

MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA SD MELALUI PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN STEAM BERBASIS AI TERHADAP HASIL BELAJAR SISWA KELAS V

Yohana Sianturi¹, Petra Theodora Rajagukguk², Sianipar Yulianty³, Tiara Tri Cahaya⁴, Ezra Florensia Sibarani⁵, Morina Saragih⁶, Rosalia Simamora⁷, Yosephin Manik⁸, Debora Batubara⁹

^{1,2,3,4,5,6,7,8,9}Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar, Indonesia

Corresponden E-mail; sianturiyohana86@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar siswa kelas V SD Negeri 122332 Pematangsiantar melalui model pembelajaran STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) berbasis Artificial Intelligence (AI). Rendahnya daya analisis siswa dan dominasi metode konvensional menjadi latar belakang penelitian ini. Metode yang digunakan adalah Penelitian Tindakan Kelas (PTK) model Kemmis & McTaggart yang terdiri dari dua siklus. Subjek penelitian adalah seluruh siswa kelas V. Data dikumpulkan melalui tes keterampilan berpikir kritis, tes hasil belajar, dan lembar observasi. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan signifikan: pada Siklus I, ketuntasan klasikal mencapai 65%, dan meningkat menjadi 88% pada Siklus II. Keterampilan berpikir kritis siswa juga mengalami kenaikan dari kategori "Cukup" menjadi "Sangat Baik". Disimpulkan bahwa integrasi AI dalam kerangka STEAM efektif dalam memicu daya nalar kritis dan meningkatkan pencapaian akademik siswa sekolah dasar di era digital 2025.

Kata Kunci : STEAM; AI; Berpikir Kritis, Hasil Belajar; Sekolah Dasar

Abstract

This study aims to improve critical thinking skills and learning outcomes of fifth-grade students at Pematangsiantar State Elementary School 122332 through the Artificial Intelligence (AI)-based STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) learning model. The research was motivated by students' low analytical skills and the dominance of conventional methods. The method used was Classroom Action Research (CAR) using the Kemmis & McTaggart model, consisting of two cycles. The subjects were all fifth-grade students. Data were collected through critical thinking skills tests, learning outcome tests, and observation sheets. The results showed significant improvement: in Cycle I, classical mastery reached 65%, and increased to 88% in Cycle II. Students' critical thinking skills also increased from "Fair" to "Very Good." It was concluded that the integration of AI within the STEAM framework is effective in stimulating critical reasoning and improving the academic achievement of elementary school students in the digital era of 2025.

Keywords: STEAM; AI; Critical Thinking; Learning Outcomes, Elementary School

PENDAHULUAN

Perkembangan pesat teknologi digital pada tahun 2025 menuntut dunia pendidikan untuk beradaptasi dan berinovasi dalam menciptakan pembelajaran yang relevan dengan kebutuhan abad ke-21. Salah satu kompetensi utama yang harus dimiliki peserta didik adalah keterampilan berpikir kritis, yaitu kemampuan menganalisis permasalahan, mengolah informasi secara logis, serta menarik kesimpulan yang tepat (Ahmed et al., 2021). Keterampilan

ini sangat penting untuk membekali siswa agar mampu menghadapi tantangan global dan perkembangan ilmu pengetahuan sejak jenjang sekolah dasar (Zaid, Razak, & Alam, 2022). Namun, hasil observasi awal yang dilakukan di kelas V UPTD SD NEGERI 124385 Pematangsiantar menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis siswa masih tergolong rendah. Siswa cenderung mengalami kesulitan dalam menyelesaikan soal-soal yang menuntut analisis, penalaran, dan pemecahan masalah kontekstual. Proses pembelajaran masih didominasi oleh metode konvensional yang berpusat pada guru, sehingga partisipasi aktif siswa dalam kegiatan belajar belum optimal. Kondisi tersebut berdampak pada rendahnya hasil belajar siswa dan belum tercapainya ketuntasan belajar secara klasikal (Musa Azhari et al., 2022). Upaya untuk meningkatkan kualitas pembelajaran perlu dilakukan melalui penerapan model pembelajaran yang inovatif dan berpusat pada siswa. Salah satu model yang relevan dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21 adalah model pembelajaran STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) (Sukmawati, Imanah, & Rantauni, 2023). Model STEAM mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu dalam satu proses pembelajaran yang kontekstual dan bermakna, sehingga siswa dapat memahami konsep secara utuh serta menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari. Pembelajaran STEAM juga mendorong siswa untuk berpikir kritis, kreatif, dan kolaboratif melalui kegiatan eksplorasi dan pemecahan masalah. Sejalan dengan perkembangan teknologi, pemanfaatan Artificial Intelligence (AI) dalam pembelajaran menjadi inovasi yang potensial untuk mendukung penerapan model STEAM. AI dapat digunakan sebagai alat bantu pembelajaran yang memfasilitasi eksplorasi informasi, visualisasi konsep, serta penyajian materi secara interaktif. Dalam kerangka STEAM, AI berperan sebagai unsur teknologi (Technology) yang mendukung proses analisis dan pemecahan masalah, serta sebagai unsur seni (Arts) melalui penyajian visual dan desain pembelajaran yang menarik. Integrasi AI diharapkan mampu meningkatkan keterlibatan siswa dan memperkuat daya nalar kritis mereka (Hariyono et al., 2024). Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan suatu tindakan perbaikan pembelajaran melalui penerapan model pembelajaran STEAM berbasis Artificial Intelligence. Penelitian ini dilaksanakan dalam bentuk Penelitian Tindakan Kelas (PTK) model Kemmis dan McTaggart yang terdiri dari dua siklus, dengan tujuan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar siswa kelas V UPTD SD NEGERI 124385 Pematangsiantar (Zubaidah, 2019). Melalui penerapan model ini, diharapkan terjadi peningkatan ketuntasan belajar secara klasikal serta perkembangan keterampilan berpikir kritis siswa. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan praktik pembelajaran inovatif di sekolah dasar, khususnya dalam menghadapi tantangan pendidikan di era digital (Tran, Huang, Hsiao, Lin, & Hung, 2021).

METODE

Penelitian ini menggunakan Penelitian Tindakan Kelas (PTK) dengan model Kemmis dan Mc Taggart yang terdiri atas empat tahapan, yaitu perencanaan (planning), pelaksanaan tindakan (acting), observasi (observing), dan refleksi (reflecting). Penelitian dilaksanakan dalam dua siklus, di mana setiap siklus dilakukan untuk memperbaiki proses dan hasil pembelajaran berdasarkan refleksi siklus sebelumnya. Dengan subjek penelitian seluruh siswa kelas V UPTD SD Negeri 124385 Pematangsiantar yang berjumlah 29 siswa. Penelitian

dilaksanakan pada semester ganjil tahun ajaran 2025/2026 (Tasse, Cara, Saglio, Villet, & Laurent, 2018). Pemilihan subjek didasarkan pada hasil observasi awal yang menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar siswa masih tergolong rendah.

Desain penelitian mengikuti alur PTK Kemmis dan Mc Taggart sebagai berikut a). Perencanaan (Planning) Pada tahap ini, peneliti menyusun perangkat pembelajaran yang meliputi Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) berbasis model STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) yang terintegrasi dengan Artificial Intelligence (AI), menyiapkan media pembelajaran, lembar observasi aktivitas guru dan siswa, serta instrumen tes keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar. b). Pelaksanaan Tindakan (Acting) Tindakan pembelajaran dilaksanakan sesuai dengan RPP yang telah disusun (Bratanoto, Latiana, & Formen, 2020). Pembelajaran dilakukan dengan menerapkan model STEAM berbasis AI, di mana siswa dilibatkan secara aktif dalam kegiatan eksplorasi, pemecahan masalah, diskusi kelompok, serta pemanfaatan AI sebagai alat bantu dalam mencari, menganalisis, dan memverifikasi informasi pembelajaran (Chen & Huang, 2023). c). Observasi (Observing) Selama proses pembelajaran berlangsung, dilakukan observasi untuk mengamati aktivitas guru dan siswa (Hasibuan, Fitri, & Dewi, 2022). Observasi difokuskan pada keterlibatan siswa, penggunaan AI dalam pembelajaran, serta indikator keterampilan berpikir kritis siswa. d). Refleksi (Reflecting) Tahap refleksi dilakukan untuk menganalisis hasil observasi dan tes pada setiap siklus. Hasil refleksi digunakan sebagai dasar perbaikan dan penyempurnaan pembelajaran pada siklus berikutnya (Putri, Prasetyo, Purwastuti, Prodjosantoso, & Putranta, 2023).

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi 1). Tes, digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar siswa pada setiap siklus. 2). Observasi, digunakan untuk mengetahui aktivitas siswa dan guru selama proses pembelajaran berlangsung. 3). Dokumentasi, digunakan untuk melengkapi data penelitian berupa foto kegiatan, nilai siswa, dan perangkat pembelajaran (Wandari, Wijaya, & Agustin, 2018).

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Data tes dianalisis untuk mengetahui nilai rata-rata dan persentase ketuntasan belajar secara klasikal (Özer & Demirbatir, 2023). Data observasi dianalisis untuk melihat peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa berdasarkan kategori penilaian yang telah ditentukan (Mu'minah & Suryaningsih, 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keterampilan Berpikir Kritis

Keterampilan berpikir kritis siswa kelas V SD Negeri 122332 Pematangsiantar mengalami peningkatan yang signifikan setelah diterapkannya model pembelajaran STEAM berbasis Artificial Intelligence (AI). Peningkatan ini terlihat dari kemampuan siswa dalam menganalisis permasalahan, mengevaluasi informasi, serta menarik kesimpulan berdasarkan data dan fakta yang diperoleh selama proses pembelajaran (Herwandi, Ridwan, & Fuad, 2025).

Pada Siklus I, siswa mulai diperkenalkan dengan penggunaan AI sebagai alat bantu pembelajaran, khususnya dalam mencari dan memverifikasi informasi yang berkaitan dengan materi pembelajaran. Pada tahap ini, sebagian besar siswa masih berada pada kategori "Cukup"

dalam keterampilan berpikir kritis. Siswa telah mampu mengajukan pertanyaan sederhana, mengidentifikasi informasi yang relevan, serta menggunakan AI untuk memperoleh jawaban. Namun, siswa cenderung menerima informasi yang diberikan oleh AI tanpa melakukan analisis lebih lanjut atau membandingkannya dengan sumber lain maupun kondisi nyata di lingkungan sekitar (Pambudi et al., 2023).

Perbaikan pembelajaran dilakukan pada Siklus II dengan menekankan kegiatan analisis, evaluasi, dan refleksi kritis terhadap informasi yang diperoleh dari AI. Guru memberikan arahan agar siswa tidak hanya menggunakan AI sebagai sumber jawaban, tetapi juga sebagai alat untuk diuji kebenarannya melalui diskusi kelompok, pengamatan langsung, dan pencocokan dengan fakta lapangan. Pada tahap ini, siswa menunjukkan peningkatan kemampuan berpikir kritis yang lebih kompleks, seperti membandingkan jawaban AI dengan data nyata, mengemukakan alasan logis, serta menyimpulkan hasil pembelajaran secara mandiri (Supriyadi, Nasution, & Nurul Amalia, 2025).

Hasil observasi dan penilaian menunjukkan bahwa pada Siklus II, keterampilan berpikir kritis siswa meningkat ke kategori “Sangat Baik”. Siswa telah mampu melakukan evaluasi kritis terhadap informasi, mengenali kelemahan atau ketidaksesuaian jawaban AI, serta mengajukan argumen berdasarkan bukti yang diperoleh. Kemampuan ini menunjukkan bahwa siswa telah mencapai level berpikir kritis yang lebih tinggi, yaitu kemampuan mengevaluasi dan merefleksikan informasi secara objektif (Rizky & Silalahi, 2025).

Peningkatan keterampilan berpikir kritis ini sejalan dengan karakteristik model pembelajaran STEAM yang menekankan pembelajaran interdisipliner dan pemecahan masalah kontekstual. Integrasi AI dalam pembelajaran berperan sebagai pemicu eksplorasi dan diskusi, bukan sebagai sumber jawaban tunggal. Dengan demikian, pembelajaran menjadi lebih bermakna dan berpusat pada siswa (Hassib & Ayad, 2023). Temuan ini memperkuat hasil penelitian bahwa penerapan model STEAM berbasis AI efektif dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa sekolah dasar di era digital, sebagaimana ditunjukkan oleh peningkatan kategori keterampilan berpikir kritis dari “Cukup” pada Siklus I menjadi “Sangat Baik” pada Siklus II.

Hasil Belajar

Hasil belajar siswa kelas V SD Negeri 122332 Pematangsiantar menunjukkan peningkatan yang signifikan setelah penerapan model pembelajaran STEAM berbasis Artificial Intelligence (AI). Peningkatan ini terlihat dari nilai rata-rata kelas dan persentase ketuntasan belajar secara klasikal pada setiap siklus penelitian. Pada Siklus I, penerapan model STEAM berbasis AI mulai memberikan dampak positif terhadap pemahaman siswa, meskipun hasil yang diperoleh belum sepenuhnya optimal. Sebagian siswa masih beradaptasi dengan pola pembelajaran yang menuntut keterlibatan aktif dan pemecahan masalah. Ketuntasan belajar secara klasikal pada siklus ini mencapai 65%, yang menunjukkan bahwa masih terdapat siswa yang belum mencapai kriteria ketuntasan minimal. Hal ini disebabkan oleh siswa yang masih cenderung menghafal informasi dari AI tanpa memahami konsep secara mendalam (Alkaher, Yaakov, & Taylor, 2024).

Perbaikan pembelajaran dilakukan pada Siklus II dengan mengoptimalkan integrasi setiap unsur dalam STEAM. Elemen Science dan Mathematics difokuskan pada pemahaman konsep dasar, elemen Engineering diarahkan pada penyusunan langkah kerja dan pemecahan masalah

secara sistematis, sementara elemen Arts berbasis AI dimanfaatkan untuk visualisasi materi melalui gambar, diagram, dan media interaktif yang menarik. Elemen Technology, melalui penggunaan AI, berperan sebagai alat bantu eksplorasi dan analisis, bukan sebagai sumber jawaban instan.

Hasilnya, pada Siklus II terjadi peningkatan ketuntasan belajar secara klasikal menjadi 88%. Siswa menunjukkan pemahaman yang lebih baik terhadap materi pembelajaran, mampu menjelaskan kembali konsep dengan bahasa sendiri, serta menerapkan pengetahuan yang diperoleh dalam menyelesaikan permasalahan kontekstual. Pembelajaran yang melibatkan visualisasi dan prosedur kerja membuat siswa tidak hanya menghafal materi, tetapi memahami sistem dan keterkaitan antar konsep (Haroon, 2024). Peningkatan hasil belajar ini sejalan dengan meningkatnya keterampilan berpikir kritis siswa. Kemampuan siswa dalam mengevaluasi informasi, menyusun langkah pemecahan masalah, dan menarik kesimpulan logis berkontribusi langsung terhadap pencapaian akademik. Dengan demikian, penerapan model pembelajaran STEAM berbasis AI terbukti efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa sekolah dasar, sekaligus mendukung pembelajaran yang bermakna dan kontekstual di era digital (Jureynolds, 2024).

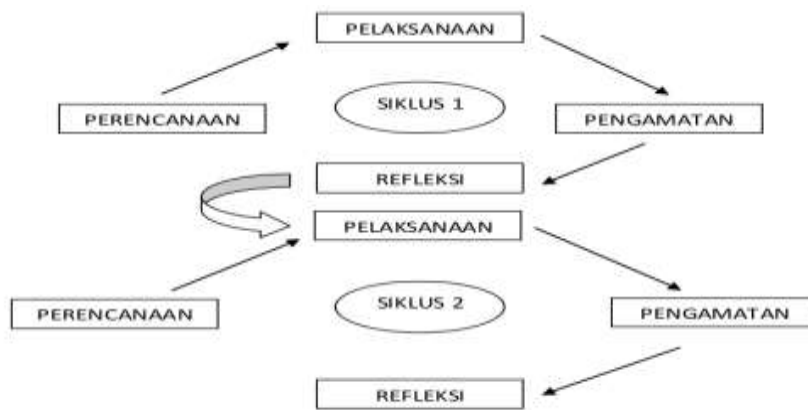
Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi model pembelajaran STEAM berbasis Artificial Intelligence (AI) memberikan dampak positif terhadap keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar siswa kelas V SD Negeri 122332 Pematangsiantar. Temuan ini menegaskan bahwa pembelajaran yang mengintegrasikan pendekatan interdisipliner dengan dukungan teknologi digital mampu menjawab tantangan pembelajaran abad ke-21, khususnya dalam mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi pada siswa sekolah dasar. Peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa dari kategori “Cukup” pada Siklus I menjadi “Sangat Baik” pada Siklus II menunjukkan bahwa penggunaan AI dalam pembelajaran tidak menjadikan siswa pasif, melainkan mendorong mereka untuk bersikap lebih reflektif dan analitis. Pada tahap awal, siswa memang cenderung menerima informasi dari AI secara langsung (Ng, Su, & Chu, 2024). Namun, melalui penguatan strategi pembelajaran STEAM pada Siklus II, siswa diarahkan untuk mengevaluasi, membandingkan, dan mengaitkan jawaban AI dengan fakta lapangan serta pengalaman belajar mereka (Haristiani, 2019). Proses ini mencerminkan perkembangan kemampuan berpikir kritis pada level evaluasi dan refleksi, yang merupakan tingkat tertinggi dalam keterampilan berpikir kritis (Nayak, Patnaik, Satpathy, & Patnaik, 2024).

Dari sisi hasil belajar, peningkatan ketuntasan klasikal dari 65% pada Siklus I menjadi 88% pada Siklus II menunjukkan bahwa pemahaman konsep siswa semakin mendalam. Integrasi elemen Arts berbasis AI membantu siswa memvisualisasikan materi secara lebih konkret dan menarik, sehingga memudahkan pemahaman konsep abstrak. Sementara itu, elemen Engineering melatih siswa untuk berpikir sistematis melalui penyusunan langkah kerja, pemecahan masalah, dan penerapan konsep secara prosedural. Hal ini membuktikan bahwa pembelajaran STEAM tidak hanya berfokus pada hasil akhir, tetapi juga pada proses berpikir siswa.

Temuan penelitian ini memperkuat pandangan bahwa teknologi, khususnya AI, tidak berperan sebagai pengganti guru, melainkan sebagai pendukung kognitif dalam proses pembelajaran. Guru tetap memiliki peran sentral sebagai fasilitator, pengarah, dan pengontrol

proses berpikir siswa. AI digunakan sebagai alat bantu untuk memicu rasa ingin tahu, memperluas eksplorasi informasi, dan memperkaya pengalaman belajar. Hal ini sejalan dengan standar dan rekomendasi UNESCO (2025) terkait etika penggunaan AI dalam pendidikan, yang menekankan bahwa AI harus dimanfaatkan untuk mendukung pembelajaran bermakna, bukan untuk memberikan jawaban instan yang dapat melemahkan proses berpikir siswa (Yakin, Obaid, Muthmainnah, & Al-Majidi, 2024).

Dengan demikian, sinergi antara model pembelajaran STEAM dan pemanfaatan AI terbukti efektif dalam menciptakan pembelajaran yang aktif, kontekstual, dan berpusat pada siswa. Pembelajaran tidak lagi bersifat satu arah, tetapi menjadi proses kolaboratif yang mendorong siswa untuk berpikir kritis, memahami konsep secara menyeluruh, serta meningkatkan hasil belajar secara signifikan (Fidowaty, Wulantika, & Mulyana, 2022). Hasil penelitian ini memberikan implikasi bahwa penerapan STEAM berbasis AI dapat dijadikan alternatif model pembelajaran inovatif di sekolah dasar dalam menghadapi tantangan pendidikan di era digital.



Gambar Siklus Penelitian Tindakan Kelas

Gambar 1. Desain PTK Kemmis dan MC. Tagart

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa penerapan model pembelajaran STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) berbasis Artificial Intelligence (AI) secara efektif mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar siswa kelas V SD Negeri 122332 Pematangsiantar. Peningkatan tersebut terlihat jelas melalui pelaksanaan Penelitian Tindakan Kelas (PTK) yang dilaksanakan dalam dua siklus, di mana terjadi perbaikan berkelanjutan pada proses dan hasil pembelajaran. Keterampilan berpikir kritis siswa mengalami perkembangan yang signifikan, ditandai dengan peningkatan kemampuan siswa dalam menganalisis, mengevaluasi, serta merefleksikan informasi yang diperoleh dari AI. Pada Siklus I, siswa masih berada pada tahap verifikasi informasi, sedangkan pada Siklus II siswa telah mampu melakukan evaluasi kritis dengan membandingkan jawaban AI terhadap fakta lapangan dan hasil diskusi. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi AI dalam pembelajaran STEAM dapat mendorong siswa mencapai level berpikir kritis yang lebih tinggi. Selain itu, hasil belajar siswa juga menunjukkan peningkatan yang signifikan, ditunjukkan oleh kenaikan ketuntasan belajar secara klasikal dari 65% pada

Siklus I menjadi 88% pada Siklus II. Integrasi elemen Arts berbasis AI membantu meningkatkan pemahaman melalui visualisasi materi yang menarik, sementara elemen Engineering melatih siswa untuk berpikir sistematis dan prosedural. Dengan demikian, pembelajaran tidak hanya berorientasi pada hafalan, tetapi pada pemahaman konsep secara mendalam dan aplikatif.

Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa pemanfaatan AI dalam kerangka STEAM berfungsi sebagai pendukung kognitif yang memperkaya proses pembelajaran, bukan sebagai pengganti peran guru. Temuan ini sejalan dengan prinsip etika penggunaan AI dalam pendidikan yang menekankan penguatan peran guru dan pengembangan kemampuan berpikir siswa. Oleh karena itu, model pembelajaran STEAM berbasis AI direkomendasikan untuk diterapkan secara lebih luas di sekolah dasar sebagai bagian dari adaptasi Kurikulum Merdeka yang berorientasi futuristik dan responsif terhadap perkembangan teknologi di era digital

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, N. Z., Anwar, N., Begum, S., Parvez, A., Ezhil, R., & Anjum, N. (2021). Effect Of Hijama (Wet Cupping), Dalk (Massage) & Bukhūr (Medicated Steam) In Amelioration Of Waja Al-Zahr (Non-Specific Low Back Pain)- A N Open Prospective Clinical Trial. *Journal Of Complementary And Integrative Medicine*. <https://doi.org/10.1515/Jcim-2021-0099>
- Alkaher, D., Yaakov, U. Ben, & Taylor, E. J. (2024). The Dance Of The Scorpions: Leveraging Ai In Deciphering Geopolitical And Counter-Terrorism Complexities In The Middle East. *Journal On Ai Policy And Complex Systems• Volume, 9*(1).
- Bratanoto, V. Z., Latiana, L., & Formen, A. (2020). Penguatan Pembelajaran Jarak Jauh Anak Usia Dini Melalui Pendekatan Steam Dan Pemberdayaan Keluarga. *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana (Prosnampas), 3*(1), 661–670.
- Chen, C.-C., & Huang, P.-H. (2023). The Effects Of Steam-Based Mobile Learning On Learning Achievement And Cognitive Load. *Interactive Learning Environments, 31*(1), 100–116. <https://doi.org/10.1080/2331186x.2018.1507306>
- Fidowaty, T., Wulantika, L., & Mulyana, A. (2022). Waste Management Based On Smart City Management By Using Internet Of Things (Iot) And Artificial Intelligence (Ai) Technology. *Abdimas: Jurnal Pengabdian Masyarakat, 5*(1), 1756–1762. <https://doi.org/10.35568/Abdimas.V5i1.1763>
- Haristiani, N. (2019). Artificial Intelligence (Ai) Chatbot As Language Learning Medium: An Inquiry. *Journal Of Physics: Conference Series, 1387*(1), 0–6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1387/1/012020>
- Hariyono, E., Setiawan, B., Perwitasari, S. I., Susantini, E., Kaniawati, I., & Ishak, A. (2024). The Sustainability Awareness Of Students On Ecological And Biodiversity Learning With Steam Project Integrated Esd. *Aip Conference Proceedings, 3116*(1), 060048. Aip Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0210455>
- Haroon, A. (2024). Ai And Cyber Drove Warfare In The Israeli-Iran Conflict And Its Impact On Gulf States' Security. *Journal Of Politics And International Studies, 10*(2), 145–163. Opgehaal Van <https://jpis.pu.edu.pk/45/Article/View/1387>
- Hasibuan, R., Fitri, R., & Dewi, U. (2022). Steam-Based Learning Media: Assisting In Developing Children's Skills. *Jurnal Obsesi: Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini, 6*(6), 6863–6876. <https://doi.org/10.31004/Obsesi.V6i6.3560>

- Hassib, B., & Ayad, F. (2023). *The Challenges And Implications Of Military Cyber And Ai Capabilities In The Middle East: The Geopolitical, Ethical, And Technological Dimensions*. Jstor. https://doi.org/10.1007/978-3-031-32432-1_4
- Herwandi, Ridwan, M., & Fuad, M. (2025). Pengaruh Penggunaan Artificial Intelligence (Ai) Dalam Pembelajaran Interaktif Untuk Meningkatkan Literasi Numerasi Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, 5(1), 17–23. <https://doi.org/10.62388/jpdp.V5i1.521>
- Jureynolds. (2024). Mandarin Learners' Use Perceptions Of Ai-Based Native Speaker Online Discussion Forums. *Ieee Iceib 2024*, 74(1), 11. Basel Switzerland: Mdpi. <https://doi.org/10.3390/engproc2024074011>
- Mu'minah & Suryaningsih. (2020). 377702-Implementasi-Steam-Science-Technology-En-Fd9b7a7c. *Jurnal Bio Education*, 5(1), 65–73.
- Musa Azhari, B., Alifia Puteri, H., Azizah, I., Kamila, N., Azifatun Nazwa, H., & Andriatna, R. (2022). Upaya Meningkatkan Kemampuan Literasi Membaca Dan Numerasi Anak Usia Sekolah Dasar Di Desa Jeron Melalui Lembar Kerja Komik Berbasis Steam Dan Mikir. *To Maega : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(2), 250. <https://doi.org/10.35914/Tomaega.V5i2.1058>
- Nayak, A., Patnaik, A., Satpathy, I., & Patnaik, B. C. M. (2024). Data Storage And Transmission Security In The Cloud: The Artificial Intelligence (Ai) Edge. In *Improving Security, Privacy, And Trust In Cloud Computing* (Bll 194–212). Igi Global Scientific Publishing.
- Ng, D. T. K., Su, J., & Chu, S. K. W. (2024). Fostering Secondary School Students' Ai Literacy Through Making Ai-Driven Recycling Bins. *Education And Information Technologies*, 29(8), 9715–9746. <https://doi.org/10.1007/S10639-023-12183-9>
- Özer, Z., & Demirbatir, R. E. (2023). Examination Of Steam-Based Digital Learning Applications In Music Education. *European Journal Of Stem Education*, 8(1), 2. Opgehaal Van <http://www.lectitopublishing.nl>
- Pambudi, A. Y., Syafi'i, I., Kartikasari, D. W., Yarkhasy, A., Bulqiyah, H., Prayogo, L. M., ... Syahrial, M. F. (2023). Pelatihan Pemanfaatan Teknologi Ai Dalam Pembuatan Ptk Bagi Guru Sdn Karangasem Kecamatan Jenu. *Seminar Nasional Paedagogia*, 3, 1–8.
- Putri, A. S., Prasetyo, Z. K., Purwastuti, L. A., Prodjosantoso, A. K., & Putranta, H. (2023). Effectiveness Of Steam-Based Blended Learning On Students' Critical And Creative Thinking Skills. *Int J Eval & Res Educ Issn*, 2252(8822), 8822. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1761838>
- Rizky, A. S. A., & Silalahi, T. (2025). Pengaruh Penggunaan Artificial Intelligence (Ai) Jenis Chatgpt Dan Minat Belajar Terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas X Manajemen Perkantoran Dan Layanan Bisnis Di Smk Negeri 7 Medan T.A 2024/2025. *Pendas : Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(September).
- Sukmawati, E., Imanah, N. D. N., & Rantauni, D. A. (2023). Implementation And Challenges Of Project-Based Learning Of Steam In The University During The Pandemic: A Systematic Literature Review. *Jinop* 9(1). <https://doi.org/10.22219/jinop.V9i1.25177>
- Supriyadi, Nasution, Z., & Nurul Amalia, A. (2025). Teknologi Artificial Intelligence (Ai) Dan Literasi Digital Mahasiswa Terhadap Hasil Belajar Mata Kuliah Evaluasi Pembelajaran. *Teknodik*, 28(2), 113–118.
- Tasse, J., Cara, A., Saglio, M., Villet, R., & Laurent, F. (2018). A Steam-Based Method To Investigate Biofilm. *Scientific Reports*, 8(1), 13040.

- Tran, N.-H., Huang, C.-F., Hsiao, K.-H., Lin, K.-L., & Hung, J.-F. (2021). Investigation On The Influences Of Steam-Based Curriculum On Scientific Creativity Of Elementary School Students. *Frontiers In Education*, 6, 694516. Frontiers Media Sa.
- Wandari, G. A., Wijaya, A. F. C., & Agustin, R. R. (2018). The Effect Of Steam-Based Learning On Students' Concept Mastery And Creativity In Learning Light And Optics. *Journal Of Science Learning*, 2(1), 26–32. Opgehaal Van [Http://Ejournal.Upi.Edu/Index.Php/Jslearning](http://Ejournal.Upi.Edu/Index.Php/Jslearning)
- Yakin, A. Al, Obaid, A. J., Muthmainnah, M., & Al-Majidi, A. R. J. (2024). Charting The Territory Of Ai-Mediated Informal Digital Learning In Teaching Design Thinking For Addressing Design Problems. *Aip Conference Proceedings*, 3207(1). Aip Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0234081>
- Zaid, M., Razak, F., & Alam, A. A. F. (2022). Keefektifan Media Pembelajaran Augmented Reality Berbasis Steam Dalam Meningkatkan Kualitas Pembelajaran Ipa Di Sekolah Dasar. *Jurnal Pelita*: 2(2), 59–68. <https://doi.org/10.54065/Pelita.2.2.2022.316>
- Zubaidah, S. (2019). Steam (Science, Technology, Engineering, Arts, And Mathematics): Pembelajaran Untuk Memberdayakan Keterampilan Abad Ke-21 [Steam (Science, Technology, Engineering, Arts, And Mathematics): Learning To Empower 21st Century Skills]. *Seminar Nasional Matematika Dan Sains*, (September), 1–18.