

PERBANDINGAN PEMBELAJARAN MATEMATIKA BERBASIS *DEEP LEARNING* DAN PEMBELAJARAN KONVENSIONAL DALAM MENGEMBANGKAN PENALARAN KRITIS SISWA

Ismiarti¹, Sastri Nilawati², Yanih Rusyanih³, Widyati⁴, Puji Rahmiwati⁵

Universitas Indraprasta PGRI^{1,2,3,4,5}
ismiarti20247279069@email.com¹

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas pembelajaran matematika berbasis *Deep Learning* dan pembelajaran konvensional dalam mengembangkan penalaran kritis siswa kelas VII SMP. Metode yang digunakan adalah pendekatan kualitatif komparatif dengan desain studi kasus ganda, melibatkan dua kelas dan dua guru matematika yang dipilih secara purposive, dengan teknik pengumpulan data melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi serta dianalisis menggunakan model analisis tematik Miles dan Huberman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis *Deep Learning* lebih efektif dalam mendorong kemampuan refleksi, evaluasi strategi, dan generalisasi konsep dibandingkan pembelajaran konvensional yang cenderung berorientasi pada prosedur. Simpulan, pembelajaran berbasis *Deep Learning* memiliki kontribusi lebih signifikan dalam mengembangkan penalaran kritis siswa, namun efektivitasnya tetap dipengaruhi oleh kualitas fasilitasi guru dan desain tugas pembelajaran sehingga integrasi kedua pendekatan direkomendasikan untuk mencapai hasil yang optimal.

Kata kunci: *Deep Learning*; Pembelajaran Konvensional; Pembelajaran Matematika; Penalaran Kritis

ABSTRACT

This study aims to compare the effectiveness of Deep Learning-based mathematics instruction and conventional instruction in developing seventh-grade students' critical reasoning skills. The method used was a qualitative comparative approach with a multiple case study design involving two classes and two mathematics teachers selected purposively, with data collected through observation, interviews, and documentation and analyzed using Miles and Huberman's thematic analysis model. The findings indicate that Deep Learning-based instruction is more effective in promoting students' reflective thinking, strategy evaluation, and concept generalization compared to conventional instruction, which tends to emphasize procedural mastery. In conclusion, Deep Learning-based instruction contributes more significantly to the development of students' critical reasoning skills; however, its effectiveness is influenced by the quality of teacher facilitation and task design, therefore the integration of both approaches is recommended to achieve optimal learning outcomes.

Keywords: *Critical Reasoning; Deep Learning; Mathematics Learning; Conventional Learning.*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) dalam pendidikan telah mendorong transformasi strategi pembelajaran matematika di berbagai jenjang pendidikan. Integrasi *Deep Learning* dalam sistem pembelajaran adaptif memungkinkan personalisasi materi dan umpan balik berbasis proses yang lebih terstruktur dibandingkan metode konvensional (Rahman & Siregar, 2024). Dalam konteks pembelajaran matematika, pendekatan ini diyakini mampu meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi, termasuk penalaran kritis.

Penalaran kritis merupakan kemampuan siswa untuk menganalisis, mengevaluasi, dan memberikan justifikasi terhadap solusi matematis. Penelitian Yuliana & Arifin (2021) menunjukkan bahwa umpan balik berbasis proses secara signifikan meningkatkan kemampuan refleksi dan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran matematika. Demikian pula Kusuma dan Lestari (2021) menemukan bahwa pembelajaran berbasis masalah efektif dalam meningkatkan kualitas penalaran matematis.

Di sisi lain, pembelajaran konvensional masih dominan digunakan di banyak sekolah karena efisiensi pengelolaan kelas dan kemudahan implementasi. Namun, beberapa penelitian menunjukkan bahwa model konvensional cenderung lebih efektif pada aspek prosedural dibanding aspek konseptual dan reflektif (Utami &

Wibowo, 2020). Oleh karena itu, diperlukan kajian komparatif untuk memahami bagaimana pembelajaran berbasis *Deep Learning* dibandingkan pembelajaran konvensional dalam mengembangkan penalaran kritis siswa.

Selain faktor model pembelajaran, efektivitas implementasi teknologi juga sangat bergantung pada kompetensi guru dalam memanfaatkan *learning analytics* dan memberikan umpan balik yang bermakna (Lestari & Rahmawati, 2022). Tanpa dukungan pedagogis yang memadai, teknologi tidak secara otomatis meningkatkan kualitas pembelajaran (Holmes et al., 2022).

Beberapa Penelitian menunjukkan bahwa penerapan teknologi berbasis *deep learning* dapat membantu mengidentifikasi kesulitan belajar siswa serta meningkatkan keterlibatan dan motivasi belajar matematika (Li, 2024; Orhani, 2024).

Sebaliknya, pembelajaran matematika konvensional umumnya masih berorientasi pada metode ceramah dan latihan rutin yang menekankan penguasaan prosedural serta hafalan konsep. Pendekatan ini seringkali membuat siswa kurang terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran dan mengalami kesulitan dalam mengaitkan konsep matematika dengan situasi nyata. Akibatnya, pemahaman siswa terhadap konsep matematika cenderung bersifat dangkal dan kurang mampu diterapkan dalam pemecahan masalah yang kompleks (Maharani et al., 2024).

Beberapa penelitian sebelumnya lebih banyak meninjau implementasi

deep learning dalam pendidikan matematika melalui studi literatur atau pengembangan model pembelajaran, sehingga belum banyak penelitian yang secara empiris membandingkan secara langsung efektivitas pembelajaran berbasis *deep learning* dengan pembelajaran konvensional terhadap hasil belajar matematika siswa. Selain itu, sebagian penelitian masih memfokuskan pada aspek konseptual atau pemanfaatan teknologi tanpa melakukan pengujian komparatif terhadap metode pembelajaran yang berbeda dalam konteks kelas nyata. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki kebaruan dengan melakukan perbandingan langsung antara pembelajaran matematika berbasis *deep learning* dan pembelajaran konvensional untuk melihat perbedaan efektivitasnya terhadap hasil belajar siswa. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi empiris terhadap pengembangan strategi pembelajaran matematika yang lebih efektif, sekaligus memperkaya kajian tentang integrasi pendekatan *deep learning* dalam praktik pendidikan matematika.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan pembelajaran

matematika berbasis *Deep Learning* dan pembelajaran konvensional dalam mengembangkan penalaran kritis siswa kelas 7 SMP Holy Faithful Obedient Depok.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif komparatif dengan desain studi kasus ganda untuk membandingkan pembelajaran matematika berbasis *Deep Learning* dan pembelajaran konvensional dalam mengembangkan penalaran kritis siswa. Penelitian dilaksanakan di SMP Holy Faithful Obedient Depok dengan subjek dua kelas VII dan dua guru matematika, di mana satu kelas menerapkan pembelajaran berbasis *Deep Learning* dan satu kelas menggunakan pembelajaran konvensional. Pemilihan subjek dilakukan secara *purposive* sesuai dengan kebutuhan penelitian. Data dikumpulkan melalui observasi partisipatif, wawancara semi-terstruktur, dan studi dokumentasi, kemudian dianalisis secara tematik melalui tahapan reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Keabsahan data dijaga melalui triangulasi sumber dan metode serta member checking.

HASIL PENELITIAN

Tabel 1.
Distribusi kemunculan indikator penalaran kritis

| Indikator Penalaran Kritis | DL-based (n=22) | % | Konvensional (n=23) | % |
|----------------------------|-----------------|------|---------------------|------|
| Analisis langkah | 18 siswa | 81,8 | 10 siswa | 43,5 |
| Evaluasi strategi | 17 siswa | 77,3 | 9 siswa | 39,1 |
| Refleksi alasan | 19 siswa | 86,4 | 8 siswa | 34,8 |
| Generalisasi konsep | 15 siswa | 68,2 | 6 siswa | 26,1 |

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa persentase kemunculan indikator penalaran kritis pada kelas yang menerapkan pembelajaran berbasis *Deep Learning* (DL-based) lebih tinggi dibandingkan kelas konvensional pada seluruh aspek yang dianalisis. Indikator refleksi alasan menunjukkan persentase

tertinggi pada kelas DL-based sebesar 86,4%, diikuti oleh analisis langkah sebesar 81,8% dan evaluasi strategi sebesar 77,3%. Sementara itu, kelas konvensional menunjukkan persentase yang relatif lebih rendah, dengan nilai tertinggi pada indikator analisis langkah sebesar 43,5%.

Tabel 2.
Skor rata-rata penalaran kritis

| Aspek | DL-based (Mean) | Kategori | Konvensional (Mean) | Kategori |
|-----------------|-----------------|---------------|---------------------|---------------|
| Analisis | 3,45 | Tinggi | 2,61 | Sedang |
| Evaluasi | 3,36 | Tinggi | 2,52 | Sedang |
| Refleksi | 3,55 | Tinggi | 2,43 | Sedang |
| Generalisasi | 3,18 | Sedang-Tinggi | 2,30 | Rendah-Sedang |
| Rata-rata total | 3,39 | Tinggi | 2,47 | Sedang |

Tabel 2 menunjukkan perbedaan skor rata-rata penalaran kritis antara kelas DL-based dan kelas konvensional berdasarkan rubrik penilaian kualitatif. Kelas DL-based memperoleh skor rata-rata total sebesar 3,39 dengan kategori tinggi, sedangkan kelas konvensional

memperoleh skor rata-rata 2,47 dengan kategori sedang. Skor tertinggi pada kelas DL-based terdapat pada aspek refleksi, yaitu 3,55, sementara pada kelas konvensional skor tertinggi berada pada aspek analisis sebesar 2,61.

Tabel 3.
Persentase persepsi siswa terhadap pembelajaran

| Pernyataan | DL-based (%) | Konvensional (%) |
|--------------------------------|--------------|------------------|
| Membantu memahami konsep | 81,8 | 43,5 |
| Mendorong berpikir kritis | 77,3 | 39,1 |
| Umpan balik membantu | 80,0 | 34,8 |
| Diskusi meningkatkan pemahaman | 85,0 | 47,8 |

Berdasarkan Tabel 3, mayoritas siswa pada kelas DL-based memberikan persepsi positif terhadap pembelajaran yang diterapkan. Sebanyak 81,8% siswa menyatakan bahwa pembelajaran membantu memahami konsep, dan 80,0% siswa merasa umpan balik yang diberikan sangat membantu proses belajar. Selain itu, 85,0% siswa menyatakan bahwa

diskusi meningkatkan pemahaman mereka terhadap materi. Sebaliknya, pada kelas konvensional, persentase persepsi positif siswa berada pada kisaran 34,8% hingga 47,8%. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun pembelajaran konvensional tetap memberikan kontribusi terhadap pemahaman konsep, siswa merasakan keterbatasan dalam

aspek umpan balik dan diskusi yang mendukung pengembangan penalaran kritis.

Tabel 4.
Frekuensi aktivitas penalaran kritis

| Aktivitas | DL-based (f) | Konvensional (f) |
|---------------------|--------------|------------------|
| Mengajukan alasan | 32 | 14 |
| Bertanya “mengapa” | 28 | 11 |
| Diskusi antar siswa | 35 | 16 |
| Evaluasi solusi | 26 | 10 |

Tabel 4 memperlihatkan frekuensi aktivitas penalaran kritis yang muncul selama proses pembelajaran berlangsung. Pada kelas DL-based, frekuensi aktivitas seperti diskusi antar siswa (35 kali) dan mengajukan alasan logis (32 kali) jauh lebih tinggi dibandingkan kelas konvensional. Aktivitas evaluasi solusi juga lebih sering muncul pada kelas DL-based dengan frekuensi 26 kali.

Perbedaan frekuensi ini menunjukkan bahwa pembelajaran DL-based menciptakan lingkungan belajar yang lebih interaktif dan reflektif. Sebaliknya, pembelajaran konvensional cenderung membatasi ruang dialog dan diskusi, sehingga aktivitas berpikir kritis siswa lebih jarang muncul secara spontan selama proses pembelajaran.

Tabel 5.
Hambatan pembelajaran

| Hambatan | DL-based (%) | Konvensional (%) |
|-------------------------|--------------|------------------|
| Ketergantungan petunjuk | 31,8 | 17,4 |
| Kesulitan teknis | 27,3 | 0 |
| Bingung memahami konsep | 18,2 | 43,5 |
| Pasif dalam diskusi | 13,6 | 47,8 |

Tabel 5 menunjukkan bahwa jenis hambatan yang dialami siswa berbeda antara kedua pendekatan pembelajaran. Pada kelas DL-based, hambatan utama adalah ketergantungan terhadap petunjuk sistem sebesar 31,8% dan kendala teknis sebesar 27,3%. Hambatan ini berkaitan dengan regulasi diri siswa dan kesiapan

infrastruktur pembelajaran berbasis teknologi. Sementara itu, pada kelas konvensional, hambatan paling dominan adalah kebingungan dalam memahami konsep (43,5%) dan sikap pasif dalam diskusi (47,8%).

Tabel 6.
Ringkasan perbandingan kuantitatif-kualitatif

| Aspek | DL-based | Konvensional |
|--------------------------------|---------------|---------------|
| Rata-rata skor penalaran | 3,39 (Tinggi) | 2,47 (Sedang) |
| Rata-rata persentase indikator | 78,4% | 36,7% |
| Keterlibatan diskusi | Tinggi | Sedang–Rendah |
| Efektivitas keseluruhan | Lebih efektif | Cukup efektif |

Tabel 6 merangkum hasil perbandingan antara pembelajaran DL-based dan pembelajaran konvensional secara kuantitatif–kualitatif. Kelas DL-based menunjukkan skor rata-rata penalaran kritis yang lebih tinggi, persentase kemunculan indikator yang lebih besar, serta tingkat keterlibatan diskusi yang lebih intensif dibandingkan kelas konvensional.

PEMBAHASAN

Perbandingan Mekanisme Pembelajaran Dan Dampaknya Terhadap Penalaran Kritis

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelas yang menerapkan pembelajaran matematika berbasis *Deep Learning* (DL-based) di SMP Holy Faithful Obedient Depok memperlihatkan indikator penalaran kritis yang lebih tinggi dibandingkan kelas konvensional, khususnya pada aspek refleksi alasan, evaluasi strategi, dan generalisasi konsep. Temuan ini diperkuat oleh peningkatan frekuensi siswa dalam menuliskan alasan penyelesaian, mengajukan pertanyaan “mengapa”, serta mendiskusikan pembenaran strategi secara *peer-to-peer*.

Temuan ini konsisten dengan penelitian Rahman dan Siregar (2024) yang menyatakan bahwa integrasi *Deep Learning* dalam pembelajaran matematika meningkatkan kualitas

argumentasi dan kedalaman analisis siswa SMP. Selain itu, Fauzi dan Wulandari (2023) menunjukkan bahwa sistem berbasis kecerdasan buatan mampu memberikan respons adaptif terhadap kesalahan siswa sehingga memperkuat proses refleksi konseptual.

Keunggulan DL-based dalam penelitian ini terletak pada tiga mekanisme utama: (1) personalisasi tingkat kesulitan, (2) umpan balik berbasis proses, dan (3) dukungan analitik bagi guru. Personalisasi memungkinkan siswa menghadapi *productive struggle*, yaitu tantangan yang cukup kompleks untuk memicu elaborasi kognitif namun tetap berada dalam jangkauan kemampuan. Yuliana dan Arifin (2021) menegaskan bahwa umpan balik berbasis proses memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan refleksi matematis dibanding umpan balik hasil akhir semata. Integrasi AI dalam pembelajaran matematika juga terbukti meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa (Prasetyo & Rahmawati, 2023; Zulkarnain & Wahyudi, 2022).

Sebaliknya, pembelajaran konvensional dalam penelitian ini cenderung menghasilkan jawaban prosedural dengan elaborasi alasan yang lebih terbatas. Meskipun demikian, ketika guru secara eksplisit menyisipkan diskusi terbuka dan pertanyaan reflektif, peningkatan argumentasi siswa tetap

terlihat. Hal ini sejalan dengan temuan Utami dan Wibowo (2020) bahwa pembelajaran konvensional tidak secara langsung menghambat kemampuan berpikir tingkat tinggi, tetapi efektivitasnya sangat bergantung pada desain tugas yang digunakan.

Analisis Mengapa Perbedaan Terjadi

Perbedaan hasil antara kedua pendekatan terutama dipengaruhi oleh struktur umpan balik dan intensitas refleksi selama proses belajar. Pada kelas DL-based, umpan balik bersifat segera (*immediate feedback*) dan berorientasi pada proses berpikir. Lestari dan Rahmawati (2022) menjelaskan bahwa pemanfaatan *learning analytics* memungkinkan guru mengidentifikasi pola kesalahan siswa dan merancang intervensi yang mendorong refleksi mendalam. Data observasi juga menunjukkan bahwa siswa pada kelas DL-based lebih sering melakukan generalisasi konsep. Hal ini menunjukkan pergeseran dari *surface learning* menuju *Deep Learning*. Pratiwi dan Yulianto (2021) menemukan bahwa pembelajaran digital adaptif berkontribusi signifikan terhadap peningkatan kemampuan generalisasi matematis siswa.

Namun demikian, penelitian ini juga menemukan fenomena *hint dependency*, yaitu kecenderungan sebagian siswa untuk terlalu mengandalkan petunjuk sistem. Temuan ini konsisten dengan Holmes et al. (2022) yang menegaskan bahwa AI dalam pendidikan dapat meningkatkan kualitas pembelajaran, tetapi berpotensi mengurangi kemandirian berpikir apabila tidak diimbangi regulasi pedagogis yang tepat.

Faktor Moderator Efektifitas

Analisis kualitatif menunjukkan bahwa efektivitas DL-based tidak hanya ditentukan oleh teknologi, melainkan oleh beberapa faktor kontekstual:

Kompetensi pedagogis guru dalam memanfaatkan learning analytics.

Data sistem adaptif menjadi bermakna hanya jika diterjemahkan menjadi dialog kelas yang menuntut justifikasi. Hidayat dan Nurhasanah (2022) menekankan bahwa model pembelajaran adaptif akan efektif apabila guru mampu mengintegrasikannya dalam strategi reflektif.

Desain tugas yang menuntut penjelasan dan pembuktian.

Kusuma dan Lestari (2021) menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis masalah terbuka lebih efektif dalam mengembangkan penalaran matematis dibanding latihan rutin.

Self-regulated learning siswa.

Siswa dengan regulasi diri tinggi cenderung memanfaatkan umpan balik untuk refleksi, sedangkan siswa dengan regulasi rendah lebih rentan mencari solusi instan.

Infrastruktur teknologi dan dukungan institusional.

Nugroho dan Santoso (2023) menegaskan bahwa integrasi kecerdasan buatan dalam pendidikan memerlukan kesiapan sistem dan kebijakan yang mendukung agar implementasi berjalan optimal. Temuan ini mempertegas bahwa teknologi berfungsi sebagai *augmenter*, bukan pengganti guru.

Keterkaitan dengan Teori Pembelajaran

Hasil penelitian mendukung kerangka pembelajaran tiga tahap (*surface-deep-transfer*). DL-based membantu siswa bergerak dari penguasaan prosedural menuju pemahaman konseptual melalui personalisasi dan *scaffolding* adaptif. Namun, fase transfer tetap membutuhkan diskusi kelas dan tugas autentik.

Sari dan Hidayati (2022) menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis teknologi meningkatkan kualitas interaksi argumentatif siswa. Secara internasional, Darling-Hammond et al. (2020) juga menegaskan bahwa pembelajaran yang menekankan refleksi dan transfer pengetahuan memiliki dampak signifikan terhadap perkembangan kognitif siswa.

Keterbatasan dan Implikasi

Penelitian ini terbatas pada konteks SMP Holy Faithful Obedient Depok sehingga generalisasi perlu dilakukan secara hati-hati. Selain itu, data yang dominan bersifat kualitatif sehingga diperlukan penelitian lanjutan dengan desain kuasi-eksperimen untuk mengukur *effect size* secara statistik.

Implikasi praktis yang dapat direkomendasikan adalah; 1) Pembatasan penggunaan *hint* agar tetap mendorong usaha kognitif; 2) Pelatihan guru dalam interpretasi *learning analytics*; 3) Pengembangan dataset lokal agar sistem DL sesuai konteks kurikulum nasional; 4) Penyusunan pedoman etis penggunaan AI di sekolah; 5) Integrasi latihan prosedural konvensional dengan tugas reflektif berbasis DL; 6) Penggunaan asesmen formatif berbasis rubrik penalaran kritis.

SIMPULAN

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran matematika berbasis *Deep Learning* di SMP Holy Faithful Obedient Depok memberikan dampak lebih kuat terhadap pengembangan penalaran kritis dibanding pembelajaran konvensional, terutama pada aspek refleksi, evaluasi strategi, dan generalisasi konsep. Namun, efektivitas tersebut sangat bergantung pada desain tugas, regulasi penggunaan teknologi, dan kompetensi pedagogis guru. Integrasi seimbang antara teknologi adaptif dan fasilitasi dialogis merupakan strategi paling menjanjikan untuk mengembangkan penalaran kritis siswa secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Darling-Hammond, L., Flook, L., Cook-Harvey, C., Barron, B., & Osher, D. (2020). Implications for Educational Practice of The Science of Learning and Development. *Educational Researcher*, 49(3), 163–176. <https://doi.org/10.3102/0013189X20908558>
- Fauzi, A., & Wulandari, R. (2023). Artificial Intelligence-Based Mathematics Learning and Its Effect on Students' Analytical Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 17(2), 145–158. <https://doi.org/10.22342/jpm.17.2.2023.145-158>
- Firmansyah, H., & Anwar, K. (2023). The Effect of Adaptive Digital Learning on Junior High School Students' Problem-Solving Skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 12(2),

- 210–221.
<https://doi.org/10.15294/jpii.v12i2.45213>
- Hidayat, R., & Nurhasanah, S. (2022). The Implementation of Adaptive Learning Systems to Improve Students' Mathematical Reasoning Ability. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, 41(2), 412–424. <https://doi.org/10.21831/cp.v41i2.48271>
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2022). Artificial intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100071. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100071>
- Kusuma, A. B., & Lestari, D. (2021). Problem-Based Learning and Its Effect on Students' Mathematical Critical Reasoning. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 8(1), 74–85. <https://doi.org/10.21831/jrpm.v8i1.39261>
- Lestari, I., & Rahmawati, Y. (2022). Learning Analytics in Mathematics Education: Supporting Reflective Teaching Practice. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(4), 589–598. <https://doi.org/10.15294/jpii.v11i4.35628>
- Li, Z. (2024). Applications of Deep Learning in Mathematics Education: A review. *Applied Computing and Engineering*, 71. <https://doi.org/10.54254/2755-2721/71/20241644>
- Maharani, L., Riyadi, A. R., & Maulida, N. (2024). Deep Learning dalam Pembelajaran Matematika di Sekolah Dasar. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(2). <https://doi.org/10.23969/jp.v10i2.25442>
- Mulyono, B., & Fitriani, S. (2022). Integrating Artificial Intelligence in Mathematics Classrooms: Pedagogical Implications. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 28(3), 245–258. <https://doi.org/10.21831/jptk.v28i3.46521>
- Nugroho, S., & Santoso, H. (2023). Readiness of Indonesian Secondary Schools in Implementing Artificial Intelligence-Based Learning Systems. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 29(1), 1–12. <https://doi.org/10.21831/jptk.v29i1.56789>
- Orhani, S. (2024). Deep Learning in Math Education. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*, 8(4), 270–278. https://www.academia.edu/download/113946679/270_278.pdf
- Prasetyo, Z. K., & Rahmawati, Y. (2023). Artificial Intelligence Integration in Mathematics Learning: Its Impact on Critical Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 12(1), 85–96. <https://doi.org/10.15294/jpii.v12i1.42879>
- Pratiwi, D., & Yulianto, E. (2021). Digital Adaptive Learning and Students' Mathematical Generalization Ability. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 8(2), 180–

192.
<https://doi.org/10.21831/jrpm.v8i2.40452>
- Rahman, A., & Siregar, T. (2024). *Deep Learning Approach in Mathematics Classroom: Enhancing Students' Reasoning and Conceptual Understanding*. *Jurnal Pendidikan Matematika Indonesia*, 9(1), 25–37.
<https://doi.org/10.26737/jpmi.v9i1.5214>
- Saputra, R., & Lestari, N. (2024). Artificial Intelligence-Based Formative Assessment and Students' Critical Reasoning Ability. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, 43(1), 78–90.
<https://doi.org/10.21831/cp.v43i1.61234>
- Sari, M., & Hidayati, N. (2022). Technology-Enhanced Learning and Students' Mathematical Argumentation Skills. *Jurnal Elemen*, 8(2), 233–245.
<https://doi.org/10.29408/jel.v8i2.5632>
- Siregar, A. R., Sirait, A. A. K., Siahaan, A., Rahmah, D. P., Nabilah, K., & Khadijah, M. (2025). Pedagogical Transformation Through Deep Learning in Mathematics Education: A Systematic Review Of The Global Literature. *Proceeding of International Seminar on Student Research in Education, Science, and Technology*.
- Utami, L., & Wibowo, A. (2020). Conventional Versus Innovative Learning Models in Developing Higher Order Thinking Skills. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, 39(3), 597–608.
<https://doi.org/10.21831/cp.v39i3.31245>
- Wulandari, N., Siregar, E., & Mulyadi. (2021). Learning Analytics in Indonesian Secondary Schools: Opportunities and Pedagogical Challenges. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 27(2), 156–167.
<https://doi.org/10.21831/jptk.v27i2.39854>
- Yuliana, D., & Arifin, Z. (2021). Process-Oriented Feedback and Students' Reflective Mathematical Thinking. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 8(1), 102–113.
<https://doi.org/10.21831/jrpm.v8i1.38972>
- Zulkarnain, I., & Wahyudi. (2022). Critical Thinking Development Through AI-Assisted Mathematics Instruction. *Jurnal Pendidikan Matematika Indonesia*, 7(2), 95–108.
<https://doi.org/10.26737/jpmi.v7i2.4456>