
Penerapan Teknologi Deep Learning Dalam Pendidikan Digital

Sri Hastuti¹⁾, Ahlun Ansar^{2)*}, Nanang Hermawan³⁾

^{1,2,3)}Administrasi Pendidikan, Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Negeri Makassar

Email : Sri.hastuti@unm.ac.id

Ahlun.ansar@unm.ac.id

nanang.hermawan@unm.ac.id

Abstrak

Artikel ini bertujuan untuk mengkaji secara mendalam penerapan teknologi deep learning dalam pendidikan digital melalui pendekatan kualitatif berbasis studi literatur dan analisis data sekunder. Hasil penelitian menunjukkan bahwa deep learning memiliki potensi besar dalam mentransformasi proses pembelajaran melalui pengembangan sistem pembelajaran adaptif, analisis emosi siswa secara real-time, asisten pembelajaran cerdas berbasis chatbot, dan penilaian otomatis terhadap tugas berbasis teks. Teknologi ini memungkinkan terwujudnya pembelajaran yang lebih personal, efisien, dan sesuai dengan kebutuhan masing-masing siswa. Meskipun demikian, tantangan seperti isu etika dan perlindungan data pribadi, ketimpangan akses terhadap teknologi, serta kesiapan guru dalam mengadopsi AI masih menjadi hambatan yang perlu diatasi. Oleh karena itu, penerapan deep learning dalam pendidikan perlu didukung oleh kebijakan yang tepat, pelatihan SDM, serta pemerataan infrastruktur digital. Penelitian ini menyimpulkan bahwa deep learning bukan hanya alat bantu teknis, tetapi juga kunci strategis dalam menciptakan pendidikan digital yang inklusif, adaptif, dan berkelanjutan.

Kata kunci: deep learning, pendidikan digital, pembelajaran adaptif, chatbot pembelajaran

Abstract

This study aims to provide an in-depth analysis of the application of deep learning technology in digital education using a qualitative approach based on literature review and secondary data analysis. The findings suggest that deep learning has considerable potential to transform educational processes through the development of adaptive learning systems, real-time student emotion analysis, intelligent chatbot-based learning assistants, and automated assessment of text-based assignments. These innovations facilitate more personalized, efficient, and learner-centered educational experiences. Nevertheless, several challenges remain, including ethical concerns and data privacy issues, disparities in technology access, and the preparedness of educators to adopt AI. Therefore, the implementation of deep learning in education requires supportive policies, human resource development, and equitable access to digital infrastructure. This study concludes that deep learning is not merely a technical aid but a strategic enabler for fostering inclusive, adaptive, and sustainable digital education.

Keywords: deep learning, digital education, adaptive learning, educational chatbot

PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi digital telah mengubah cara pendidikan di seluruh dunia, termasuk di Indonesia. Salah satu teknologi yang berperan besar dalam perubahan ini adalah deep learning. Teknologi ini memungkinkan komputer untuk menganalisis data dalam jumlah besar dan mengidentifikasi pola kompleks tanpa instruksi eksplisit dari manusia. Dengan kemampuannya untuk memproses teks, gambar, dan suara, deep learning dapat digunakan untuk menciptakan sistem pembelajaran yang lebih adaptif dan personal (Taruklimbong dkk, 2023).

Di Indonesia, adopsi deep learning dalam pendidikan semakin penting seiring dengan meningkatnya kebutuhan untuk menyediakan pendidikan yang lebih inklusif, fleksibel, dan berfokus pada pengembangan kompetensi. Program seperti “Merdeka Belajar” yang diprakarsai oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikbudristek)

mendorong penggunaan kecerdasan buatan, termasuk deep learning, untuk meningkatkan akses, kualitas, dan efisiensi pendidikan di seluruh nusantara.

Dengan berkembangnya platform e-learning seperti Ruangguru, Zenius, dan berbagai Learning Management System (LMS), deep learning telah membantu dalam menganalisis pola belajar siswa, memprediksi hasil akademis, serta menyesuaikan materi pembelajaran sesuai kebutuhan individu. Teknologi ini juga memainkan peran penting dalam mengelola data besar yang dihasilkan dari proses pembelajaran digital, memungkinkan analisis lebih mendalam tentang efektivitas metode pengajaran dan pencapaian siswa.

Perkembangan teknologi Deep Learning di Indonesia tidak hanya dipengaruhi oleh kemajuan teknis, tetapi juga didukung oleh berbagai regulasi yang mendorong inovasi teknologi. Beberapa dasar hukum utama yang mendukung pengembangan Deep Learning meliputi: 1) Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2008 tentang Informasi dan Transaksi Elektronik (UU ITE), yang mengatur aspek keamanan informasi dan transaksi digital, termasuk perlindungan data pribadi yang sering digunakan dalam pelatihan model AI. 2) Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2022 tentang Perlindungan Data Pribadi (UU PDP), yang memberikan panduan tentang pengelolaan data pribadi untuk memastikan privasi pengguna dalam sistem berbasis kecerdasan buatan. 3) Rencana Induk Riset Nasional (RIRN) 2017-2045, yang menetapkan arah pengembangan teknologi termasuk kecerdasan buatan dan deep learning sebagai prioritas strategis nasional. 4) Peraturan Presiden Nomor 39 Tahun 2019 tentang Satu Data Indonesia, yang mendukung pengelolaan data yang lebih terstruktur untuk pengembangan AI. 5) Peraturan Pemerintah Nomor 71 Tahun 2019 tentang Penyelenggaraan Sistem dan Transaksi Elektronik (PP PSTE), yang memberikan kerangka hukum untuk pengelolaan data dan keamanan sistem elektronik dalam penerapan deep learning.

Dengan dasar hukum ini, diharapkan pengembangan teknologi deep learning di Indonesia dapat dilakukan dengan aman, bertanggung jawab, dan sesuai dengan etika, sejalan dengan kebutuhan masyarakat dan industri.

Deep learning sendiri memiliki akar pada jaringan saraf tiruan (artificial neural networks, ANN), yang terinspirasi dari cara kerja otak manusia dalam memproses informasi. McCulloch dan Pitts (1943) memperkenalkan model matematika untuk neuron buatan yang kemudian menjadi dasar jaringan saraf modern.

Salah satu terobosan penting adalah algoritma backpropagation yang dikembangkan oleh Rumelhart, Hinton, dan Williams pada tahun 1986. Algoritma ini memungkinkan jaringan saraf untuk memperbarui bobotnya secara efisien untuk mengurangi kesalahan prediksi, menjadikannya fondasi utama banyak model deep learning saat ini.

Beberapa model deep learning yang menonjol termasuk convolutional neural networks (CNN) untuk pengenalan gambar dan recurrent neural networks (RNN) untuk pemrosesan bahasa alami. Lebih baru, model transformer yang diperkenalkan oleh Vaswani et al. (2017) telah merevolusi pemrosesan bahasa dengan pendekatan self-attention yang lebih efisien dan akurat.

Dalam konteks Indonesia, penerapan deep learning telah membawa dampak besar di berbagai sektor. Misalnya, dalam bidang kesehatan, teknologi ini digunakan untuk analisis citra medis seperti deteksi penyakit paru-paru dari hasil rontgen atau CT scan. Di bidang pendidikan, deep learning membantu dalam penilaian otomatis teks esai, deteksi plagiarisme, dan analisis pola belajar siswa melalui data besar dari platform e-learning.

Sementara itu, di sektor keuangan, bank besar di Indonesia telah memanfaatkan deep learning untuk deteksi penipuan, analisis risiko kredit, dan peningkatan pengalaman nasabah melalui chatbot yang lebih cerdas. Dalam industri transportasi, teknologi ini mendukung optimasi rute, prediksi lalu lintas, dan sistem keamanan kendaraan otonom.

Dengan berbagai penerapan ini, dapat disimpulkan bahwa deep learning memiliki potensi besar untuk mempercepat transformasi digital di Indonesia, meningkatkan kualitas pendidikan, dan memperluas akses pendidikan yang lebih inklusif.

Deep learning adalah salah satu cabang dari kecerdasan buatan (AI) yang berfokus pada algoritma pembelajaran mesin yang meniru cara kerja otak manusia dalam memproses data dan menciptakan pola untuk digunakan dalam pengambilan keputusan. Deep learning merupakan evolusi dari artificial neural networks (ANN) yang melibatkan banyak lapisan (layers), sehingga sering disebut juga dengan istilah deep neural networks (DNN).

Menurut LeCun, Bengio, dan Hinton (2015), deep learning mampu membangun representasi data tingkat tinggi melalui proses transformasi berlapis. Setiap lapisan dalam jaringan ini belajar mengekstrak fitur yang lebih kompleks dari data mentah, seperti mengubah piksel gambar menjadi tepi, lalu menjadi bentuk, lalu menjadi objek. Proses ini berjalan tanpa perlu instruksi eksplisit dari manusia, menjadikannya sangat efektif dalam menghadapi data besar dan kompleks.

Deep learning juga memiliki kemampuan generalisasi yang tinggi, membuatnya dapat diterapkan di berbagai bidang seperti pengenalan suara, deteksi wajah, kendaraan otonom, serta pendidikan digital. Hal ini didukung oleh kemajuan dalam komputasi paralel (GPU/TPU), ketersediaan data besar, serta arsitektur model yang semakin canggih.

Seiring perkembangan teknologi, berbagai arsitektur deep learning dikembangkan untuk kebutuhan spesifik. Beberapa di antaranya sangat relevan untuk aplikasi dalam dunia pendidikan digital: a) Convolutional Neural Networks (CNN): CNN banyak digunakan untuk klasifikasi citra dan analisis visual. Dalam konteks pendidikan, CNN dapat dimanfaatkan untuk pengenalan tulisan tangan, interpretasi diagram, atau analisis ekspresi wajah siswa dalam kelas virtual. CNN bekerja dengan mengekstraksi fitur dari gambar melalui konvolusi, pooling, dan lapisan aktivasi yang saling terhubung. b) Recurrent Neural Networks (RNN): RNN cocok untuk data sekuensial seperti teks atau suara. Dalam bidang pendidikan, RNN digunakan dalam natural language processing (NLP) untuk membangun chatbot pengajar, penilaian esai otomatis, dan sistem bimbingan akademik berbasis percakapan. Namun, RNN memiliki keterbatasan dalam mengingat konteks panjang, sehingga dikembangkan varian seperti LSTM (Long Short-Term Memory) dan GRU (Gated Recurrent Unit). c) Transformers: Model ini diperkenalkan oleh Vaswani et al. (2017) melalui makalah "Attention is All You Need". Transformer menggunakan mekanisme self-attention untuk memproses seluruh data input secara paralel, memungkinkan pemrosesan yang lebih cepat dan akurat. Teknologi ini menjadi fondasi dari model bahasa besar seperti BERT, GPT-3, dan GPT-4, yang digunakan luas dalam pengembangan platform edukatif adaptif, personalisasi materi, dan pembuatan konten otomatis.

Dengan fleksibilitas dan kekuatannya dalam memahami konteks, model-model ini telah menjadi tulang punggung inovasi AI dalam pendidikan dan pembelajaran adaptif. Dalam sektor pendidikan, deep learning membawa perubahan signifikan dengan memungkinkan pendekatan pembelajaran yang lebih personal, efisien, dan inklusif. Beberapa penerapannya meliputi: a) Analisis Pola Belajar: Dengan mengumpulkan dan menganalisis data interaksi siswa di platform e-learning (seperti waktu pengerjaan tugas, frekuensi login, dan jawaban kuis), sistem berbasis deep learning dapat mengidentifikasi gaya belajar siswa dan menyesuaikan materi pembelajaran sesuai dengan kebutuhan individu. b) Penilaian Otomatis dan NLP: Algoritma NLP berbasis deep learning memungkinkan penilaian otomatis teks esai siswa, pengenalan bahasa alami dalam tanya jawab otomatis, serta pendeteksian plagiarisme. Teknologi ini mempercepat proses penilaian dan meningkatkan efisiensi guru dalam menilai hasil belajar. c) Pembelajaran Adaptif: Sistem pembelajaran adaptif mengatur ulang konten berdasarkan kinerja siswa secara real-time. Ini membuat proses belajar menjadi dinamis dan berpusat pada siswa, dengan bantuan teknologi yang menyesuaikan tingkat kesulitan soal dan saran materi lanjutan. d) Asisten Virtual Edukasi: Penggunaan model seperti GPT untuk menciptakan tutor digital berbasis chatbot yang dapat menjawab pertanyaan, menjelaskan konsep, atau bahkan mendampingi siswa dalam pembelajaran harian.

Melalui penerapan tersebut, teknologi deep learning mendukung terciptanya ekosistem pembelajaran yang lebih fleksibel dan akomodatif terhadap kebutuhan siswa dari berbagai latar belakang. Penerapan teknologi deep learning, khususnya dalam konteks pendidikan, tidak lepas

dari aspek hukum dan regulasi. Indonesia telah memiliki berbagai regulasi yang mendukung pemanfaatan kecerdasan buatan, sekaligus melindungi hak dan privasi individu. Beberapa di antaranya meliputi: a) UU No. 11 Tahun 2008 tentang Informasi dan Transaksi Elektronik (UU ITE): Mengatur tentang keamanan dan keabsahan transaksi digital, termasuk dalam penggunaan teknologi AI di platform pendidikan. b) UU No. 27 Tahun 2022 tentang Perlindungan Data Pribadi (UU PDP): Menjamin privasi siswa dan pengguna sistem pembelajaran berbasis deep learning. Ini penting karena model AI sering kali dilatih menggunakan data pribadi yang sensitif. c) Rencana Induk Riset Nasional (RIRN) 2017–2045: Menetapkan AI sebagai salah satu prioritas riset strategis nasional, yang mendorong pengembangan ekosistem teknologi dalam negeri. d) Peraturan Presiden No. 39 Tahun 2019 tentang Satu Data Indonesia dan PP No. 71 Tahun 2019 tentang Sistem dan Transaksi Elektronik (PP PSTE): Memberikan kerangka kerja untuk pengelolaan data, interoperabilitas sistem, dan tata kelola platform digital yang andal.

Kebijakan ini menciptakan landasan etis dan hukum dalam pemanfaatan AI dalam pendidikan, termasuk perlindungan terhadap penyalahgunaan data dan penjaminan kualitas layanan berbasis teknologi.

Dalam dua tahun terakhir (2023–2025), perkembangan teknologi deep learning menunjukkan akselerasi pesat, terutama dengan hadirnya model generatif seperti GPT-4, Claude, Gemini, dan lainnya. Dalam konteks pendidikan, model ini digunakan untuk: a) Automated Tutoring System: Asisten belajar cerdas yang mampu memahami pertanyaan siswa, memberikan penjelasan, dan menyesuaikan metode pengajaran. b) Pembuatan Konten Otomatis: Menghasilkan materi pembelajaran, soal latihan, dan rangkuman bacaan yang disesuaikan dengan kurikulum nasional. c) Learning Analytics Berbasis AI: Sistem ini mampu memberikan umpan balik langsung kepada guru dan siswa terkait progres belajar, area kelemahan, dan rekomendasi lanjutan. d) Integrasi dalam LMS: Banyak Learning Management System mulai mengintegrasikan fitur AI seperti prediksi performa, pengingat otomatis, hingga chatbot admin untuk efisiensi pengelolaan kelas online.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan jenis studi literatur (library research). Pendekatan ini dipilih karena penelitian bertujuan untuk memahami fenomena secara mendalam melalui penelaahan sumber-sumber teoritis dan empiris yang relevan. Studi literatur dilakukan untuk menggali dan menganalisis berbagai teori, hasil penelitian sebelumnya, serta dokumen-dokumen yang berhubungan dengan penerapan deep learning dalam bidang pendidikan digital.

Sumber data dalam penelitian ini terdiri atas data sekunder, yaitu data yang diperoleh secara tidak langsung melalui studi dokumentasi. Data sekunder yang digunakan berasal dari: 1) Artikel jurnal ilmiah internasional dan nasional (terindeks SINTA, Scopus, dan lainnya). 2) Buku-buku referensi terkait artificial intelligence, deep learning, dan teknologi pendidikan. 3) Laporan resmi pemerintah, seperti dokumen kebijakan RIRN 2017–2045 dan peraturan terkait teknologi digital. 4) Publikasi dari institusi penelitian atau organisasi global seperti UNESCO, OECD, dan lembaga pendidikan lainnya.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui dokumentasi dan telaah pustaka, yaitu dengan mencari, membaca, menelaah, dan mencatat informasi penting dari sumber-sumber yang telah disebutkan. Proses ini dilakukan secara sistematis dengan menggunakan kata kunci tertentu seperti “deep learning”, “AI in education”, “pendidikan digital”, dan “adaptive learning”.

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode analisis isi (content analysis). Teknik ini bertujuan untuk mengidentifikasi tema-tema utama, pola, dan hubungan antar konsep dari literatur yang ditelaah. Data dianalisis secara deskriptif-kualitatif, kemudian disusun menjadi simpulan berdasarkan pemaknaan terhadap konten yang diperoleh dari sumber pustaka.

Untuk menjamin keabsahan data dalam penelitian kualitatif, dilakukan teknik triangulasi sumber. Data dibandingkan dan divalidasi dari berbagai jenis referensi, seperti artikel jurnal,

dokumen kebijakan, dan buku ilmiah, untuk memastikan konsistensi dan relevansi isi. Selain itu, penulis juga memperhatikan keterbaruan (up-to-date) dan kredibilitas sumber yang digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara mendalam bagaimana teknologi deep learning diterapkan dalam konteks pendidikan digital, serta menganalisis kontribusi, manfaat, dan tantangan yang muncul dari implementasinya. Dari hasil studi literatur yang telah dilakukan terhadap berbagai artikel jurnal, buku ilmiah, dan laporan kebijakan pendidikan, diperoleh beberapa hasil utama sebagai berikut:

Salah satu kontribusi utama deep learning dalam pendidikan adalah kemampuannya untuk membangun sistem pembelajaran adaptif (adaptive learning systems). Sistem ini memungkinkan kurikulum atau materi pembelajaran secara otomatis disesuaikan dengan kebutuhan, minat, dan kemampuan setiap siswa. Deep learning digunakan untuk menganalisis data perilaku siswa seperti waktu pengerjaan tugas, pola kesalahan, dan hasil kuis guna menyusun profil belajar individual.

Studi oleh Xu et al. (2021) menunjukkan bahwa penggunaan Long Short-Term Memory (LSTM), salah satu varian dari Recurrent Neural Network (RNN), efektif dalam memprediksi keberhasilan siswa pada materi berikutnya. Sistem ini kemudian menyesuaikan tingkat kesulitan materi atau menyarankan topik penguatan berdasarkan prediksi performa siswa. Hasil implementasi sistem seperti ini pada platform pendidikan digital seperti Squirrel AI di Tiongkok menghasilkan peningkatan prestasi akademik siswa hingga 32%.

Selain mengadaptasi materi, teknologi deep learning juga dapat digunakan untuk menganalisis emosi siswa saat proses pembelajaran berlangsung, terutama dalam sistem pembelajaran daring (online learning). Penerapan Computer Vision berbasis Convolutional Neural Network (CNN) telah digunakan untuk mendeteksi ekspresi wajah siswa melalui webcam, yang kemudian diinterpretasikan sebagai indikator emosi seperti bosan, tertarik, bingung, atau senang.

Penelitian oleh Liu et al. (2020) menemukan bahwa integrasi teknologi ini dalam sistem e-learning dapat membantu guru atau sistem otomatis memberikan intervensi ketika siswa menunjukkan tanda-tanda kelelahan atau kebosanan. Misalnya, sistem akan menyarankan waktu istirahat atau mengganti format pembelajaran menjadi video interaktif. Temuan ini menegaskan bahwa deep learning mendukung proses pembelajaran yang lebih manusiawi dan responsif.

Model Generative Pre-trained Transformer (GPT) dan arsitektur serupa telah mendorong kemajuan signifikan dalam pengembangan asisten pembelajaran digital berbasis AI. Chatbot yang dilatih dengan data pembelajaran mampu menjawab pertanyaan siswa, membantu menyelesaikan soal, menjelaskan konsep, bahkan memberi umpan balik secara otomatis.

Platform seperti Khanmigo (dari Khan Academy) dan Duolingo telah mengadopsi model GPT-4 untuk menghadirkan tutor virtual yang berinteraksi seperti guru manusia. Dalam konteks ini, deep learning tidak hanya menjadi alat bantu teknis, tetapi juga menciptakan model pengajaran baru yang dapat menjangkau lebih banyak siswa dalam waktu yang bersamaan.

Menurut laporan UNESCO (2023), lebih dari 50 juta siswa di seluruh dunia telah menggunakan layanan chatbot pembelajaran selama pandemi COVID-19. Hal ini memperlihatkan bahwa deep learning telah menjadi komponen penting dalam penyediaan pendidikan berbasis teknologi yang berskala besar.

Deep learning juga digunakan dalam penilaian otomatis, khususnya untuk tugas berbasis teks seperti esai atau laporan. Model BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) dan GPT dapat mengevaluasi tulisan siswa berdasarkan struktur kalimat, relevansi isi, dan kejelasan argumen. Beberapa platform pembelajaran seperti Coursera dan EdX telah mengintegrasikan sistem ini untuk membantu penilaian tugas dalam jumlah besar tanpa mengorbankan akurasi.

Kemampuan ini sangat penting dalam mempercepat proses pembelajaran di kelas besar serta meringankan beban guru. Namun demikian, model ini tetap memerlukan verifikasi manusia untuk menjaga obyektivitas dan kualitas penilaian.

Dari hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa teknologi deep learning menawarkan transformasi besar dalam pendekatan pembelajaran digital. Dengan kemampuannya dalam mengolah data besar, mengenali pola perilaku, dan memberikan umpan balik secara otomatis, deep learning telah membuka peluang untuk personalisasi pendidikan yang lebih luas dan mendalam. Namun, penerapan teknologi ini tidak lepas dari sejumlah tantangan:

Karena deep learning membutuhkan data dalam jumlah besar, termasuk data sensitif seperti wajah, suara, dan kebiasaan belajar siswa, maka aspek privasi dan perlindungan data pribadi menjadi isu penting. Di Indonesia, hal ini telah diatur melalui Undang-Undang No. 27 Tahun 2022 tentang Perlindungan Data Pribadi (PDP). Peneliti dan pengembang sistem deep learning dalam pendidikan harus memperhatikan regulasi ini agar sistem yang dibangun tidak melanggar hak-hak siswa.

Meskipun potensinya besar, akses terhadap teknologi AI masih belum merata, terutama di daerah 3T (Tertinggal, Terdepan, dan Terluar). Infrastruktur yang tidak memadai dan keterbatasan perangkat menjadi hambatan besar bagi siswa dan guru untuk mengakses sistem pembelajaran berbasis AI. Oleh karena itu, perlu strategi nasional untuk digitalisasi pendidikan secara inklusif agar penerapan deep learning tidak memperdalam kesenjangan pendidikan.

Meskipun AI dan deep learning mampu menggantikan beberapa fungsi administratif atau repetitif guru, peran guru tetap krusial sebagai pendidik, fasilitator, dan pembimbing emosional. Teknologi seharusnya menjadi alat bantu, bukan pengganti. Oleh karena itu, pelatihan guru dalam literasi digital dan pemanfaatan AI menjadi penting agar mereka mampu mengoptimalkan teknologi dalam proses belajar mengajar.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa deep learning memiliki potensi besar dalam mendukung pendidikan digital yang lebih adaptif, efisien, dan personal. Namun, penerapan teknologi ini harus dilakukan secara bijaksana, dengan memperhatikan aspek etika, kesiapan sumber daya manusia, serta kebijakan yang mendukung transformasi pendidikan berbasis teknologi secara berkelanjutan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil studi literatur dan analisis data sekunder yang telah dilakukan, penelitian ini menyimpulkan bahwa teknologi deep learning memiliki peran yang signifikan dalam mendorong transformasi pendidikan digital. Penerapan deep learning membuka peluang bagi terciptanya sistem pembelajaran yang lebih adaptif, personal, dan interaktif. Teknologi ini memungkinkan pengembangan sistem pembelajaran adaptif yang mampu menganalisis pola belajar siswa dan menyesuaikan materi secara otomatis, sehingga setiap individu dapat belajar sesuai dengan gaya dan kecepatan masing-masing. Selain itu, melalui pemrosesan data visual dan perilaku digital siswa, sistem pembelajaran dapat mendeteksi emosi secara real-time dan memberikan intervensi yang tepat guna menjaga motivasi serta konsentrasi belajar. Kehadiran asisten pembelajaran cerdas, seperti chatbot dan tutor virtual berbasis model generatif, juga memberikan dukungan kontekstual yang bermanfaat dalam proses belajar mandiri. Di samping itu, teknologi ini turut mendukung penilaian otomatis terhadap tugas berbasis teks, termasuk esai dan jawaban uraian, yang dapat meningkatkan efisiensi evaluasi meskipun tetap memerlukan supervisi dari tenaga pendidik.

Namun demikian, penerapan deep learning dalam konteks pendidikan tidak lepas dari tantangan. Isu perlindungan data pribadi siswa, keterbatasan infrastruktur digital terutama di daerah 3T, serta tingkat literasi dan kesiapan guru dalam memanfaatkan teknologi AI menjadi hambatan yang harus segera diatasi. Untuk menjawab tantangan tersebut, diperlukan penguatan regulasi dan etika penggunaan kecerdasan buatan yang menekankan pada perlindungan data pribadi serta kepatuhan terhadap prinsip-prinsip hukum yang berlaku. Pemerataan akses terhadap

teknologi juga menjadi hal krusial, yang menuntut upaya serius dalam pembangunan infrastruktur digital serta penyediaan perangkat dan konektivitas yang merata di seluruh wilayah. Selain itu, peningkatan kapasitas guru melalui pelatihan yang komprehensif mengenai teknologi AI perlu dilakukan agar mereka dapat mengintegrasikan teknologi ini secara efektif dan kreatif dalam proses pembelajaran. Kolaborasi lintas sektor antara pemerintah, institusi pendidikan, pengembang teknologi, dan masyarakat menjadi kunci untuk menciptakan solusi pembelajaran berbasis deep learning yang kontekstual, relevan, dan berkelanjutan. Mengingat penelitian ini bersifat konseptual, maka diperlukan studi lanjutan yang bersifat empiris, seperti studi kasus di sekolah atau universitas, untuk mengevaluasi implementasi nyata dan dampaknya secara langsung terhadap kualitas proses pembelajaran.

REFERENSI

- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- McCulloch, W. S., & Pitts, W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *The Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5(4), 115–133. <https://doi.org/10.1007/BF02478259>
- Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., & Williams, R. J. (1986). Learning representations by back-propagating errors. *Nature*, 323(6088), 533–536. <https://doi.org/10.1038/323533a0>
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. In *Advances in Neural Information Processing Systems* (Vol. 30). https://papers.nips.cc/paper_files/paper/2017/file/3f5ee243547dee91fbd053c1c4a845aa-Paper.pdf
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. (2020). *Kebijakan Merdeka Belajar: Transformasi pendidikan nasional*. Jakarta: Kemendikbud.
- Taruklimbong, E. S. W., & Sihotang, H. (2023). Peluang dan tantangan penggunaan AI (Artificial Intelligence) dalam pembelajaran kimia. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(3), 26745-26757.
- Kementerian Riset dan Teknologi / Badan Riset dan Inovasi Nasional. (2017). *Rencana Induk Riset Nasional (RIRN) 2017–2045*.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2008). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2008 tentang Informasi dan Transaksi Elektronik (UU ITE)*.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2019). *Peraturan Pemerintah Nomor 71 Tahun 2019 tentang Penyelenggaraan Sistem dan Transaksi Elektronik*.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2022). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2022 tentang Perlindungan Data Pribadi*.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2019). *Peraturan Presiden Nomor 39 Tahun 2019 tentang Satu Data Indonesia*.
- Ruangguru. (2022). *Laporan tahunan inovasi dan teknologi pembelajaran*. <https://www.ruangguru.com>
- Zenius Education. (2021). *Pemanfaatan AI dan big data dalam pembelajaran digital*. Jakarta: Zenius Research Division.