artikel tersebut perlu disaring menggunakan tabel inklusi dan eksklusif serta penilaian mutu yang telah dilakukan.

Tabel 1. Research Question and Paper Criteria

RQ1	Apa dampak penerapan <i>deep learning</i> dalam pembelajaran matematika berbasis STEM	
RQ2	Tantangan penerapan <i>deep learning</i> dalam pembelajaran matematika berbasis STEM	
Kriteria	Inklusif	Ekklusif
1	Artikel yang terbit antara tahun 2019 s.d 2025	Artikel yang terbit selain rentang 2019 s.d 2025
2	Populasi penelitian adalah siswa	Populasi penelitian adalah mahasiswa dan pelatihan guru
3	Penerapan <i>deep learning</i> dan STEM di mapel matematika	Penerapan <i>deep learning</i> dan STEM selain mapel matematika
4	Open Access	Tidak bisa diakses

Langkah selanjutnya peneliti mengumpulkan jurnal dengan bantuan Publish or perish dengan kata kunci *Deep Learning*, STEM dan Pembelajaran Matematika. Didapatkan 500 jurnal yang bersumber dari gogle scholar membahas tentang hal tersebut. Untuk mencari kebaruan (novelty) penulis menggunakan VosViewer untuk membantu

memvisualisasikan jaringan bibliometrik untuk mengidentifikasi tren, celah penelitian, dan area yang belum banyak dieksplorasi. Dari network visualization yang dihasilkan ternyata masih sedikit jurnal yang membahas hubungan antara STEM dan *Deep Learning*. Hal ini ditunjukkan oleh gambar berikut:

Judul dan Penulis	Identitas Jurnal	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
STEM Education pada Pembelajaran Matematika Penulis: Adi Satrio Ardiansyah dan Mohammad Asikin(Satrio, Adi. 2023)	Seminar Nasional Matematika Volume: 6 (2023) ISSN: 2613-9189		<i>Problems</i> yang kontekstual diharapkan dapat meningkatkan capaian pembelajaran matematika dan membuat pembelajaran lebih bermakna di Kurikulum Merdeka.
Efektivitas <i>deep learning</i> dalam pembelajaran: Systematic Literature Review (SLR) Penulis: Nur Maelasari, Lusiana (Maelasari, N. 2025)	Jurnal Education and development Vol. 13 No. 2 Edisi Mei 2025 DOI: 10.37081/ed.v13i2.7006	Systematic Literature Review (SLR)	<i>Deep Learning</i> efektif terhadap hasil belajar. Dampaknya adalah peningkatan pemahaman konsep dan mendorong budaya pembelajaran seumur hidup pada siswa.
Implementasi Pembelajaran Mendalam terhadap Kemampuan berpikir Kritis Matematis Siswa Penulis: Ratnasari, Nikmah Nurvicalesi, Ami Sulistia Wati (Alam, R. S., Siswanto, H.D., Aprilia 2025)	Algoritma: Jurnal Matematika Ilmu Pengetahuan Alam, Kebumihan dan Angkasa Vol. 3 No.4 (Juli 2025)	Kuasi-eksperimen (<i>quasi-experimental design</i>) dengan desain kelompok kontrol <i>pretest-posttest</i> .	Pembelajaran mendalam (<i>deep learning</i>) meningkatkan kemampuan berpikir kritis matematis siswa secara signifikan. Peningkatan terlihat pada kemampuan menganalisis informasi dan memecahkan masalah.
Pembelajaran Matematika dengan STEM dalam Persepsi Siswa Penulis: Arin, Nyimas Aisyah, Ely Susanti, dan Zuli Nuraeni (Aisyah, Susanti, dan Nuraeni 2025)	Jurnal: SJME (Supremum Journal of Mathematics Education). Volume: Vol.09, No.01 (Januari 2025), pp. 133-148. ISSN: 2548-8163.	Penelitian survei (analisis kualitatif dan statistik deskriptif).	Penerapan STEAM menghasilkan persepsi yang umumnya positif dari siswa. Dampaknya adalah peningkatan motivasi, ketertarikan, dan aktivitas belajar siswa dalam matematika.
Pendekatan STEM dalam Pembelajaran Matematika: Study Literature Review Penulis: Calista Rahmadhani, Heni Pujiastuti, Maman Fathurroham (Rahmadhani et al. 2023)	Jurnal: JIIP (Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan). Volume: 6, Nomor 1 (Januari 2023), 549-557. eISSN: 2614-8854.	Studi Literature Review	Integrasi Pendekatan STEM memiliki potensi besar untuk meningkatkan keterampilan abad ke-21 (seperti pemecahan masalah dan berpikir kritis), meningkatkan motivasi, dan memberikan konteks nyata dalam pembelajaran matematika.
Strategi Pembelajaran Berbasis STEM untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika SD/MI Penulis: Iin Gusmanan	Jurnal: Juring (Journal for Research in Mathematics Learning). Volume: Vol. 8, No. 2 (Juni 2025), 153-164. P-ISSN: 2621-7430.	Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah <i>Mixed methods</i> (kuantitatif diikuti kualitatif).	Pembelajaran berbasis STEM terbukti signifikan meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematika siswa. Dampak lainnya adalah dorongan pada keterlibatan aktif, berpikir kritis, dan pemahaman konsep yang lebih

Judul dan Penulis	Identitas Jurnal	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
dan Syamzaimar(Gusmana 2025)			mendalam.
Implementasi Pembelajaran Terintegrasi Computational Thinking untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Murid Penulis: Sri Rahayu Alam, Deny Hadi Siswanto, Dian Aprilia (Alam et al. 2025)	Jurnal: Papanda Journal of Mathematics and Sciences Research (PJMSR). Volume: 4, Nomor 1 (Maret 2025). e-ISSN: 2580-9709.	Penelitian ini merupakan penelitian Pra-eksperimen (<i>pre-experiment</i>) dengan desain <i>one group pretest-posttest</i>	Penerapan STEM terintegrasi <i>computational thinking</i> efektif dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah murid dan membantu murid mengembangkan rencana pemecahan masalah melalui proses abstraksi.
Pemanfaatan Ai dan <i>deep learning</i> dalam pembelajaran STEM berbasis outcome-based education Penulis: Muhammad Arsyad, Muhammad Alfi Azizi, dll(Arsyad, M. 2025)	Jurnal Edu Research Volume: 6, Nomor 1 (Maret 2025).	Metode yang diaplikasikan pada riset ini ialah Studi Eksplorasi/Teoritis (dengan data hasil tes).	Integrasi AI dan <i>Deep Learning</i> dalam pendidikan STEAM mendukung <i>Outcome-Based Education</i> (OBE). Dampaknya meliputi dukungan terhadap pembelajaran personalisasi, penilaian <i>real-time</i> , dan umpan balik adaptif.
Pemanfaatan Strategi <i>deep learning</i> untuk meningkatkan pemahaman konsep matematika dasar siswa sekolah dasar: Studi Literature Penulis: Elvi Mailani, dll(Mailani et al. 2025)	Jurnal: JIIC: JURNAL INTELEK INSAH CENDIKIA. Volume: 2 No: 6 (Juni 2025). E-ISSN: 3047-7824.	Studi Literatur (<i>Content Analysis</i>).	Pendekatan Deep Learning meningkatkan pemahaman konseptual, keterampilan berpikir kritis, dan retensi pengetahuan jangka panjang siswa sekolah dasar.
<i>Deep learning</i> : Sebuah Pendekatan untuk Pembelajaran Bermakna Penulis Fatmawaty(Islam et al. 2024)	Jurnal: Harmoni Pendidikan: Jurnal Ilmu Pendidikan. Volume: 1 Nomor 1 (Februari 2024), Hal 71-85. e-ISSN: 3046-5672.	Studi Literatur (<i>Systematic Review</i>).	Pendekatan Deep Learning penting dalam menumbuhkan pembelajaran bermakna (<i>meaningful learning</i>). Dampaknya adalah pengembangan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, dan kemampuan menerapkan pengetahuan.

Judul dan Penulis	Identitas Jurnal	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Systematic Literature Review : Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa Pada Model Problem Based Learning (PBL) Berpendekatan STEM oleh Muhammad Rifa Udin, Zaenuri Mastur , Walid (Udin, Mastur, dan Semarang 2025)	Symmetry Pasundan Journal of Research in Mathematics Learning and Education Volume 10 Nomor 1, Juni 2025 e-ISSN: 2548-2297 p-ISSN: 2548-2297	Metode systematic literature review (SLR)	Pendekatan <i>deep learning</i> menunjukkan bahwa siswa mengalami peningkatan signifikan dalam pemecahan masalah matematis, dengan kemampuan berpikir kritis dan menganalisis masalah kontekstual yang melibatkan konsep lintas disiplin. Pembelajaran berlangsung aktif, kolaboratif, dan bermakna sehingga sesuai dengan karakteristik utama <i>deep learning</i> .

Dampak pendekatan *deep learning* dalam pembelajaran matematika berbasis STEM

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran matematika berbasis *deep learning* dalam konteks STEM mampu memberikan peningkatan yang signifikan pada berbagai aspek kemampuan siswa. Peningkatan tersebut meliputi pemahaman konseptual yang mendalam, kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah, motivasi dan keterlibatan belajar, retensi jangka panjang, hingga penguatan keterampilan abad ke-21. Temuan ini sejalan dengan pandangan konstruktivisme (Piaget 1970; Vygotsky 1978), yakni bahwa pengetahuan akan lebih bermakna jika dibangun dari pengalaman belajar yang aktif, kolaboratif, dan kontekstual.

Pertama, peningkatan pemahaman konsep terjadi karena siswa tidak hanya menghafal rumus atau prosedur, tetapi memahami alasan dan makna di balik suatu konsep matematika. Melalui kegiatan eksploratif seperti *discovery learning* dan strategi metakognitif, siswa menghubungkan konsep-konsep secara logis dan sistematis sehingga struktur kognitif mereka menjadi lebih kuat. Integrasi STEM semakin memperkuat pemahaman ini karena konsep matematika dihadapkan pada fenomena nyata seperti proyek rekayasa atau pemodelan sains. Hal ini mendukung teori *meaningful learning* Ausubel, bahwa

pembelajaran akan lebih tahan lama jika berkaitan dengan kehidupan nyata.

Kedua, kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah meningkat karena pendekatan STEM menempatkan siswa dalam situasi masalah terbuka (*open-ended problem*) yang mengharuskan mereka melakukan analisis, menguji alternatif solusi, serta mengambil keputusan berdasarkan penalaran logis. Selain itu, penerapan *computational thinking* (dekomposisi, pengenalan pola, abstraksi, dan algoritma) menjadikan siswa memiliki pola berpikir sistematis. Temuan ini konsisten dengan teori (Hiebert, J. 1992) bahwa pemecahan masalah adalah inti dari pembelajaran matematika.

Ketiga, dari aspek motivasi, keterlibatan, dan minat, siswa menunjukkan respons positif terhadap pembelajaran yang memanfaatkan teknologi, proyek kreatif, dan konteks kehidupan mereka. Hal ini dapat dijelaskan melalui teori (Keller 2010) yang menekankan pentingnya *attention*, *relevance*, *confidence*, dan *satisfaction* dalam memunculkan motivasi belajar. Aktivitas yang bermakna membuat siswa merasa bahwa matematika bukan hanya angka, melainkan ilmu yang bermanfaat dalam kehidupan.

Keempat, dari segi retensi dan transfer pengetahuan, *deep learning* memberikan dampak yang lebih tahan lama dibanding pembelajaran konvensional karena siswa memahami konsep secara mendalam dan mampu menerapkannya ke situasi baru (far

transfer). Pendekatan STEM memungkinkan siswa menghubungkan konsep matematika dengan dunia kerja, kewirausahaan, dan pemecahan masalah sosial sehingga pembelajaran tidak berhenti pada kelas.

Kelima, pembelajaran ini turut mendukung penguatan keterampilan abad ke-21 (4C): critical thinking, creativity, collaboration, dan communication. Kegiatan berbasis proyek menuntut kerja sama, diskusi, dan presentasi. Sementara itu, proses merancang dan menguji solusi memunculkan kreativitas dan inovasi sesuai tuntutan kurikulum saat ini.

Selain itu, integrasi teknologi kecerdasan buatan (AI) dalam proses belajar memberikan peluang terjadinya personalisasi pembelajaran, di mana sistem dapat memberikan umpan balik cepat dan rekomendasi materi sesuai kebutuhan tiap siswa. Hal ini selaras dengan pendekatan Outcome-Based Education (OBE) yang menekankan pencapaian kompetensi individual (Akmal et al. 2025; Arsyad, M. 2025). Strategi metakognitif dan pemanfaatan media digital turut meningkatkan kemandirian belajar dan literasi digital siswa. Dengan begitu, siswa tidak hanya berperan sebagai penerima informasi, tetapi sebagai pembelajar mandiri yang mampu mengatur strategi belajar untuk mencapai tujuan akademik mereka.

Tantangan penerapan *deep learning* dalam pembelajaran matematika berbasis STEM

Meskipun pendekatan *deep learning* dalam pembelajaran matematika berbasis STEM memiliki banyak keunggulan, implementasinya masih menghadapi berbagai tantangan di lapangan. Salah satu tantangan utama ialah keterbatasan infrastruktur dan sarana pendukung, terutama di sekolah-sekolah dengan sumber daya terbatas. Perangkat teknologi seperti komputer, jaringan internet stabil, serta platform pembelajaran berbasis AI belum tersedia secara merata sehingga menghambat

penerapan pembelajaran berbasis teknologi. Hal ini sejalan dengan *Technology Acceptance Model* oleh Davis (1989) yang menekankan bahwa ketersediaan dan kemudahan akses terhadap teknologi merupakan faktor yang memengaruhi keberhasilan adopsi inovasi pembelajaran. Penelitian (Akmal et al. 2025) dan (Gusmana 2025) mempertegas bahwa tanpa dukungan infrastruktur yang memadai, integrasi teknologi menjadi kurang optimal bahkan sulit untuk diimplementasikan.

Selain itu, kesiapan dan kompetensi guru juga menjadi kendala signifikan. Guru dituntut untuk memahami konsep *deep learning*, integrasi STEM, serta pemanfaatan kecerdasan buatan (AI) dalam pembelajaran. Namun, kemampuan tersebut masih belum merata di kalangan guru. Berdasarkan teori *Technological Pedagogical and Content Knowledge* (TPACK) oleh (Misrah, P., & Koehler 2006), keberhasilan integrasi teknologi dalam pembelajaran menuntut guru menguasai tiga aspek utama sekaligus, yaitu teknologi, pedagogi, dan konten. Hasil ini sejalan dengan penelitian (Arsyad, M. 2025) serta (Mailani et al. 2025) yang menunjukkan bahwa banyak guru masih menghadapi kesulitan dalam merancang pembelajaran interdisipliner yang menuntut pemrosesan kognitif mendalam.

Dari sisi peserta didik, pendekatan *deep learning* juga berpotensi meningkatkan beban kognitif. Integrasi konsep-konsep STEM yang kompleks, ditambah keterlibatan teknologi baru, dapat membuat siswa harus memproses informasi dalam jumlah besar. Berdasarkan *Cognitive Load Theory* oleh (Sweller 2011) dimana kondisi tersebut dapat menghambat pemahaman apabila tidak diorganisasi dengan baik. (Alam, R. S., Siswanto, H.D., Aprilia 2025) menemukan bahwa siswa sering mengalami kesulitan ketika harus secara bersamaan memahami konsep dan mengoperasikan teknologi pendukung, sehingga pembelajaran yang seharusnya mendalam justru menjadi lebih berat.

Kendala lain yang tidak kalah penting adalah keterbatasan waktu dalam kurikulum. Pembelajaran berbasis *deep learning* menekankan aktivitas seperti eksplorasi, diskusi, refleksi, dan iterasi solusi yang memerlukan waktu lebih panjang, sementara kurikulum di sekolah masih berorientasi pada pencapaian target materi yang padat. Kondisi ini membuat guru cenderung kembali pada metode konvensional yang lebih cepat meskipun kurang bermakna bagi perkembangan kemampuan berpikir siswa. (Satrio, Adi. 2023) menyatakan bahwa struktur kurikulum yang kaku menjadi salah satu hambatan struktural dalam penerapan pembelajaran mendalam.

Lebih jauh, penggunaan teknologi AI dalam pendidikan juga menimbulkan isu etika dan privasi data siswa. Proses pengolahan data belajar secara real-time untuk tujuan personalisasi harus mengikuti prinsip transparansi, keamanan, dan perlindungan data. (European 2019) menegaskan bahwa setiap lembaga pendidikan perlu memiliki regulasi etis yang jelas dalam penerapan AI. Namun, dalam penelitian (Mailani et al. 2025) mengungkapkan bahwa sebagian besar sekolah di Indonesia belum memiliki pedoman yang memadai terkait keamanan data peserta didik.

Di samping itu, resistensi terhadap perubahan dari berbagai pemangku kepentingan juga masih terjadi. Peralihan paradigma pembelajaran dari model yang berpusat pada guru ke model konstruktivis yang berpusat pada siswa sering dipandang sebagai sesuatu yang rumit dan tidak praktis. Berdasarkan *Diffusion of Innovation Theory* menurut (Rogers 2003) penerimaan inovasi sangat dipengaruhi oleh persepsi manfaat dan kerumitan teknologi baru. (Mailani et al. 2025) menemukan bahwa sebagian guru, siswa, dan orang tua memiliki keraguan terhadap efektivitas pembelajaran *deep learning* sehingga kurang mendukung implementasinya.

Dengan demikian, berbagai tantangan yang muncul dalam penerapan *deep learning* pada pembelajaran matematika berbasis STEM saling berkaitan satu sama lain. Ketiadaan fasilitas yang memadai memengaruhi keterampilan guru, sementara kebijakan kurikulum yang rigid juga menekan penggunaan pendekatan pembelajaran yang membutuhkan proses mendalam. Oleh karena itu, keberhasilan implementasi *deep learning* memerlukan dukungan ekosistem pendidikan secara menyeluruh, baik melalui peningkatan infrastruktur, pelatihan berkelanjutan bagi guru, revisi kebijakan kurikulum, penerapan regulasi etis AI, serta perubahan pola pikir semua pihak terkait terhadap inovasi pendidikan.

SIMPULAN DAN SARAN

Penerapan pendekatan *deep learning* dalam pembelajaran matematika berbasis STEM masih menghadapi berbagai tantangan yang saling berkaitan, meliputi keterbatasan infrastruktur, kesiapan guru, beban kognitif siswa, keterbatasan waktu kurikulum, serta isu etika dan resistensi terhadap perubahan. Tantangan-tantangan tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi *deep learning* tidak hanya bergantung pada metode pembelajaran, tetapi juga pada kesiapan ekosistem pendidikan secara menyeluruh.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji strategi implementasi *deep learning* berbasis STEM yang adaptif terhadap keterbatasan infrastruktur sekolah, serta mengeksplorasi model pelatihan guru yang efektif dalam meningkatkan kompetensi pedagogik, teknologi, dan konten secara terintegrasi. Selain itu, penelitian lanjutan juga perlu menelaah desain pembelajaran yang mampu menekan beban kognitif siswa, mengkaji fleksibilitas kurikulum terhadap pembelajaran mendalam, serta mengembangkan kerangka etis dan kebijakan penggunaan AI yang

kontekstual dengan kondisi pendidikan di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, Nyimas, Ely Susanti, dan Zuli Nuraeni. 2025. "Pembelajaran Matematika dengan STEAM dalam Persepsi Siswa." *SJME: Supremum Journal of Mathematics Education* 09(01):133–48.
- Akmal, Aria Nur, Nur Maelasari, Tinggi Ilmu, dan Pendidikan Islam. 2025. "Pemahaman *Deep Learning* dalam Pendidikan: Analisis Literatur melalui Metode Systematic Literature Review (SLR)." 8.
- Alam, R. S., Siswanto, H.D., Aprilia, D. 2025. "Implementasi Pembelajaran Mendalam terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa.pdf." *Algoritma: Jurnal Matematika, Ilmu Pengetahuan Alam, Kebumihan dan Angkasa* 3(4).
- Alam, Sri Rahayu, Deny Hadi Siswanto, Dian Aprilia, Program Studi, Magister Pendidikan, Universitas Ahmad Dahlan, dan Guru Matematika. 2025. "Implementasi Pembelajaran STEM Terintegrasi Computational Thinking untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Murid." *Papada Journal of Mathematics and Sciences Research (PJMSR)* 4(1):38–48.
- Arsyad, M., Dkk. 2025. "Pemanfaatan AI dan *Deep Learning* dalam Pembelajaran STEM Berbasis Outcome-Based Education." 6:1180–90.
- Biggs, J., Tang, C. 2011. *Teaching for Quality Learning at university*. Maidenhead.
- Davis, F. .. 1989. "Perceived Usefulness, Perceived Ease Of Use, And User Acceptance Of Information Technology." *Mis Quarterly* 13(3):319–40. doi: <https://doi.org/10.2307/249008>.
- European, C. 2019. *Ethical Guidelines For Trustworthy AI*. Publications Office of The European Union.
- Gusmana, Iin. 2025. "Strategi Pembelajaran Berbasis STEM Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika SD / MI." *Journal For Research in Mathematics learning* 8(2):153–64.
- Hiebert, J., & Carpenter. 1992. *Learning And Teaching With Understanding*. Macmillan.
- Islam, Universitas, Negeri Raden, Fatah Palembang, dan Sumatera Selatan. 2024. "*Deep Learning*: Sebuah Pendekatan untuk Pembelajaran Bermakna." *Harmoni Pendidikan :Jurnal Ilmu Pendidikan* 1(1).
- Keller, J. .. 2010. *Motivational Design for Learning And Performance: The ARCS Model Approach*. Springer.
- Lee, at all. 2024. *Investigates The Use of Artificial Intelligence (AI) in STEMEducation, Specifically Focusing On How Student And Teachers Perceive AI's Benefuts in The Learning ANd Teaching Process*.
- Maelasari, N., Lusiana. 2025. "Efektivitas *Deep Learning* dalam Pembelajaran: Sebuah Kajian Systematic Literatur Review (SLR)." *Jurnal Education And Development* 13(2).
- Mailani, Elvi, Nur Rarastika, Miftahul Jannah, Nur Aulia Heriani, dan Windy E. Zendrato. 2025. "Pemanfaatan Strategi *Deep Learning* untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Matematika Dasar Siswa Sekolah Dasar: Studi Literatur Utilization of *Deep Learning* Strategy to Improve Elementary School Students ' Understanding of Basic Mathematics Concepts : Liter." *Jiic:Jurnal Intelek Insan Cendekia* 6(1):12349–55.
- Misrah, P., & Koehler, M. .. 2006. "Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framwork For Teacher Knowledge." *Teacher College Record*

- 108(6):1017–54.
- Piaget, J. 1970. *Science of Education And The Psychology Of The Child*. Orion Press.
- Rahmadhani, Calista, Heni Pujiastuti, dan Maman Fathurrohman. 2023. “Pendekatan STEM dalam Pembelajaran Matematika : Study Literature Review.” *Jurnal Ilmu Pendidikan* 6:549–57.
- Rogers, E. .. 2003. *Diffusion Of Innovations (5th ed)*. Free Press.
- Satrio, Adi., Dkk. 2023. “STEM Context : Alternatif Implementasi STEM Education pada Pembelajaran Matematika.” *Prisma, Prosiding Seminar Nasional Matematika* 6:111–19.
- Stavroula, P. 2023. *Developing and Managing Knowledge Through the Eyes of The Young Learner: “alive” Manipulatives before Abstract Notions*.
- Sweller, J. 2011. “Cognitive Load Theory.” *Psychology Of Learning And Motivation* 55:37–76. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-8>.
- Udin, Muhammad Rifa, Zaenuri Mastur, dan Universitas Negeri Semarang. 2025. “Systematic Literatur Review: Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa Pada Model Problem Based Learning (PBL) Berpendekatan STEM.” *Pasundan Journal of Research in Mathematics* 10(2019):21–30. doi: [10.23969/symmetry.v10i1.27376](https://doi.org/10.23969/symmetry.v10i1.27376).
- Vygotsky. 1978. *Mind in Society: The Development Of The Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.