

## Implementasi Pendekatan Pembelajaran *Deep Learning* pada Mata Pelajaran IPA dalam Kurikulum Merdeka

Ammy Fidyanti<sup>1</sup>, Rugaiyah<sup>2</sup>, Masduki<sup>3</sup>

Universitas Negeri Jakarta<sup>123</sup>

ammyfidyanti99@guru.smp.belajar.id<sup>1</sup>, rugaiyah@unj.ac.id<sup>2</sup>, masduki@unj.ac.id<sup>3</sup>

### ABSTRACT

*This study examines the implementation of the deep learning approach in science subjects in the context of the Independent Curriculum in Indonesia. The background of the study shows that the Indonesian education system faces challenges in improving the quality of meaningful learning and developing 21st century skills. The purpose of the study is to analyze the concepts, principles, and strategies for implementing deep learning in science learning and evaluate their suitability with the Independent Curriculum. The method used is a systematic literature study of scientific literature from reputable international journals for the period 2020-2025. The results of the study show that deep learning in education emphasizes in-depth conceptual understanding, active student involvement, and the development of high-level thinking skills. The implementation of deep learning is in line with the principles of the Independent Curriculum which emphasize meaningful learning, differentiation, and the development of Pancasila student profiles. The conclusion of the study shows that the integration of the deep learning approach can improve the effectiveness of science learning in the Independent Curriculum through problem-based learning strategies, collaborative projects, and the use of adaptive learning technology. The implications of this study are important for the development of education policies and science learning practices in Indonesia.*

**Keywords:** *Deep Learning, Science Learning, Independent Curriculum, Indonesian Education, 21st Century Skills*

### ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji implementasi pendekatan pembelajaran *deep learning* pada mata pelajaran IPA dalam konteks Kurikulum Merdeka di Indonesia. Latar belakang penelitian menunjukkan bahwa sistem pendidikan Indonesia menghadapi tantangan dalam meningkatkan kualitas pembelajaran yang bermakna dan mengembangkan keterampilan abad ke-21. Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis konsep, prinsip, dan strategi implementasi *deep learning* dalam pembelajaran IPA serta mengevaluasi kesesuaiannya dengan Kurikulum Merdeka. Metode yang digunakan adalah studi pustaka sistematis terhadap literatur ilmiah dari jurnal internasional bereputasi periode 2020-2025. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *deep learning* dalam pendidikan menekankan pada pemahaman konseptual mendalam, keterlibatan aktif siswa, dan pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Implementasi *deep learning* sejalan dengan prinsip Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran bermakna, diferensiasi, dan pengembangan profil pelajar Pancasila. Kesimpulan penelitian menunjukkan bahwa integrasi pendekatan *deep learning* dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran IPA dalam Kurikulum Merdeka melalui strategi pembelajaran berbasis masalah, proyek kolaboratif, dan pemanfaatan teknologi pembelajaran adaptif. Implikasi penelitian ini penting untuk pengembangan kebijakan pendidikan dan praktik pembelajaran IPA di Indonesia.

**Kata Kunci:** *Deep Learning*, Pembelajaran IPA, Kurikulum Merdeka, Pendidikan Indonesia, Keterampilan Abad 21

## PENDAHULUAN

Pendidikan abad ke-21 menghadapi transformasi fundamental yang didorong oleh perkembangan teknologi dan perubahan kebutuhan kompetensi global. Dalam konteks ini, Indonesia telah mengimplementasikan Kurikulum Merdeka sebagai respons terhadap kebutuhan reformasi pendidikan yang lebih adaptif dan relevan dengan tuntutan zaman (Wathon, 2024). Kurikulum Merdeka secara resmi diterapkan sebagai kerangka dasar kurikulum nasional pada tahun ajaran 2024/2025, dengan fokus pada pengembangan karakter dan kompetensi peserta didik melalui pembelajaran yang fleksibel dan bermakna (Permendikbudristek No. 12 Tahun 2024).

Namun, hasil Programme for International Student Assessment (PISA) menunjukkan bahwa kemampuan literasi sains siswa Indonesia masih berada di peringkat bawah secara global, mengindikasikan perlunya pendekatan pembelajaran yang lebih efektif dan inovatif (Wathon, 2024). Tantangan ini diperkuat oleh kondisi kesenjangan infrastruktur pendidikan dan ketidakmerataan kualitas guru di berbagai daerah di Indonesia (Saa, 2024).

*Deep learning* sebagai pendekatan pembelajaran telah mendapat perhatian global dalam dekade terakhir, terutama dengan perkembangan teknologi kecerdasan buatan yang memungkinkan personalisasi pembelajaran (Zhang et al., 2024). Berbeda dengan *surface learning* yang hanya menekankan hafalan, *deep learning* fokus pada pemahaman konseptual mendalam dan aplikasi pengetahuan dalam konteks nyata (Dolmans et al., 2016). Penelitian terbaru menunjukkan bahwa pendekatan ini dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah siswa secara signifikan (Weng et al., 2023).

Dalam konteks pembelajaran sains, *deep learning* menjadi sangat relevan karena karakteristik mata pelajaran IPA yang memerlukan pemahaman konsep abstrak dan kemampuan aplikasi dalam kehidupan sehari-hari. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa implementasi *deep learning* dalam pendidikan sains dapat meningkatkan pencapaian akademik dan keterlibatan siswa (Karim et al., 2023). Integrasi teknologi pembelajaran adaptif berbasis AI juga membuka peluang personalisasi pembelajaran yang mendukung pencapaian *deep learning* (Budiarti & James, 2025; Zhang & Li, 2024).

Kurikulum Merdeka memberikan peluang besar untuk implementasi pendekatan *deep learning* melalui prinsip-prinsip pembelajaran yang *student-centered*, diferensiasi pembelajaran, dan pengembangan Profil Pelajar Pancasila (Nurdiyanti et al., 2024). Namun, implementasi *deep learning* dalam konteks Indonesia menghadapi berbagai tantangan, termasuk kesiapan guru, infrastruktur teknologi, dan adaptasi kurikulum yang masih dalam tahap transisi (Rochasti et al.,

2024). Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis konsep dan prinsip *deep learning* dalam pembelajaran IPA; (2) mengevaluasi kesesuaian pendekatan *deep learning* dengan Kurikulum Merdeka; dan (3) mengidentifikasi strategi implementasi yang efektif untuk konteks pendidikan Indonesia.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode *systematic literature review* (SLR) untuk menganalisis implementasi *deep learning* dalam pembelajaran IPA. Pendekatan SLR dipilih karena memungkinkan sintesis komprehensif dari berbagai penelitian terkini dan memberikan landasan teoretis yang kuat untuk pengembangan strategi implementasi (Suwandi et al., 2024). Pencarian literatur dilakukan pada *database* jurnal internasional bereputasi termasuk Scopus, Web of Science, ScienceDirect, dan *database* pendidikan lainnya.

Kata kunci yang digunakan meliputi: "*deep learning education*", "*science teaching*", "*critical thinking*", "Kurikulum Merdeka", "Indonesian education", "*problem-based learning*", dan "*technology-enhanced learning*". Periode publikasi dibatasi tahun 2020-2025 untuk memastikan kemutakhiran data dan relevansi dengan perkembangan terbaru dalam pendidikan. Kriteria inklusi meliputi: (1) artikel jurnal *peer-reviewed* dari Scopus Q1-Q3; (2) fokus pada *deep learning* dalam pendidikan; (3) relevan dengan pembelajaran sains/IPA; (4) berbahasa Inggris atau Indonesia; (5) memiliki metodologi penelitian yang jelas. Kriteria eksklusi: (1) artikel opini tanpa data empiris; (2) publikasi sebelum 2020; (3) tidak tersedia *full-text*; (4) tidak relevan dengan konteks pendidikan formal. Data dianalisis menggunakan *thematic analysis* untuk mengidentifikasi tema-tema utama terkait implementasi *deep learning*. Proses analisis meliputi: (1) ekstraksi data dari artikel terpilih; (2) *coding* dan kategorisasi tema; (3) sintesis temuan; dan (4) interpretasi dalam konteks Kurikulum Merdeka Indonesia. Analisis dilakukan dengan pendekatan induktif untuk memungkinkan munculnya tema-tema baru yang tidak terduga. Untuk memastikan validitas, triangulasi sumber dilakukan dengan membandingkan temuan dari berbagai penelitian dan konteks geografis. Reliabilitas dijaga melalui dokumentasi sistematis proses seleksi dan analisis artikel, serta *peer review* dalam proses *coding*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik *Deep Learning* dalam Pendidikan

Analisis literatur mengidentifikasi lima karakteristik utama *deep learning* dalam konteks pendidikan. Pertama, *deep learning* menekankan pada pemahaman konseptual yang mendalam dibandingkan hafalan superfisial, memungkinkan siswa untuk menghubungkan konsep-konsep dengan konteks kehidupan nyata (Biggs, 1999 dalam Weng et al., 2023). Kedua, pendekatan ini mendorong keterlibatan aktif siswa dalam proses konstruksi pengetahuan melalui eksplorasi, investigasi, dan refleksi kritis (Marton & Säljö, 1976 dalam Dolmans et al., 2016).

Ketiga, *deep learning* memfasilitasi transfer pengetahuan ke situasi baru melalui pengembangan kemampuan metakognitif dan pembelajaran yang bermakna (Hattie & Donoghue, 2016). Keempat, integrasi teknologi pembelajaran adaptif memungkinkan personalisasi jalur pembelajaran sesuai dengan kebutuhan dan gaya belajar individual siswa (Zhang & Li, 2024). Kelima, pendekatan ini menekankan pembelajaran kolaboratif dan pengembangan keterampilan sosial yang esensial untuk abad ke-21 (Perrotta & Selwyn, 2020).

## **Model Implementasi *Deep Learning* dalam Pembelajaran IPA**

Temuan penelitian menunjukkan beberapa model implementasi *deep learning* yang efektif dalam pembelajaran sains, yang telah terbukti berhasil dalam konteks pendidikan Indonesia. *Problem-Based Learning* (PBL): Penelitian Uliyandari et al. (2021) dan studi terbaru oleh Al-Fikry et al. (2018) menunjukkan bahwa PBL dapat meningkatkan pemahaman konsep dan kemampuan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran kimia dan fisika. Model ini mendorong siswa untuk mengeksplorasi masalah autentik dan mengembangkan solusi berbasis bukti ilmiah. Implementasi PBL dalam konteks Indonesia menunjukkan efektivitas yang tinggi terutama ketika diintegrasikan dengan konteks lokal dan budaya setempat (Anazifa & Djukri, 2017).

*Design-Based Learning* (DBL), Weng et al. (2023) menemukan bahwa DBL secara signifikan meningkatkan motivasi belajar dan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa. Pendekatan ini memungkinkan siswa untuk terlibat dalam proses desain iteratif yang mendorong pemahaman mendalam melalui pembelajaran *by doing*. *Technology-Enhanced Learning*, Integrasi teknologi AI dan pembelajaran adaptif terbukti efektif dalam personalisasi pembelajaran sains (Chiu et al., 2024). Platform pembelajaran berbasis AI dapat menyesuaikan konten dan kecepatan pembelajaran sesuai kebutuhan individual siswa, meskipun implementasinya di Indonesia masih menghadapi tantangan infrastruktur teknologi (Prameswari et al., 2024). *Collaborative Inquiry Learning*: Model pembelajaran kolaboratif dengan pendekatan inkuiri menunjukkan hasil positif dalam meningkatkan kemampuan komunikasi sains dan kerja tim siswa (Sumarni & Kadarwati, 2020). Pendekatan ini sejalan dengan budaya gotong royong dalam masyarakat Indonesia.

## **Kesesuaian *Deep Learning* dengan Kurikulum Merdeka**

Analisis menunjukkan keselarasan yang kuat antara prinsip *deep learning* dan Kurikulum Merdeka dalam beberapa aspek fundamental. Pembelajaran Bermakna, Kedua pendekatan menekankan relevansi pembelajaran dengan kehidupan nyata siswa dan pengembangan kompetensi yang aplikatif (Wathon, 2024). Kurikulum Merdeka memberikan fleksibilitas bagi guru untuk mengembangkan pembelajaran yang kontekstual dan bermakna.

Diferensiasi Pembelajaran, *Deep learning* mendukung prinsip diferensiasi dalam Kurikulum Merdeka melalui personalisasi jalur pembelajaran dan penyesuaian dengan karakteristik individual siswa (Suwandi et al., 2024). Hal ini sejalan dengan

prinsip "merdeka belajar" yang memberikan kebebasan kepada siswa untuk mengeksplorasi minat dan bakatnya. Pengembangan Karakter, Fokus pada kemampuan berpikir kritis, kreativitas, dan kolaborasi dalam *deep learning* sejalan dengan pengembangan Profil Pelajar Pancasila yang menekankan pada pembentukan karakter yang beriman, mandiri, bernalar kritis, kreatif, gotong royong, dan berkebinekaan global (Permendikbudristek No. 12 Tahun 2024). Asesmen Autentik, Kurikulum Merdeka mendorong penggunaan asesmen yang mengukur kemampuan aplikasi dan pemahaman mendalam, yang sejalan dengan prinsip *deep learning* dalam evaluasi pembelajaran (Masuku et al., 2021).

## Strategi Implementasi dalam Konteks Indonesia

Integrasi Kearifan Lokal, menggunakan konteks lokal dan kearifan tradisional dalam pembelajaran IPA untuk meningkatkan relevansi dan keterlibatan siswa (Sumarni & Kadarwati, 2020). Pendekatan *ethno-science* dapat menjadi jembatan antara pengetahuan tradisional dan sains modern. Pembelajaran Kolaboratif Berbasis Budaya, mendorong diskusi kelompok dan proyek kolaboratif yang sesuai dengan budaya gotong royong Indonesia (Akib et al., 2020). Model pembelajaran kooperatif dapat diintegrasikan dengan pendekatan *deep learning* untuk menciptakan lingkungan pembelajaran yang kondusif.

Pemanfaatan Teknologi Bertahap, implementasi teknologi pembelajaran yang disesuaikan dengan kondisi infrastruktur sekolah, mulai dari teknologi sederhana hingga platform digital yang lebih canggih (Lubis & Ariansyah, 2024). Pendekatan *blended learning* dapat menjadi alternatif dalam kondisi keterbatasan teknologi. Pengembangan Profesional Guru Berkelanjutan, program pelatihan guru yang fokus pada pengembangan kompetensi dalam mengimplementasikan pendekatan *deep learning*, termasuk pelatihan teknologi dan pedagogik yang inovatif (Zuhriyah et al., 2023).

## Pembahasan

### Interpretasi Temuan dalam Konteks Teori *Deep Learning*

Temuan penelitian ini konsisten dengan kerangka teoritis *deep learning* yang dikembangkan oleh Biggs dan Tang (2022). *Deep learning* dalam pembelajaran IPA tidak hanya tentang penguasaan konten, tetapi juga pengembangan kemampuan untuk menghubungkan konsep-konsep ilmiah dengan fenomena nyata dan aplikasi dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini sejalan dengan penelitian Young et al. (2020) yang menunjukkan bahwa lingkungan pembelajaran inovatif dapat memfasilitasi *deep learning* melalui keterlibatan multi-dimensi.

Penelitian terbaru oleh Zhang dan Li (2024) memperkuat temuan ini dengan menunjukkan bahwa integrasi teknologi AI dalam pembelajaran dapat meningkatkan efektivitas *deep learning* melalui personalisasi konten dan umpan balik adaptif. Namun, dalam konteks Indonesia, implementasi teknologi ini perlu disesuaikan dengan kondisi infrastruktur dan kesiapan sumber daya manusia yang ada.

## Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang cenderung fokus pada aspek kognitif, penelitian ini menekankan integrasi aspek afektif dan psikomotor dalam *deep learning*. Temuan ini memperluas pemahaman dari penelitian Masuku et al. (2021) yang menunjukkan pentingnya asesmen holistik dalam mendorong *deep learning*. Studi terbaru oleh Perrotta dan Selwyn (2020) juga menegaskan pentingnya pendekatan relasional dalam implementasi AI dan *deep learning* dalam pendidikan.

Kontribusi unik penelitian ini adalah identifikasi strategi implementasi yang spesifik untuk konteks Indonesia, dengan mempertimbangkan aspek budaya, infrastruktur, dan kebijakan pendidikan nasional. Hal ini melengkapi penelitian-penelitian sebelumnya yang sebagian besar dilakukan dalam konteks negara maju dengan infrastruktur teknologi yang memadai.

## Implikasi Teoretis dan Praktis

Implikasi Teoretis, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan model *deep learning* yang kontekstual untuk negara berkembang. Temuan menunjukkan bahwa teori *deep learning* perlu diadaptasi dengan mempertimbangkan faktor sosial-budaya, ekonomi, dan kebijakan pendidikan lokal. Integrasi kearifan lokal dalam pembelajaran sains dapat memperkaya kerangka teoretis *deep learning* dengan perspektif *indigenous knowledge*.

Implikasi Praktis, secara praktis, temuan memberikan panduan bagi guru IPA dalam merancang pembelajaran yang mendorong pemahaman mendalam melalui: (1) Penggunaan Fenomena Lokal: Memanfaatkan fenomena alam lokal dan isu-isu lingkungan setempat sebagai konteks pembelajaran dapat meningkatkan relevansi dan keterlibatan siswa; (2) Asesmen Autentik: Menggunakan asesmen yang mengukur kemampuan aplikasi dan transfer pengetahuan, bukan hanya hafalan. Asesmen formatif dan sumatif harus dirancang untuk mengukur pemahaman konseptual dan kemampuan penerapan; (3) *Scaffolding* Bertahap, memberikan dukungan pembelajaran yang disesuaikan dengan tingkat perkembangan siswa, mulai dari *guided inquiry* hingga *independent investigation*. Integrasi Teknologi Adaptif, memanfaatkan teknologi yang tersedia untuk menciptakan pengalaman pembelajaran yang personal dan interaktif.

## Tantangan Implementasi

Kesenjangan Digital, akses teknologi yang tidak merata antar daerah menjadi hambatan dalam implementasi pembelajaran berbasis teknologi (Rochmahtun et al., 2024). Disparitas infrastruktur antara daerah urban dan rural memerlukan pendekatan implementasi yang berbeda dan bertahap. Kesiapan Guru, perubahan dari pendekatan *teacher-centered* ke *student-centered* memerlukan transformasi *mindset* dan keterampilan pedagogis guru (Zuhriyah et al., 2023). Program pengembangan profesional yang komprehensif dan berkelanjutan menjadi kunci keberhasilan implementasi.

Beban Kurikulum, meskipun Kurikulum Merdeka telah mengurangi beban konten, masih diperlukan penyesuaian lebih lanjut untuk memberikan ruang bagi eksplorasi mendalam dan pembelajaran berbasis proyek yang memerlukan waktu lebih panjang.

Asesmen dan Evaluasi, sistem asesmen nasional yang masih berorientasi pada hasil *standardized test* dapat menghambat implementasi *deep learning* yang menekankan pada proses dan pemahaman konseptual. Dukungan Institusional, keberhasilan implementasi memerlukan dukungan penuh dari kepala sekolah, komite sekolah, dan *stakeholder* pendidikan lainnya dalam menyediakan sumber daya dan menciptakan lingkungan yang kondusif untuk inovasi pembelajaran.

## Rekomendasi untuk Penelitian Lanjutan

Penelitian selanjutnya perlu fokus pada beberapa area penting: (1) *Studi Empiris Longitudinal*, Melakukan penelitian empiris jangka panjang tentang efektivitas implementasi *deep learning* dalam berbagai konteks sekolah di Indonesia, dengan mengukur dampaknya terhadap hasil belajar siswa dan pengembangan karakter; (2) Pengembangan Instrumen Asesmen, Mengembangkan instrumen asesmen yang valid dan reliabel untuk mengukur pencapaian *deep learning* dalam pembelajaran IPA, termasuk asesmen kemampuan berpikir kritis, kreativitas, dan kolaborasi; (3) Investigasi Teknologi Lokal: Menginvestigasi peran teknologi lokal dan *open-source* dalam mendukung *deep learning*, terutama untuk mengatasi keterbatasan akses teknologi komersial; (4) Studi *Cross-Cultural*, melakukan penelitian komparatif dengan negara-negara ASEAN lainnya untuk memahami faktor-faktor budaya yang mempengaruhi keberhasilan implementasi *deep learning*. Analisis Ekonomi Pendidikan: Mengkaji *cost-effectiveness* dari implementasi *deep learning* dan dampaknya terhadap *return on investment* dalam pendidikan.

## KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi pendekatan *deep learning* dalam pembelajaran IPA sejalan dengan prinsip-prinsip Kurikulum Merdeka dan berpotensi besar untuk meningkatkan kualitas pendidikan sains di Indonesia. *Deep learning* menawarkan kerangka kerja yang komprehensif untuk mengembangkan pemahaman konseptual mendalam, kemampuan berpikir kritis, kreativitas, dan keterampilan aplikasi pengetahuan yang esensial untuk menghadapi tantangan abad ke-21. Integrasi *deep learning* dalam Kurikulum Merdeka dapat direalisasikan melalui berbagai strategi inovatif, termasuk *problem-based learning*, *design-based learning*, *collaborative inquiry*, dan pemanfaatan teknologi pembelajaran adaptif. Keselarasan filosofis antara kedua pendekatan ini terletak pada penekanan terhadap pembelajaran yang bermakna, *student-centered*, diferensiasi pembelajaran, dan pengembangan karakter yang holistik.

Namun, keberhasilan implementasi memerlukan dukungan sistemik yang mencakup pengembangan profesional guru yang berkelanjutan, penyediaan

infrastruktur teknologi yang memadai, reformulasi sistem asesmen pembelajaran, dan komitmen institusional yang kuat. Tantangan implementasi seperti kesenjangan digital, kesiapan guru, dan adaptasi kurikulum perlu diatasi melalui pendekatan yang komprehensif dan bertahap. Temuan ini memiliki implikasi penting bagi pembuat kebijakan, praktisi pendidikan, dan peneliti. Untuk ke depan, diperlukan upaya kolaboratif yang melibatkan semua *stakeholder* pendidikan untuk mengembangkan model implementasi *deep learning* yang sesuai dengan konteks sosial-budaya Indonesia sambil tetap mempertahankan standar kualitas global. Integrasi kearifan lokal dengan pendekatan pedagogi modern dapat menjadi kekuatan unik Indonesia dalam mengembangkan model pendidikan yang inovatif dan berkelanjutan.

Dengan demikian, pendidikan IPA di Indonesia dapat berkontribusi pada pembentukan generasi yang tidak hanya menguasai pengetahuan ilmiah, tetapi juga mampu menerapkannya secara kreatif dan bertanggung jawab untuk memecahkan tantangan masa depan. Implementasi *deep learning* dalam Kurikulum Merdeka diharapkan dapat menjadi katalis bagi transformasi pendidikan Indonesia menuju sistem pembelajaran yang lebih adaptif, inklusif, dan relevan dengan kebutuhan global.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akib, E., Imran, M. E., Mahtari, S., Mahmud, M. R., Prawiyogy, A. G., Supriatna, I., & Ikhsan, M. T. H. (2020). Study on implementation of integrated curriculum in Indonesia. *IJORER: International Journal of Recent Educational Research*, 1(1), 39–57.
- Al-Fikry, I., Yusrizal, Y., & Syukri, M. (2018). Pengaruh model problem based learning terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi kalor. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 6(1), 17–23. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v6i1.10776>
- Anazifa, R. D., & Djukri, D. (2017). Project-based learning and problem-based learning: Are they effective to improve student's thinking skills? *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 6(2), 346-355.
- Biggs, J., & Tang, C. S. (2022). *Teaching for quality learning at university* (Fifth edition). Open University Press, McGraw Hill.
- Budiarti, E., & James, M. L. (2025). Revolutionizing University Mathematics Education: The Impact of Deep Learning and Educational Technology. *Journal of Teaching and Learning Mathematics*, 2, 44–61.
- Chiu, M. C., Hwang, G. J., Hsia, L. H., & Shyu, F. M. (2024). Artificial intelligence-supported art education: a deep learning-based system for promoting university students' artwork appreciation and painting outcomes. *Interactive Learning Environments*, 32(3), 824–842. <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2100426>

- Dolmans, D. H., Loyens, S. M., Marcq, H., & Gijbels, D. (2016). Deep and surface learning in problem-based learning: a review of the literature. *Advances in Health Sciences Education*, 21(5), 1087-1112.
- Hattie, J., & Donoghue, G. (2016). Learning strategies: a synthesis and conceptual model. *npj Science of Learning*, 1(1), 1-13.
- Karim, M. A., Shahed, F. H., Mohamed, A. R., Rahman, M. M., & Ismail, S. A. M. M. (2023). Exploring the connection between deep learning and learning assessments: a cross-disciplinary engineering education perspective. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11(1), 1-15.
- Lubis, M., & Ariansyah, F. (2024). The Use of Deep Learning to Improve Teaching and Learning in Islamic Schools. *JPCIS: Journal of Pergunu and Contemporary Islamic Studies*, 1(1), 170–193.
- Masuku, S., Nqabeni, S., Bhengu, T., & Mthembu, Z. (2021). Assessment practices as pedagogical and evaluative tools to foster deep learning in the context of chemical engineering. *Higher Education Research & Development*, 40(7), 1493-1507.
- Nurdiyanti, N., Wajdi, M., & Magfirah, N. (2024). Implementation of Kurikulum Merdeka (Freedom curriculum) in science learning: A case study in Sekolah Indonesia Kuala Lumpur, Malaysia. *Edelweiss Applied Science and Technology*, 8(6), 184-196.
- Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2024 tentang Kurikulum pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah.
- Perrotta, C., & Selwyn, N. (2020). Deep learning goes to school: toward a relational understanding of AI in education. *Learning, Media and Technology*, 45(3), 251-269. <https://doi.org/10.1080/17439884.2020.1686017>
- Prameswari, S. W., Suharno, & Sarwanto. (2024). Challenges in technology integration for science education in Indonesian secondary schools: A systematic review. *International Journal of Science Education*, 46(8), 1245-1267.
- Rochasti, L. A., Susanto, H., & Wardani, N. E. (2024). Schools' support in the implementation of the Emancipated Curriculum in secondary schools in Indonesia. *Cogent Education*, 11(1), 2300182. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2300182>
- Rochmahtun, S., Makatitar, M. S. V., Sujarot, S., Agustina, P., Fajrin, L. P., & Sitopu, J. W. (2024). Implementasi Kurikulum Merdeka dalam Manajemen Konflik di Era Digital. *Indonesian Research Journal on Education*, 4(2), 112-128.

- Saa, S. (2024). Merdeka Curriculum: Adaptation of Indonesian Education Policy in the Digital Era and Global Challenges. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 18(3), e07323. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n3-168>
- Sumarni, W., & Kadarwati, S. (2020). Ethno-STEM project-based learning: Its impact to critical and creative thinking skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(1), 11–21. <https://doi.org/10.15294/jpii.v9i1.21754>
- Suwandi, Putri, R., & Sulastrri. (2024). Inovasi Pendidikan dengan Menggunakan Model Deep Learning di Indonesia. *Jurnal Pendidikan Kewarganegaraan Dan Politik*, 2(2), 69-77. <https://doi.org/10.61476/186hvh28>
- Uliyandari, M., Candrawati, E., Herawati, A. A., & Latipah, N. (2021). Problem-Based Learning To Improve Concept Understanding and Critical Thinking Ability of Science Education Undergraduate Students. *IJORER: International Journal of Recent Educational Research*, 2(1), 65-72.
- Wathon, A. (2024). Kesesuaian Kurikulum Merdeka dengan Kurikulum Deep Learning. *ARZUSIN*, 4(5), 848–854. <https://doi.org/10.58578/arzusin.v4i5.3588>
- Weng, C., Chen, C., & Ai, X. (2023). A pedagogical study on promoting students' deep learning through design-based learning. *International Journal of Technology and Design Education*, 33, 1653–1674.
- Young, F., Cleveland, B., & Imms, W. (2020). The affordances of innovative learning environments for deep learning: Educators' and architects' perceptions. *Australian Educational Researcher*, 47(4), 693–720.
- Zhang, L., & Li, M. (2024). AI-enhanced teaching model using deep learning for smart education: An empirical study. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 9(1), 234-251. <https://doi.org/10.2478/amns-2024-2567>
- Zuhriyah, I. A., Padil, M., & Rabbani, I. (2023). Optimalisasi manajemen pembelajaran dalam keberhasilan kurikulum merdeka. *Al-Fikrah: Jurnal Studi Ilmu Pendidikan dan Keislaman*, 6(2), 123-140.