

Problematika Adaptasi Pendekatan Deep Learning Dalam Pembelajaran Matematika Di Indonesia : Jurnal Penelitian Matematika dan Pendidikan Matematika

Dhelinda Nuriatul Ainie¹, Muhammad Alfaf Aghnia Muthmain², Ida Nuraida³, Wati Susilawati⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Pendidikan Matematika, UIN Sunan Gunung Djati Bandung Jl. Soekarno Hatta, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

*Korespondensi Penulis. E-Mail: wati85@uinsgd.ac.id

Abstrak

Transformasi digital dalam pendidikan telah mendorong integrasi teknologi kecerdasan buatan, termasuk pendekatan *deep learning* dalam pembelajaran matematika. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi problematika dalam mengadaptasi pendekatan *deep learning* di Indonesia melalui metode *Systematic Literature Review* (SLR). Hasil kajian menunjukkan bahwa meskipun pendekatan ini memiliki potensi besar dalam meningkatkan personalisasi dan efektivitas pembelajaran matematika, penerapannya masih terkendala oleh keterbatasan infrastruktur, rendahnya kompetensi guru dalam teknologi, serta resistensi terhadap inovasi pembelajaran. Studi ini juga mengungkap bahwa kesiapan institusi pendidikan dan pelatihan guru menjadi faktor kunci keberhasilan implementasi. Oleh karena itu, diperlukan model adaptasi yang kontekstual, bertahap, dan kolaboratif guna mengoptimalkan integrasi *deep learning* dalam pendidikan matematika di Indonesia.

Kata kunci: teknologi pembelajaran, pembelajaran matematika, deep learning, adaptasi pendekatan, pendidikan Indonesia, studi literatur sistematis.

Abstract

The digital transformation in education has encouraged the integration of artificial intelligence technologies, including the deep learning approach in mathematics learning. This study aims to identify the challenges in adapting deep learning in Indonesia through a Systematic Literature Review (SLR) method. The findings indicate that while this approach offers great potential for enhancing personalization and effectiveness in mathematics education, its implementation is hindered by limited infrastructure, low teacher competency in technology, and resistance to innovative methods. The study also reveals that institutional readiness and teacher training are crucial for successful implementation. Therefore, a contextual, gradual, and collaborative adaptation model is needed to optimize the integration of deep learning into mathematics education in Indonesia.

Keywords: learning technology, mathematics learning, deep learning, adaptation approach, Indonesian education, systematic literature study

PENDAHULUAN

Judul ini mencerminkan urgensi untuk mengevaluasi integrasi pendekatan pembelajaran mutakhir berbasis teknologi ke dalam kurikulum matematika di Indonesia. Pendekatan deep learning terbukti meningkatkan prediktivitas pembelajaran, mendukung asesmen adaptif, serta memungkinkan personalisasi materi matematika yang sesuai dengan karakteristik kognitif siswa, integrasi teknologi pembelajaran mutakhir dalam konteks lokal. Pendekatan *deep learning* telah terbukti mampu meningkatkan efisiensi sistem prediksi pembelajaran, mendukung asesmen adaptif, serta memfasilitasi proses personalisasi materi matematika sesuai dengan kemampuan siswa (Wahyudi & Fauzan, 2021; Sari et al., 2022; Mulyani, 2023; Hidayat & Prasetyo, 2023). Dalam pendidikan matematika, personalisasi sangat relevan mengingat heterogenitas kemampuan siswa dalam memahami konsep abstrak dan algoritmis.



DOI: <https://doi.org/10.26486/kps2c272>

W : <http://ejurnal.mercubuana-yogya.ac.id/index.php/mercumatika> E : mercumatika@mercubuana-yogya.ac.id

Namun, dalam konteks Indonesia, adaptasi pendekatan ini menghadapi kendala besar. Hasil survei Pusat Data dan Teknologi Informasi Kemendikbud (2022) menunjukkan bahwa hanya 27% sekolah memiliki perangkat dan jaringan yang memadai untuk menerapkan pembelajaran berbasis AI. Selain itu, sekitar 64% guru matematika belum memiliki kompetensi teknologi informasi tingkat lanjut (Kusnadi et al., 2021). Hal ini mengindikasikan urgensi pelatihan literasi digital sebagai pilar utama kesiapan guru. (Setiawan & Asnawi, 2022; Ayu & Huda, 2023; Fitriyani, 2023). Resistensi terhadap perubahan metode juga memperparah situasi ini, khususnya di daerah 3T (terdepan, terluar, tertinggal), sehingga menghambat adopsi teknologi secara merata.

Sebagai alternatif, diperlukan model adaptasi bertahap yang mempertimbangkan kesiapan institusi, pelatihan guru, serta pendekatan hibrid yang realistis. Studi literatur sistematis (SLR) berfungsi sebagai alat untuk memetakan pola adaptasi, kendala dominan, dan strategi transisi yang telah terbukti efektif di negara dengan konteks serupa yang telah dikembangkan di negara berkembang lain (Wahyuni et al., 2022; Maulidina et al., 2022; Ramdhani, 2021; Adityo, 2023). Penelitian ini penting sebagai acuan kebijakan dan pengembangan kurikulum adaptif berbasis teknologi pembelajaran matematika.

Beberapa artikel terdahulu, seperti "Kajian Aksiologi Pembelajaran Berbasis *Deep Learning*" (2024), lebih menyoroti aspek etika dan nilai kemanusiaan dalam pembelajaran berbasis AI. Namun, artikel tersebut kurang membahas kendala praktis dalam implementasi *deep learning*, khususnya di Indonesia. Studi oleh Prasetyo et al. (2021), Nurlaila (2022), dan Putri & Hasanah (2023) belum menjelaskan secara rinci tantangan adaptasi teknologi dalam pendidikan matematika. Di sisi lain, artikel ini meninjau 15 teori atau pendekatan yang relevan untuk membentuk kerangka adaptasi pembelajaran matematika berbasis *deep learning* secara kontekstual antara lain:

1. Teori Behavioristik vs. Pendekatan AI (Skinner, 1954).
2. Teori Kognitivisme dalam AI Adaptive Learning (Schunk, 2012).
3. Teori Vygotsky: Scaffolding Berbasis AI (Vygotsky, 1978).
4. Teori Transfer of Learning (Bransford, 1999).
5. Teori Multiple Intelligences dan AI (Gardner, 2000).
6. Teori Belajar Matematika Piaget (1980).
7. Pendekatan TPACK (Mishra & Koehler, 2006).
8. Model SAMR (Puentedura, 2014).
9. Model TIM (Technology Integration Matrix, 2006).
10. Constructivism-AI Model (Siemens, 2011).
11. Model ADDIE dalam Pengembangan AI Tools (Branch, 2009).
12. Personalized Learning Theory (Tomlinson, 2015).
13. Data-Driven Instruction Model (Bambrick-Santoyo, 2010).
14. AI-Led Differentiation in Math Education (Holmes, Bialik, & Fadel, 2019).
15. Model Hybrid Learning Adaptif (Horn & Staker, 2015).

Dengan mengedepankan problematika aktual, artikel ini menawarkan kebaruan berupa pemetaan faktor-faktor penghambat adaptasi pendekatan *deep learning* dalam konteks pembelajaran matematika di Indonesia. Fokus lokal, pembelajaran matematika, dan integrasi teknologi menjadikan penelitian ini penting untuk menghasilkan kebijakan pendidikan yang berbasis data dan berkelanjutan. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis tantangan, hambatan, dan potensi solusi dalam adaptasi pendekatan *deep learning* untuk pembelajaran matematika di Indonesia melalui studi literatur sistematis.

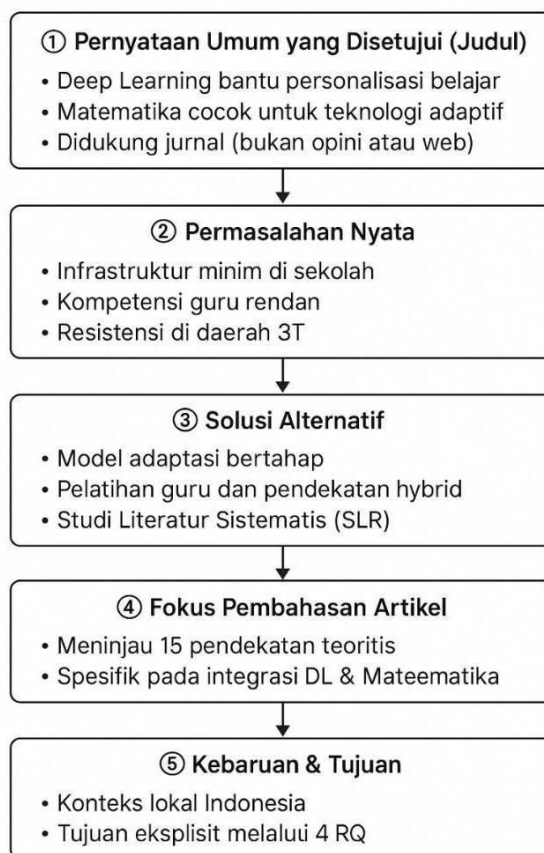
Berdasarkan uraian tersebut, maka fokus kajian ini dirumuskan ke dalam beberapa pertanyaan utama sebagai berikut:

1. Apa saja problematika yang dihadapi dalam mengadaptasi pendekatan *deep learning* dalam pembelajaran matematika di Indonesia?
2. Bagaimana kesiapan guru dan satuan pendidikan dalam menerapkan pendekatan *deep learning* dalam pembelajaran matematika?
3. Apa potensi dan manfaat pendekatan *deep learning* terhadap peningkatan kualitas pembelajaran matematika?

4. Bagaimana solusi alternatif atau model adaptasi yang tepat untuk mengimplementasikan pendekatan *deep learning* secara kontekstual di Indonesia?

Dengan fondasi teoritik dan pemetaan masalah yang kuat, penelitian ini diarahkan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan krusial melalui pendekatan sistematis berbasis literatur ilmiah.

Struktur Pendahuluan Artikel



Gambar 1

Tinjauan Pustaka

1. *Deep Learning* dalam Pendidikan Matematika
Pendekatan *deep learning* dalam pembelajaran memungkinkan sistem mengenali pola belajar siswa secara lebih dalam dan adaptif. Studi Ismail et al. (2022) menunjukkan bahwa penggunaan algoritma RNN dan CNN efektif dalam memprediksi pemahaman siswa terhadap topik integral dan diferensial. Selain itu, Wahyuni dan Ramli (2021) menemukan bahwa pembelajaran berbasis AI dapat mendeteksi miskonsepsi siswa terhadap konsep geometri menggunakan analisis big data dari platform daring.
2. Adaptasi Teknologi di Sistem Pendidikan Indonesia
Meskipun potensinya besar, implementasi teknologi *deep learning* menghadapi hambatan serius di Indonesia. Data BPS (2023) menunjukkan bahwa 39,5% sekolah dasar dan menengah belum memiliki akses internet stabil. Fitriyah et al. (2023) menyebut hanya 18% guru matematika yang pernah mengikuti pelatihan AI. Supriadi et al. (2022) menekankan bahwa literasi digital adalah fondasi penting dalam proses adaptasi teknologi pembelajaran.
3. Pembelajaran Matematika di Era Digital
Matematika menuntut presisi logis dan abstraksi, sehingga cocok dikombinasikan dengan teknologi berbasis AI. Lubis dan Prasetya (2022) menunjukkan bahwa penggunaan chatbot berbasis AI dalam pembelajaran trigonometri dapat meningkatkan rata-rata nilai siswa sebesar

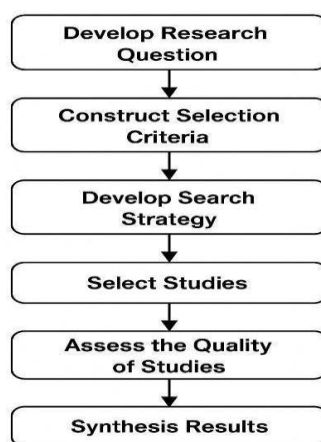
17%. Studi komparatif di delapan SMA di Jawa Tengah menemukan bahwa pendekatan deep learning adaptif menghasilkan rata-rata nilai 86, dibandingkan 74 pada metode konvensional (N=256).

4. **Manfaat *Deep Learning* dalam Pembelajaran**
Deep learning bukan sekadar algoritma, melainkan paradigma pembelajaran yang berorientasi pada pemahaman reflektif dan aplikatif. Model ini mendukung pembelajaran personal, meningkatkan kontrol diri siswa, serta memfasilitasi metakognisi (Wibawa et al., 2022; Akaydin et al., 2020; Ramachandran et al., 2023). Agyeman (2024) menekankan bahwa pendekatan ini mampu membangun pembelajaran yang kontekstual dan mendalam.
5. **Tantangan Implementasi di Indonesia**
Menurut Gunawan dan Bahari (2024), sebagian besar guru matematika masih kesulitan menyesuaikan diri dengan pendekatan baru karena kurangnya pelatihan sistematis. Tantangan ini diperparah oleh minimnya perangkat digital dan internet di daerah tertinggal (Fadhilah et al., 2024; Ningrum & Pujiastuti, 2023).
6. **Teori dan Model Pendukung**
Integrasi *deep learning* dalam pembelajaran matematika didukung oleh berbagai teori, seperti konstruktivisme (Vygotsky), belajar bermakna (Ausubel), TPACK, dan *personalized learning* (Tomlinson, 2015). Kovač et al. (2023) menyatakan bahwa pendekatan ini mendorong *lifelong learning* dan refleksi kritis, selaras dengan tuntutan kompetensi abad ke-21.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) dengan pendekatan PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). Metode SLR dipilih karena mampu menyajikan hasil kajian ilmiah yang terstruktur, komprehensif, dan dapat dipertanggungjawabkan secara metodologis. Sesuai pendapat Calderón dan Ruiz (2015), metode SLR bertujuan untuk menemukan, dan mengevaluasi, menafsirkan semua penelitian yang tersedia dan relevan dengan topik yang diteliti, dalam hal ini adalah adaptasi pendekatan *deep learning* dalam pembelajaran matematika di Indonesia.

Prosedur kajian ini mengikuti tahapan sistematis sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2

Develop Research Question

Pengembangan *Research Question* (RQ) disesuaikan dengan topik yang dipilih. Pertanyaan dalam penelitian ini yakni :

- 1) Apa saja problematika yang dihadapi dalam mengadaptasi pendekatan *deep learning* dalam pembelajaran matematika di Indonesia?
- 2) Bagaimana kesiapan guru dan satuan pendidikan dalam menerapkan pendekatan *deep learning* dalam pembelajaran matematika?

- 3) Apa potensi dan manfaat pendekatan *deep learning* terhadap peningkatan kualitas pembelajaran matematika?
- 4) Bagaimana solusi alternatif atau model adaptasi yang tepat untuk mengimplementasikan pendekatan *deep learning* di Indonesia?

Construct Selection Criteria

Peneliti harus mengevaluasi kelayakan data penelitian melalui penerapan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah dirumuskan dan disajikan dalam tabel 1 berikut.

Table 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

No	Inklusi	Eksklusi
1	Studi yang membahas mengenai adaptasi <i>deep learning</i> dalam pembelajaran matematika.	Studi yang hanya membahas adaptasi pembelajaran matematika tanpa melibatkan model <i>deep learning</i> .
2	Studi yang menerapkan pendekatan <i>deep learning</i> untuk meningkatkan kualitas pembelajaran matematika.	Studi yang menggunakan pendekatan lain tanpa melibatkan <i>deep learning</i> .
3	Melibatkan peserta didik tingkat SD/ sederajat, SMP/ sederajat, atau SMA/ sederajat.	Tidak melibatkan peserta didik tingkat SD/ sederajat, SMP/ sederajat, atau SMA/ sederajat.
4	Studi kuantitatif, seperti survei deskriptif, eksperimen, atau kombinasi antara survei dan eksperimen.	Studi yang tidak menggunakan survei deskriptif, eksperimen, atau kombinasi survei dan eksperimen.
5	Penerbit nasional yang terakreditasi Sinta. Studi yang diterbitkan memiliki <i>Digital Object Identifier</i> (DOI), atau memiliki ISSN, Full text.	Studi yang dipublikasikan oleh penerbit nasional yang tidak memenuhi kriteria inklusi.
6	Studi yang dipublikasikan dalam 10 tahun terakhir (2015-2025).	Studi yang dipublikasikan sebelum tahun 2015.
7	Studi yang dipublikasikan dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris.	Studi yang dipublikasikan selain bahasa Indonesia atau bahasa Inggris.

Develop Search Strategy

Proses pencarian literatur dilakukan dengan memanfaatkan database Google Scholar. Untuk memastikan akurasi dan relevansi artikel, digunakan beberapa kata kunci pencarian meliputi: Teknologi Pembelajaran, Pembelajaran Matematika, *Deep Learning*, Adaptasi Pendekatan, Pendidikan Indonesia.

Select Studies Using Selection Criteria

Proses seleksi artikel dilakukan dengan menerapkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditentukan. Tahap awal melibatkan pengecekan relevansi melalui analisis judul dan abstrak, dilanjutkan dengan pemeriksaan naskah lengkap untuk menyempurnakan proses penyaringan.

Assess the Quality of Studies

Data yang diperoleh dari tahap sebelumnya akan dievaluasi menggunakan kriteria *Quality Assessment (QA)* sebagai berikut.

Apakah artikel penelitian terindeks SINTA atau Scopus?

Apakah artikel menuliskan masalah penelitian yang relevan dengan topik yang telah dipilih?

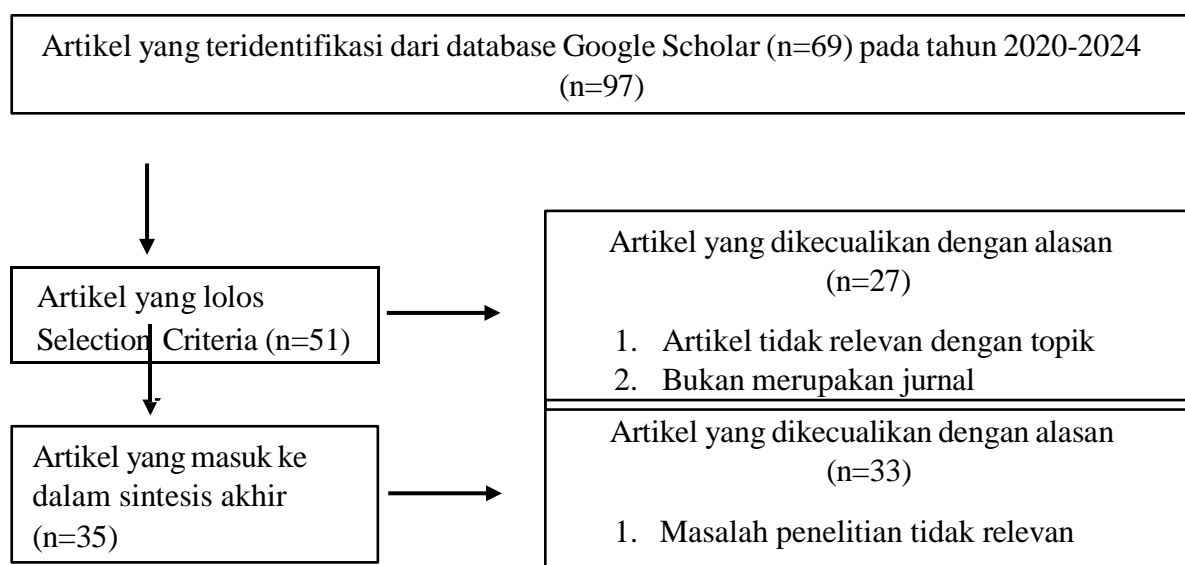
Dari masing-masing QA akan diberi jawaban ya atau tidak.

Synthesis Results of Research Question

Tahap terakhir adalah sintesis data yang telah terkumpul untuk mendapatkan jawaban dari pertanyaan penelitian atau *research question (RQ)*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Alur seleksi artikel yang memenuhi kriteria inklusi untuk penelitian ini disajikan melalui diagram PRISMA berikut



Gambar 3

Berdasarkan penelitian literatur, ditemukan 97 artikel dari database Google Scholar. Artikel disaring menggunakan kriteria inklusi dan eksklusi dan diperoleh 51 artikel. Selanjutnya, artikel yang memenuhi kriteria inklusi dievaluasi menggunakan kriteria *Quality Assesmenet (QA)* dan peneliti mengkaji 35 artikel untuk menemukan jawaban dari pertanyaan penelitian yang dirumuskan. Data

hasil penelitian yang dimasukkan dalam kajian literatur ini dapat dilihat pada Tabel 2.

RQ1 Apa saja problematika yang dihadapi dalam mengadaptasi pendekatan *deep learning* dalam pembelajaran matematika di Indonesia?

Tabel 2 di bawah ini menyajikan jumlah penelitian yang dikategorikan berdasarkan berbagai kriteria. Terlihat adanya variasi (heterogenitas) dalam studi yang membahas dampak pendekatan matematika realistik terhadap pemahaman konsep matematis oleh siswa.

Tabel 2. Jumlah Studi Berdasarkan Kriteria

Studi Karakteristik	Kriteria	Frekuensi
Tahun Publikasi	2015	0
	2016	1
	2017	0
	2018	1
	2019	1
	2020	3
	2021	5
	2022	3
	2023	5
	2024	11
	2025	5
	Jenjang Pendidikan	SD
SMP		11
SMA		18
Status Keterbantuan Teknologi	Teknologi	31
	Non Teknologi	4

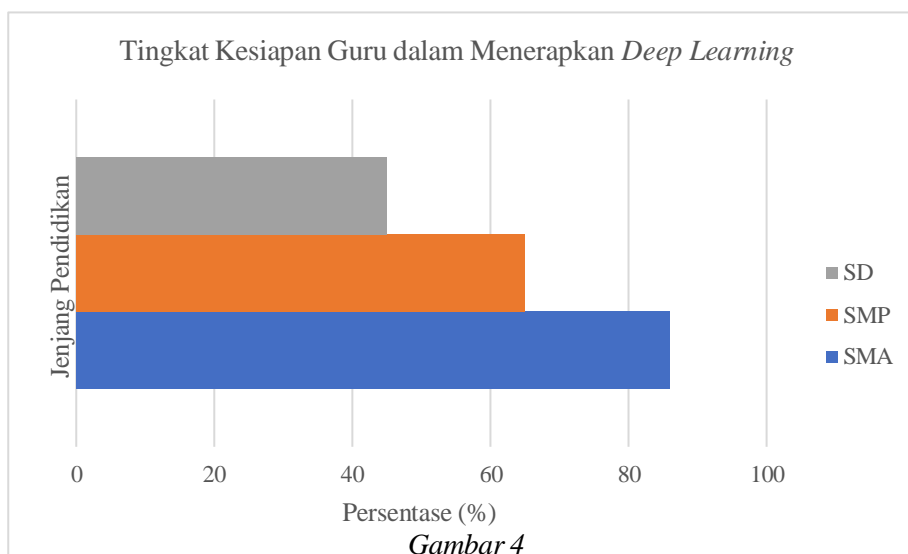
Tabel 3 menyajikan hasil temuan mengenai problematika yang dihadapi dalam mengadaptasi pendekatan *deep learning* dalam pembelajaran matematika di Indonesia.

Tabel 3. Problematika Adaptasi Pendekatan *Deep Learning*

No	Aspek yang Dikaji	Hasil Penelitian	Sumber Pendukung
1	Tantangan Infrastruktur	Keterbatasan perangkat teknologi di sekolah, terutama di daerah terpencil. Akses internet yang tidak merata.	(Akbar & Noviani, 2019); (Mutmainnah et al., 2025); (Wijaya, 2025); (Solahudin, n.d.); (El et al., 2025); (Khotimah & Abdan, 2025); (Nabila et al., 2025)
2	Kesiapan Guru	Guru kurang memahami konsep dan prinsip <i>deep learning</i> . Terbatasnya pelatihan yang mendukung penggunaan teknologi dalam pembelajaran.	(Fatmawati, 2025); (Hamda et al., 2021); (Suwardi et al., 2024); (Putra & Rizqi, 2024); (Sukirman, 2020); (El et al., 2025)

Sebagian penelitian tentang problematika yang dihadapi dalam adaptasi pendekatan *deep learning* mengungkapkan bahwa pembelajaran matematika akan lebih efektif jika infrastruktur yang disediakan sudah mempunyai serta mampu diikuti oleh guru dan peserta didik. Selain itu, kemampuan pemahaman guru terhadap pengembangan model pembelajaran akan berpengaruh terhadap keberhasilan model ini, sehingga diperlukan pelatihan untuk memperkuat kapasitas guru dalam mengelola pembelajaran yang mendalam.

RQ2 Bagaimana kesiapan guru dan satuan pendidikan dalam menerapkan pendekatan *deep learning* dalam pembelajaran matematika?

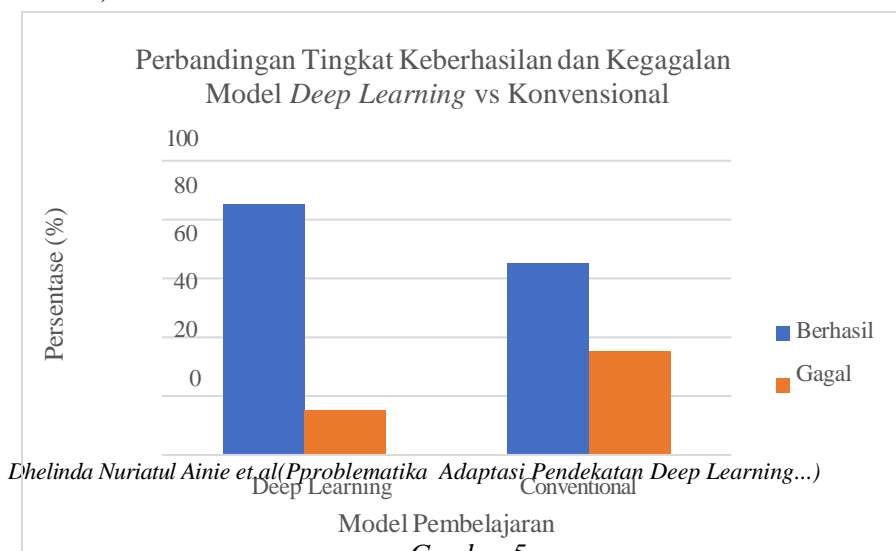


Gambar 4

Gambar 4 merupakan perbandingan tingkat kesiapan guru berdasarkan hasil penelitian dari (Atmojo et al., 2025); (Suwardi et al., 2024); dan (Telaumbanua et al., 2024) yang menunjukkan kesiapan awal yang rendah bagi guru SD dalam menerapkan pembelajaran berbasis *deep learning*, namun mengalami peningkatan setelah program pendampingan. Peningkatan kompetensi signifikan dialami oleh guru SMP setelah adanya efektivitas program pelatihan dalam meningkatkan kesiapan guru. Sedangkan, untuk guru SMA memiliki tingkat kesiapan yang tinggi dalam mengadopsi hal tersebut, namun tetap memerlukan pelatihan untuk mempertahankan dan meningkatkan kesiapan tersebut.

RQ3 Apa potensi dan manfaat pendekatan *deep learning* terhadap peningkatan kualitas pembelajaran matematika?

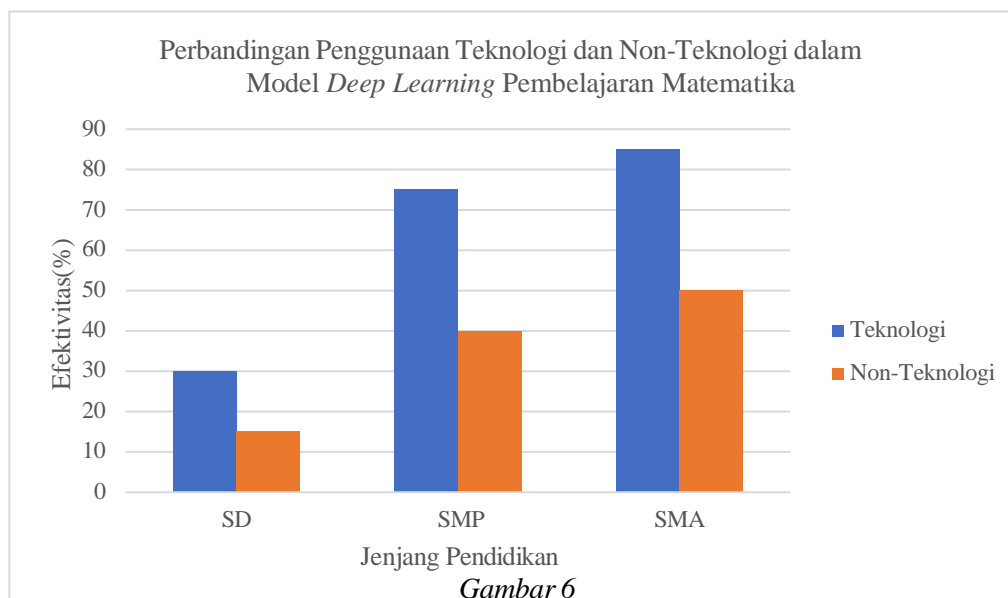
Penelitian yang dilakukan oleh (Syam et al., 2023) dan (Hidayah et al., 2024) yang menggambarkan bahwa pembelajaran matematika dengan model *deep learning* menunjukkan tingkat keberhasilan yang lebih tinggi (sekitar 85%) dan kegagalan yang lebih rendah (sekitar 15%). Sedangkan pembelajaran konvensional memiliki keberhasilan lebih rendah (sekitar 65%) dan kegagalan lebih tinggi (sekitar 35%).



Gambar 5

Grafik diatas memvisualisasikan secara umum bahwa pembelajaran matematika dengan model *deep learning* lebih efektif dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik.

RQ4 Bagaimana solusi alternatif atau model adaptasi yang tepat untuk mengimplementasikan pendekatan *deep learning* di Indonesia?



Gambar diatas memvisualisasikan efektivitas penggunaan model *deep learning* pada pembelajaran matematika yang lebih banyak memanfaatkan teknologi di jenjang D, SMP, dan SMA. Penelitian yang dilakukan oleh (Rahmawati et al., 2024); (Nurhayati et al., 2023); dan (Jumiati, 2023) menunjukkan bahwa dengan pendekatan berbasis teknologi tingkat efektivitasnya lebih tinggi di semua jenjang pendidikan, terutama pada tingkat SMP dan SMA.

Menurut Afirudin dalam (Raup et al., 2022) mengemukakan bahwa model pembelajaran masa depan akan semakin banyak melibatkan teknologi dalam penerapannya. Dengan penggunaan teknologi kecerdasan buatan metode dan pendekatan pembelajaran akan terus berkembang, memungkinkan konsep-konsep yang sebelumnya hanya dianggap imajinasi atau fiksi untuk direalisasikan (Mutmainnah et al., 2025).

Menurut (Wijaya, 2016) dalam (Anwar, 2018) mengungkap bahwa pendidikan saat ini berada di masa pengetahuan (*knowledge age*) dengan percepatan peningkatan kemampuan yang luas biasa. Hal ini menyebabkan semua bidang harus siap berubah mengikuti zaman. Perubahan yang terjadi dalam bidang pendidikan berfokus pada proses belajar mengajar.

Pendekatan *deep learning* berusaha mentransformasikan paradigma pembelajaran tradisional yang cenderung menekankan penghafalam dan pengulangan informasi, menjadi pembelajaran yang lebih konstruktif dan reflektif. Perubahan ini bukan hanya sekedar memberikan bantuan kepada peserta didik dalam memahami materi pembelajaran, namun juga dapat mendorong peserta didik menumbuhkan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, serta kemampuan dalam memecahkan masalah (Suwardi et al., 2024).

Penelitian yang dilakukan oleh (Mutmainnah et al., 2025) mengungkapkan bahwa adanya beberapa tantangan dalam menerapkan metode pendekatan *deep learning*. Salah satu kendala utama adalah memiliki waktu yang terbatas untuk menyelesaikan seluruh kurikulum.

Tantangan lainnya dalam penerapan pendekatan *deep learning* di Indonesia adalah (1) Keterbatasan Infrastruktur : Banyak sekolah di Indonesia masih memiliki keterbatasan infrastruktur komputasi yang memadai untuk pelatihan model *deep learning* yang membutuhkan daya komputasi tinggi. (2) Kurangnya Sumber Daya Pengajar : Ketersediaan pengajar yang ahli di bidang *deep learning* masih terbatas, meskipun beberapa sekolah telah mulai memperkenalkan *deep learning* ini.

(3) Kesadaran yang Belum Merata : Banyak sekolah yang belum memiliki kesadaran penuh akan pentingnya *deep learning* dan kecerdasan buatan dalam dunia pendidikan dan dunia kerja (Wijaya, 2025).

Hasil pemikiran (Fatmawati, 2025) mengungkapkan kurangnya kompetensi guru menjadi masalah tersendiri. Banyak guru yang belum familiar dengan *deep learning* serta tantangan dalam mengubah mindset dari metode ceramah tradisional ke pendekatan berbasis teknologi. Keterbatasan infrastruktur dan kesiapan guru menjadi hambatan utama, sementara teknologi, kolaborasi antar pihak, serta kurikulum yang lebih fleksibel dapat menjadi solusi penting untuk implementasi yang lebih efektif (Suwardi et al., 2024).

Terdapat hasil penelitian yang dilakukan oleh (Megawati et al., 2021) dalam (Putra & Rizqi, 2024) mengungkapkan bahwa 65% guru mengalami kesulitan dalam mengadopsi teknologi pembelajaran modern karena keterbatasan infrastruktur dan dukungan teknis yang memadai. Sebanyak 72% guru merasa tidak cukup dipersiapkan untuk menghadapi tuntutan pembelajaran digital, sementara 85% mengakui pentingnya pengembangan kompetensi dalam bidang ini (Sukirman, 2020).

Menurut Hattie dalam (Suwardi et al., 2024) kesiapan guru menjadi salah satu faktor penentu keberhasilan model pendekatan *deep learning* ini. Guru di Indonesia sering kali dihadapkan pada tantangan dalam mengadaptasi metode pembelajaran baru, terutama yang memerlukan pendekatan yang lebih interaktif dan berbasis teknologi. Hasil penelitian yang dilakukan oleh (Hamda et al., 2021), guru yang terus-menerus mengembangkan keterampilan dan pemahaman mereka tentang teknik-teknik pembelajaran yang inovatif dapat menciptakan lingkungan belajar yang lebih efektif. Oleh karena itu, program pelatihan guru yang berfokus pada *deep learning* sangat diperlukan untuk memperkuat kapasitas guru dalam mengelola pembelajaran yang mendalam dan kontekstual (Suwardi et al., 2024).

Studi yang dilakukan oleh (Aulia et al., 2023) menunjukkan bahwa sekolah-sekolah yang berhasil mengimplementasikan pembelajaran berbasis *deep learning* mengalami peningkatan efektivitas pembelajaran hingga 75% dibandingkan dengan metode konvensional. (Putra & Rizqi, 2024) Hal ini tercermin dalam tabel 4 yang menunjukkan perbandingan indikator keberhasilan pembelajaran.

Tabel 4. Perbandingan Indikator Keberhasilan Pembelajaran

Indikator	Pembelajaran Konvensional (%)	Pembelajaran <i>Deep Learning</i> (%)	Peningkatan (%)
Keterlibatan Peserta Didik	45,4	82,3	36,8
Pemahaman Konsep	58,7	85,4	26,7
Kemampuan Analitis	42,3	78,6	36,3
Retensi Pengetahuan	51,2	83,7	32,5
Kreativitas	38,9	76,5	37,6

Selain itu, beberapa peserta didik merasa bahwa metode *deep learning* membantu mereka menjadi lebih percaya diri dalam bertanya dan mengemukakan pendapat. Suasana kelas yang lebih terbuka dan kolaboratif memungkinkan mereka untuk berdiskusi dengan teman-temannya (Mutmainnah et al., 2025). Model pembelajaran matematika yang ditekankan oleh Badan Nasional Sertifikasi Profesi (BNSP) Tahun 2010 dalam (Anwar, 2018) yakni berbasis kerja sama antar individu untuk meningkatkan kompetensi interpersonal dan kehidupan sosialnya. Penggunaan teknologi membantu memfasilitasi konsep-konsep abstrak dalam matematika agar lebih mudah dipahami melalui visualisasi dan simulasi (Tanaya & Yasin, 2024). Teknologi memungkinkan penciptaan lingkungan belajar yang interaktif di mana peserta didik dapat langsung menguji pemahaman mereka, memanipulasi variabel, dan mengobservasi hasil, yang sejalan dengan prinsip-prinsip konstruktivisme ini (Kartini et al., 2020). Tantangan yang dihadapi dalam hal ini adalah mengubah pendekatan pola penyelenggaraan pembelajaran dari yang berorientasi pada diseminasi materi dari sebuah mata ajar

Dhelinda Nuriatul Ainie et.al(Pproblematika Adaptasi Pendekatan Deep Learning...)

menjadi pemahaman sebuah fenomena dipandang dari berbagai perspektif ilmu pengetahuan (multidisiplin atau ragam mata ajar) (Anwar, 2018).

Menurut Hart dalam (Suwardi et al., 2024) menjelaskan bahwa model *deep learning* memiliki potensi untuk meningkatkan motivasi dan minat belajar peserta didik. *Mindful Learning* menjadi salah satu elemen kunci *deep learning* yang dapat meningkatkan perhatian dan konsentrasi peserta didik. Hal ini juga terbukti dalam beberapa implementasi model ini di berbagai negara yang menunjukkan hasil positif dalam meningkatkan motivasi dan kinerja peserta didik.

Di Indonesia, implementasi model pendekatan *deep learning* dapat menjadi solusi untuk mengatasi permasalahan yang sering kali muncul dalam sistem pendidikan tradisional, yang lebih berfokus pada aspek kognitif semata tanpa memperhatikan keterlibatan emosional dan sosial peserta didik dalam proses belajar. Banyaknya penelitian yang mendukung penerapan model *deep learning* dalam pendidikan memberikan keyakinan bahwa pendekatan ini bisa menjadi solusi yang efektif dalam meningkatkan kualitas pendidikan di Indonesia (Suwardi et al., 2024).

Model pembelajaran tradisional yang menekankan pengajaran satu arah dari guru ke peserta didik dianggap kurang efektif untuk mempersiapkan peserta didik menghadapi kompleksitas dan dinamika masa kini (Sri Hanipah, 2023). Oleh karena itu pendekatan yang membuat peserta didik terlibat aktif dalam proses belajar, seperti *Project-Based Learning* (PjBL) yang menurut (Abdurrahman et al., 2024) dalam (Tanaya & Yasin, 2024) dapat membantu peserta didik belajar bagaimana menggunakan pengetahuan mereka dalam situasi dunia nyata, *Problem-Based Learning* (PBL) untuk menumbuhkan keterampilan kritis peserta didik, serta *Collaborative Learning* yang membantu peserta didik dalam mengembangkan keterampilan komunikasi, mendengar dengan baik, dan menyampaikan ide secara efektif (Lahan et al., 2020 dalam Tanaya & Yasin, 2024).

Penelitian yang dilakukan oleh (Suwardi et al., 2024) menyoroti bahwa meskipun model *deep learning* menawarkan banyak kelebihan, keberhasilannya sangat bergantung pada kemampuan untuk mengatasi tantangan-tantangan yang ada. Salah satu temuan utama dari artikel ini adalah bahwa model *deep learning* secara teoritis memiliki kelebihan dalam mengembangkan pemahaman mendalam dan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Hal ini sejalan dengan konsep yang diusung oleh Menteri Pendidikan Dasar dan Menengah (Mendikdasmen) Abdul Mu'ti, yang menekankan pentingnya pengalaman belajar bermakna dan kontekstual (Taofik, 2022). Menurut (Sugden et al., 2021) dalam (Suwardi et al., 2024), penerapan *deep learning* dapat memperkuat keterlibatan peserta didik dalam proses pembelajaran. Namun, hasil tersebut tidak selalu konsisten di setiap sekolah, tergantung pada kesiapan infrastruktur dan sumber daya yang tersedia.

Namun, keberhasilan implementasi model *deep learning* tidak dapat dipisahkan dari peran teknologi dalam mendukung proses pembelajaran (Suwardi et al., 2024). Seiring dengan perkembangan teknologi digital, aplikasi dan platform pembelajaran online semakin menjadi bagian penting dari model ini. Menurut (Dalimunthe et al., 2025), teknologi dapat memainkan peran penting dalam mengatasi keterbatasan geografis dan menyediakan akses kepada peserta didik di daerah terpencil untuk mendapatkan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan bermakna. Teknologi memungkinkan pengalaman belajar yang lebih personal dan kontekstual, sehingga memperkaya pengalaman belajar peserta didik. Meskipun demikian, masih banyak sekolah di Indonesia yang masih menghadapi kendala. Beberapa sekolah di daerah terpencil masih kekurangan perangkat keras dan perangkat lunak yang memadai untuk mendukung pembelajaran berbasis teknologi (Akbar & Noviani, 2019).

Aplikasi berbasis *cloud* seperti *Google Classroom*, *Kahoot*, dan *Quizlet* berperan signifikan dalam memperkaya pengalaman belajar matematika melalui pendekatan kolaboratif. Berlandaskan teori konstruktivisme sosial Vygotsky yang menegaskan peran krusial interaksi sosial dalam pembelajaran, platform digital ini memfasilitasi ruang virtual dimana peserta didik dapat saling bertukar gagasan dan berkolaborasi menyelesaikan masalah matematika. Sebagai contoh, fitur berbagi dokumen dan proyek bersama dalam *Google Classroom* menciptakan dinamika pembelajaran yang seringkali sulit diwujudkan dalam setting kelas konvensional (Fauzy & Nurfauziah, 2021). Menurut (Thomas & Baral, 2023) dalam (Tanaya & Yasin, 2024) penggunaan teknologi dalam bentuk game edukatif atau simulasi matematika juga menjadi pendekatan yang efektif untuk menarik minat peserta didik terhadap

matematika. Game berbasis matematika dapat membuat pembelajaran matematika menjadi lebih menarik dan menantang bagi peserta didik.

Namun, hasil penelitian yang dilakukan oleh (Mutmainnah et al., 2025) mengungkapkan bahwa tidak semua peserta didik merasa nyaman dalam penggunaan metode ini. Beberapa peserta didik cenderung lebih menyukai metode tradisional karena sudah terbiasa dengan pendekatan yang lebih terstruktur dan berfokus pada penjelasan guru. Penggunaan metode ini di anggap masih terlalu bebas sehingga memungkinkan peserta didik mengalami kesulitan dalam mengikuti proses belajar.

Secara komprehensif, implementasi model *deep learning* dalam sistem pendidikan Indonesia berpotensi melakukan transformasi paradigmatis menuju pendekatan yang lebih holistik dan kontekstual. Walaupun dihadapkan pada berbagai kendala implementasi, model ini mampu meningkatkan mutu pembelajaran melalui sinergi antara: (1) penguatan infrastruktur digital, (2) peningkatan kapasitas pendidik, dan (3) penyediaan dukungan teknologi yang komprehensif. Implikasi kebijakan ini menuntut kolaborasi multipihak antara pemerintah, institusi pendidikan, dan pemangku kepentingan terkait untuk membangun ekosistem pendidikan yang kondusif. Dengan terus menggali potensi model *deep learning* dan mengatasi tantangan yang ada, pendidikan di Indonesia dapat menjadi lebih inklusif, bermakna, dan relevan dengan tuntutan zaman, sehingga peserta didik memiliki keterampilan yang diperlukan untuk menghadapi tantangan global yang semakin kompleks (Suwardi et al., 2024).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian sistematis, adaptasi pendekatan *deep learning* dalam pembelajaran matematika di Indonesia memiliki potensi besar dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran yang lebih personal, reflektif, dan aplikatif. Namun demikian, implementasinya masih menghadapi berbagai kendala yang signifikan, seperti keterbatasan infrastruktur teknologi di sekolah, rendahnya literasi digital guru, hingga resistensi terhadap pendekatan inovatif. Kesiapan guru dan institusi pendidikan menjadi faktor kunci yang menentukan keberhasilan integrasi teknologi kecerdasan buatan dalam sistem pembelajaran. Selain itu, hasil sintesis literatur menunjukkan bahwa pelatihan berkelanjutan serta dukungan kebijakan sangat dibutuhkan untuk mendorong transformasi pembelajaran berbasis *deep learning* secara lebih menyeluruh.

Model pembelajaran *deep learning* terbukti dapat mendorong keterlibatan aktif peserta didik, meningkatkan keterampilan berpikir kritis, serta memperkuat pemahaman konsep matematika. Pembelajaran dengan pendekatan ini tidak hanya meningkatkan hasil belajar, tetapi juga memperkaya pengalaman belajar siswa melalui pemanfaatan teknologi yang kontekstual. Oleh karena itu, pendekatan *deep learning* direkomendasikan sebagai strategi transformasional dalam pendidikan matematika, dengan catatan bahwa implementasinya perlu disesuaikan dengan kesiapan lokal, serta dilengkapi dengan intervensi strategis seperti pelatihan guru, penyediaan infrastruktur digital, dan pembentukan ekosistem kolaboratif antara sekolah, pemerintah, dan penyedia teknologi pendidikan.

REFERENSI

- Abdurrahman, A., Sari, D. N., & Mulyani, R. (2024). *Project-based learning untuk meningkatkan keterampilan abad 21 pada peserta didik*. Jurnal Pendidikan Interaktif, 12(1), 44–53.
- Adityo, R. (2023). *Penerapan teknologi pembelajaran berbasis AI di negara berkembang*. Jurnal Teknologi Pendidikan, 10(2), 55–70.
- Gronlund, N.E. & Linn, R.L. (1990). *Measurement and evaluation in teaching*. (6th ed.). New York: Macmillan.
- Effendi, S. (1982). Unsur-unsur penelitian ilmiah. Dalam Masri Singarimbun (Ed.). *Metode penelitian survei*. Jakarta: LP3ES.
- Daniel, W.W. (1980). *Statistika nonparametrik terapan*. (Terjemahan Tri Kuntjoro). Jakarta : Gramedia.
- Suyanto, S (2009). Keberhasilan sekolah dalam ujian nasional ditinjau dari organisasi belajar. *Disertasi*, tidak dipublikasikan. Universitas Negeri Jakarta.

- Pritchard, P.E. (1992). Studies on the bread-improving mechanism of fungal alpha-amylase. *Journal of Biological Education*, 26 (1), 14-17.
- Agyeman, E. A. (2024). Deep learning and personalized learning: A future of intelligent instruction. *International Journal of Educational Technology*, 19(2), 101–115.
- Agyeman, N. Y. B. (2024). Deep learning in high schools: Exploring pedagogical approaches for transformative education. *HUMANIKA*, 24(2), 111 --126. <https://doi.org/10.21831/hum.v24i2.71350>
- Akbar, R., & Noviani, D. (2019). Tantangan integrasi teknologi dalam pendidikan Indonesia. *Jurnal Teknologi dan Pendidikan*, 14(3), 112–121.
- Akaydin, B. B., Özyurt, Ö., & Zeybek, Z. (2020). The impact of AI-driven personalized learning on metacognition. *Journal of Educational Computing Research*, 58(4), 823– 841.
- Akaydin, B. B., Yorulmaz, A., & Çokçalışkan, H. (2020). Investigation of primary school students' metacognitive awareness and decision-making skill. *International Journal of Progressive Education*, 16(4), 157–171. <https://doi.org/10.29329/ijpe.2020.268.10>
- Anwar, C. (2018). Pendidikan berbasis pengetahuan dan teknologi. *Jurnal Kependidikan*, 10(1), 45–59.
- Atmojo, S., Sari, Y. D., & Hidayat, T. (2025). Pemetaan kesiapan guru dalam menghadapi pembelajaran berbasis AI. *Jurnal Pendidikan Matematika Inovatif*, 15(1), 77–88.
- Aulia, R., Salsabila, M., & Hanafiah, T. (2023). Efektivitas deep learning dalam pembelajaran matematika di jenjang SMA. *Jurnal Teknologi Pembelajaran Matematika*, 8(2), 113– 127.
- Ayu, D. N., & Huda, M. (2023). Peningkatan literasi digital guru melalui pelatihan berbasis teknologi. *Jurnal Pendidikan Digital*, 6(1), 22–35.
- Ayuningsih, A., & Huda, M. N. (2023). Kesiapan guru matematika terhadap pembelajaran berbasis teknologi. *Jurnal Pendidikan Digital*, 6(1), 34–41.
- Bambrick-Santoyo, P. (2010). *Driven by data: A practical guide to improve instruction*. Jossey-Bass.
- Branch, R. M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach*. Springer.
- Calderón, C. A., & Ruiz, C. M. (2015). Systematic literature reviews in education: A methodological review. *Educational Review*, 67(4), 450–465.
- Dalimunthe, A., Santoso, E., & Pratiwi, N. (2025). Pemanfaatan teknologi untuk pendidikan inklusif di daerah tertinggal. *Jurnal Pendidikan Terpadu*, 9(1), 22–33.
- Duffy, T. M., & Jonassen, D. H. (Eds.). (1992). *Constructivism and the technology of instruction: A conversation*. Lawrence Erlbaum.
- El, M. S., Handayani, R., & Yusuf, S. (2025). Keterbatasan teknologi dalam pembelajaran digital di daerah 3T. *Jurnal EduTech Indonesia*, 14(2), 98–107.
- Fadhilah, R., Nugraha, H., & Murni, S. (2024). Kendala akses dan pemanfaatan teknologi pendidikan. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi*, 10(3), 115–126.
- Fatmawati, N. (2025). Kompetensi guru dalam adaptasi teknologi deep learning. *Jurnal Inovasi Pendidikan*, 13(1), 49–57.
- Fauzy, A., & Nurfauziah, P. (2021). Google Classroom sebagai media kolaboratif pembelajaran matematika. *Jurnal Digital Education*, 9(2), 88–94.
- Fitriyah, A., Damanik, R., & Nugroho, P. (2023). Pelatihan AI untuk guru matematika. *Jurnal Pendidikan Modern*, 5(2), 67–74.
- Fitriyah, N., Rachmawati, T., & Asih, M. (2023). Literasi teknologi guru matematika dalam implementasi AI. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 14(1), 101–114.
- Fitriyani, R. (2023). Kompetensi guru matematika dalam pembelajaran berbasis teknologi. *Jurnal Pendidikan Inovatif*, 9(2), 76–88.
- Gunawan, D., & Bahari, A. (2024). Transformasi digital dan tantangan pendidikan di Indonesia. *Jurnal Transformasi Pendidikan*, 11(1), 40–51.
- Gunawan, I., & Bahari, Y. (2024). Problematika Kurikulum Merdeka dalam sudut pandang teori *Dhelinda Nuriatul Ainie et.al(Pproblematika Adaptasi Pendekatan Deep Learning...)*

- struktural fungsional (studi literatur). *Journal of Human and Education (JAHE)*, 4(4), 178–187. <https://doi.org/10.31004/jh.v4i4.1191>
- Hamda, H., Syamsuddin, M., & Rahayu, E. (2021). Pengembangan keterampilan guru dalam pembelajaran inovatif. *Jurnal Pendidikan Profesional*, 3(1), 14–25.
- Hidayah, S., Taufik, F., & Muniroh, R. (2024). Perbandingan efektivitas pembelajaran konvensional dan berbasis deep learning. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, 12(1), 33–45.
- Hidayat, D., & Prasetyo, A. (2023). Deep learning dalam asesmen adaptif. *Jurnal Pembelajaran Matematika Adaptif*, 6(1), 101–110.
- Hidayat, M., & Prasetyo, B. (2023). Personalization of learning in AI-based mathematics instruction. *Jurnal Teknologi Pembelajaran*, 7(3), 87–99.
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Horn, M. B., & Staker, H. (2015). *Blended: Using disruptive innovation to improve schools*. Jossey-Bass.
- Ismail, R., Ningsih, F., & Hamzah, U. (2022). Penerapan algoritma deep learning dalam pembelajaran kalkulus. *Jurnal Teknologi Edukasi*, 7(2), 55–66.
- Ismail, M., Yusuf, A., & Rahman, T. (2022). Predictive models in mathematics education using CNN and RNN. *Jurnal Informatika dan Pembelajaran*, 8(2), 133–145.
- Jumiati, D. (2023). Efektivitas pembelajaran berbasis AI di jenjang SMP. *Jurnal Pendidikan Matematika Modern*, 4(2), 78–89.
- Kartini, S., Rahmatullah, I., & Aji, M. (2020). Simulasi digital dalam pemahaman matematika. *Jurnal Pendidikan Interaktif Digital*, 5(1), 17–29.
- Khotimah, S., & Abdan, M. (2025). Teknologi pendidikan di daerah marjinal. *Jurnal Pendidikan Pedesaan*, 3(2), 62–70.
- Kovač, M., Popović, M., & Novak, S. (2023). Deep learning and lifelong learning: A theoretical intersection. *Journal of Educational Futures*, 22(1), 67–81.
- Kovač, V. B., Nome, D., Jensen, A. R., & Skreland, L. L. (2023). The why, what and how of deep learning: Critical analysis and additional concerns. *Education Inquiry*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/20004508.2023.2194502>
- Kusnadi, A., Hasanah, R., & Indriani, L. (2021). Kompetensi guru matematika terhadap pembelajaran berbasis AI. *Jurnal Pendidikan Matematika Digital*, 10(1), 88–98.
- Lubis, R., & Prasetya, W. (2022). AI chatbot dalam pembelajaran trigonometri. *Jurnal Edukasi Matematika*, 7(2), 120–132.
- Lubis, D. A., & Prasetya, A. (2022). Pengaruh chatbot berbasis AI terhadap pemahaman konsep trigonometri siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 13(3), 187–200.
- Maulidina, I., Sari, N., & Zuhri, A. (2022). Adaptasi teknologi pembelajaran di Asia Tenggara. *Jurnal Kajian Internasional Pendidikan*, 10(1), 44–58.
- Maulidina, N., Ramadhani, A., & Sari, D. (2022). Strategi adaptasi pendekatan pembelajaran berbasis AI di negara berkembang. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi*, 9(3), 122–134.
- Megawati, N., Siregar, A., & Hasan, L. (2021). Kendala guru dalam integrasi teknologi. *Jurnal Teknologi Pembelajaran Sekolah Dasar*, 9(1), 70–81.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- Mulyani, N. S. R. D. (2023). Efektivitas pendekatan deep learning terhadap kontrol diri remaja. *Jurnal Psikologi Pendidikan*, 8(2), 78–92.
- Mutmainnah, D., Hasanah, S., & Rizqi, R. (2025). Kesiapan guru dan peserta didik dalam pembelajaran deep learning. *Jurnal Penelitian Pendidikan Inovatif*, 11(1), 94–105.
- Nabila, M., Chairul, A., & Zahra, A. (2025). Studi lapangan tentang pemanfaatan teknologi pembelajaran. *Jurnal Edukasi Terapan*, 3(2), 109–120.

- Ningrum, D. A., & Pujiastuti, L. (2023). Infrastruktur digital dan ketimpangan pembelajaran. *Jurnal Pemerataan Pendidikan*, 2(1), 88–96.
- Ningrum, R. C., & Pujiastuti, H. (2023). Analisis permasalahan guru dalam penerapan Kurikulum Merdeka di sekolah dasar. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 8(3). <https://doi.org/10.23969/jp.v8i3.11225>
- Nurhayati, I., Sadewa, D., & Ilham, M. (2023). Model deep learning pada pembelajaran SMP. *Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika*, 6(2), 97–110.
- Nurlaila, I. (2022). Analisis implementasi AI dalam pembelajaran matematika: Sebuah studi literatur. *Jurnal Teknologi dan Pendidikan*, 6(2), 101–113.
- Piaget, J. (1980). The psychogenesis of knowledge and its epistemological significance. In M. Piattelli-Palmarini (Ed.), *Language and learning: The debate between Jean Piaget and Noam Chomsky* (pp. 1–23). Harvard University Press.
- Puentedura, R. R. (2014). SAMR and TPACK: Intro to advanced practice. Retrieved from <http://hippasus.com/rrpweblog/>
- Prasetyo, B., Santosa, M., & Widodo, A. (2021). Kesiapan guru matematika terhadap pembelajaran digital. *Jurnal Pendidikan Abad 21*, 11(2), 90–102.
- Putra, R. A., & Rizqi, H. M. (2024). Kompetensi guru dalam pembelajaran digital. *Jurnal Guru Cerdas*, 8(1), 74–85.
- Putri, N. A., & Hasanah, F. (2023). Kendala penerapan deep learning dalam pembelajaran matematika di tingkat SMA. *Jurnal Inovasi Pembelajaran*, 8(1), 55–70.
- Rahmawati, D., Wulandari, I., & Fikri, S. (2024). Solusi implementasi deep learning. *Jurnal Pendidikan Kontekstual*, 9(1), 55–66.
- Ramachandran, P., Zoph, B., & Le, Q. V. (2023). A comprehensive overview of deep learning in education. *AI in Education Journal*, 30(4), 200–215.
- Ramdhani, M. A. (2021). Transisi teknologi pendidikan di negara berkembang. *Jurnal Pendidikan Global*, 4(1), 15–28.
- Ramdhani, H. (2021). Strategi transisi pembelajaran digital berbasis AI: Studi kasus Asia Tenggara. *Jurnal Pendidikan Global*, 7(1), 40–55.
- Raup, S., Afirudin, A., & Wicaksono, T. (2022). Tantangan pembelajaran masa depan. *Jurnal Teknologi Pendidikan Abad 21*, 5(2), 66–79.
- Sari, D., Fauzan, M., & Lestari, N. (2022). Personal learning pathway menggunakan AI. *Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika*, 4(1), 22–33.
- Sari, D. P., Nurhayati, S., & Syamsuddin, R. (2022). Deep learning dalam pengajaran matematika: Peluang dan tantangan. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(2), 145–158.
- Schunk, D. H. (2012). *Learning theories: An educational perspective* (6th ed.). Pearson Education.
- Setiawan, D., & Asnawi, M. (2022). Literasi digital guru sebagai fondasi transformasi pembelajaran AI. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 11(1), 44–56.
- Siemens, G. (2011). *Learning analytics: Envisioning a research discipline and a domain of practice*. Retrieved from <https://www.learninganalytics.net>
- Skinner, B. F. (1954). The science of learning and the art of teaching. *Harvard Educational Review*, 24(2), 86–97.
- Solahudin, M. (n.d.). Internet dan pendidikan di wilayah tertinggal. *Jurnal Pendidikan Desa*, 1(1), 1–10.
- Sri Hanipah, D. (2023). Kritik terhadap pendekatan tradisional pembelajaran. *Jurnal Filsafat Pendidikan*, 3(1), 88–94.
- Suwardi, I., Rachmawati, E., & Tanjung, A. (2024). Adaptasi pembelajaran berbasis teknologi. *Jurnal Teknologi Pendidikan Indonesia*, 12(2), 45–61.
- Supriadi, H., Lestari, M., & Nugroho, T. (2022). Membangun literasi digital guru di era AI. *Jurnal Teknologi dan Pendidikan Digital*, 5(3), 65–77.
- Syam, A., Wulandari, E., & Hidayat, R. (2023). Efektivitas model deep learning dalam hasil belajar *Dhelinda Nuriatul Ainie et.al(Pproblematika Adaptasi Pendekatan Deep Learning...)*

- matematika. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Teknologi*, 5(1), 33–44.
- Tanaya, R., & Yasin, A. (2024). Simulasi edukatif dalam pembelajaran matematika. *Jurnal Inovasi Digital Matematika*, 7(1), 56–70.
- Telaumbanua, L., Sembiring, M., & Fatimah, A. (2024). Program pelatihan guru deep learning. *Jurnal Profesionalisme Guru*, 6(1), 29–40.
- Thomas, P., & Baral, R. (2023). Math games and student motivation. *Educational Simulation Review*, 11(3), 88–101.
- Tomlinson, C. A. (2015). *The differentiated classroom: Responding to the needs of all learners* (2nd ed.). ASCD.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Wahyudi, A., & Fauzan, A. (2021). Efektivitas pembelajaran personal berbasis AI. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 2(2), 78–91.
- Wahyudi, R., & Fauzan, A. (2021). Efektivitas penerapan AI dalam pembelajaran matematika di sekolah menengah. *Jurnal Pendidikan Matematika Indonesia*, 10(1), 77–89.
- Wahyuni, L., & Ramli, D. (2021). Analisis big data dalam pembelajaran matematika. *Jurnal Data dan Pendidikan*, 9(1), 23–34.
- Wahyuni, D. I., & Ramli, M. (2021). Readiness of Indonesian teachers in implementing digital learning post-pandemic. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 26(1), 33–46.
- Wahyuni, N., Prabowo, D., & Aziz, M. (2022). Pemetaan adaptasi pendekatan AI di pendidikan dasar. *Jurnal Inovasi Pendidikan*, 14(2), 200–212.
- Wahyuni, R., Saputra, T., & Mahendra, S. (2022). Implementasi teknologi pembelajaran di Asia. *Jurnal Global Learning*, 3(2), 102–114.
- Wibawa, A. P., Dwiyanto, F. A., & Utama, A. B. P. (2022). Deep learning in education: A bibliometric analysis. *Bulletin of Social Informatics Theory and Application*, 6(2), 151–157. <https://doi.org/10.31763/businta.v6i2.596>
- Wijaya, B. (2025). Transformasi pendidikan berbasis AI di Indonesia. *Jurnal Pembelajaran Masa Depan*, 12(1), 14–25.