



Asesmen Berbasis *Deep learning* dalam Pembelajaran Ekonomi di SMA: Tren, Tantangan, dan Prospek

Lu'luil Maxnun^{1*}, Ati Sadiyah²

^{1,2} Pendidikan Ekonomi, Universitas Siliwangi

E-mail Correspondence: luluilmaxnun@unsil.ac.id

Abstract

Assessment is a crucial instrument in economics learning at the senior high school level, serving to evaluate students' competency attainment while providing feedback for teachers. The advancement of artificial intelligence technology, particularly deep learning, offers new opportunities for more adaptive, automated, and analytical assessment practices. This article aims to analyze the trends, challenges, and prospects of deep learning-based assessment in high school economics education through a qualitative literature review. Data were collected from scholarly articles and research reports published between 2015 and 2025 that are relevant to assessment, deep learning, and economics education. The findings indicate emerging trends in the application of deep learning for adaptive assessment, essay answer analysis, misconception detection, and learning analytics. However, implementation in high schools faces several challenges, including limited infrastructure, low digital literacy among teachers, and issues related to ethics and data bias. Nevertheless, the prospects remain promising, aligning with the direction of the Merdeka Curriculum and the needs of 21st-century assessment. The article recommends the development of contextual deep learning-based assessment models for economics subjects and teacher training programs to enhance digital literacy.

Keywords: *Assessment, Deep Learning, Economics Learning, Senior High School, Merdeka Curriculum*

Abstrak

Asesmen merupakan instrumen penting dalam pembelajaran ekonomi di Sekolah Menengah Atas (SMA) untuk menilai pencapaian kompetensi siswa sekaligus memberikan umpan balik bagi guru. Perkembangan teknologi kecerdasan buatan, khususnya *deep learning*, membuka peluang baru dalam praktik asesmen yang lebih adaptif, otomatis, dan analitis. Artikel ini bertujuan menganalisis tren, tantangan, dan prospek asesmen berbasis *deep learning* dalam pembelajaran ekonomi SMA melalui kajian literatur kualitatif. Sumber data diperoleh dari artikel ilmiah dan laporan riset dalam kurun waktu 2015–2025 yang relevan dengan asesmen, *deep learning*, dan pendidikan ekonomi. Hasil kajian menunjukkan adanya tren penerapan *deep learning* pada asesmen

adaptif, analisis jawaban esai, deteksi miskonsepsi, dan learning analytics. Namun, implementasi di SMA menghadapi tantangan berupa keterbatasan infrastruktur, rendahnya literasi digital guru, serta isu etika dan bias data. Meski demikian, prospeknya menjanjikan karena sejalan dengan arah Kurikulum Merdeka dan kebutuhan asesmen abad ke-21. Artikel ini merekomendasikan pengembangan model asesmen berbasis *deep learning* yang kontekstual dengan mata pelajaran ekonomi serta pelatihan guru untuk meningkatkan literasi digital.

Kata kunci: *Asesmen, Deep learning, Pembelajaran Ekonomi, Sekolah Menengah Atas, Kurikulum Merdeka*

PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan salah satu aspek penting dalam pembangunan suatu negara (Mantau & Talango, 2023). Dalam era globalisasi dan perkembangan teknologi yang pesat, kebutuhan akan keterampilan abad 21 semakin meningkat (Yunita & Mandasari, 2025). Pendidikan abad ke-21 menuntut siswa untuk tidak hanya menguasai pengetahuan dasar, tetapi juga mampu berpikir kritis, kreatif, dan mampu memecahkan masalah secara inovatif. Kreativitas menjadi salah satu keterampilan yang perlu dikembangkan dalam proses pembelajaran di sekolah (Mubarok et al., 2025). Pembelajaran merupakan investasi yang paling utama bagi setiap bangsa apalagi bagi bangsa yang sedang berkembang yang giat membangun negaranya (Idrus, 2019). Seorang pendidik harus memiliki perencanaan pembelajaran karena itu sangat penting bahkan menjadi pedoman dan standar dalam usaha pencapaian Pendidikan yang berkualitas (Wita Marheni et al., 2024).

Perencanaan pembelajaran adalah tahap penyusunan langkah-langkah aktivitas guru, aktivitas peserta didik, bahan ajar, pendekatan, metode, dan evaluasi yang berguna untuk memandu guru dalam proses pelaksanaan untuk mencapai tujuan pembelajaran tertentu (Azzahra et al., 2023; Putrianingsih et al., 2021). Berdasarkan hal tersebut, idealnya guru perlu merancang perencanaan pembelajaran, sebab hal tersebut menjadi salah satu kunci penting bagi guru untuk dapat melaksanakan pembelajaran yang efektif dan efisien untuk mencapai tujuan pembelajaran. Di samping merancang perencanaan pembelajaran, guru juga perlu menyusun rencana asesmen. Rencana ini penting untuk mengukur sejauh mana peserta didik mencapai tujuan pembelajaran dan sebagai bahan evaluasi untuk

perbaikan pembelajaran selanjutnya (Mauidzati, 2023). Dalam hal ini perencanaan asesmen merupakan komponen penting dalam proses pembelajaran, sebab asesmen tidak hanya berfungsi untuk menilai pencapaian siswa, tetapi juga sebagai alat untuk memperbaiki kualitas pembelajaran (Ramatni et al., 2023).

Asesmen dalam pembelajaran ekonomi tidak hanya berfungsi sebagai alat ukur capaian akademik siswa, tetapi juga sebagai sarana diagnosis untuk memahami pola pikir, kemampuan analisis, dan pemecahan masalah (Jannah, 2025). Pembelajaran dan penilaian merupakan hal yang tidak dapat dipisahkan, karena penilaian merupakan komponen utama tugas seorang guru dalam memanfaatkan hasil penilaian kemajuan belajar mengajar sebagai bahan informasi dalam perbaikan proses belajar mengajar di masa yang akan datang (Rizal et al., 2021). Dalam era digital, asesmen dituntut lebih adaptif, berbasis kompetensi, dan mampu menangkap proses belajar siswa, bukan sekadar hasil akhir. Asesmen tidak hanya melihat apakah jawaban benar atau salah, tapi apakah siswa sudah menguasai kompetensi atau keterampilan tertentu sesuai tujuan pembelajaran. Misalnya dalam ekonomi SMA, asesmen menilai apakah siswa bisa menganalisis fenomena pasar, bukan hanya menghafal definisi. Hal ini berarti bahwa penilaian memberikan kendali yang signifikan terhadap isi, metode, kecepatan, dan tujuan pembelajaran di kelas (Mustapa et al., 2025).

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan (*artificial intelligence/AI*), khususnya *deep learning*, menghadirkan peluang baru dalam dunia asesmen pendidikan. Pendekatan pembelajaran yang digagas oleh Menteri Pendidikan Dasar dan Menengah (Mendikdasmen) Abdul Mu'ti ini menekankan pentingnya pembelajaran yang berfokus pada pemahaman mendalam, yang memungkinkan siswa untuk tidak hanya menghafal, tetapi menginternalisasi pengetahuan secara bermakna (Suwandi et al., 2024). Pendekatan *deep learning* sendiri bukan suatu hal yang baru, tetapi istilah ini sudah muncul sejak tahun 1976 (Khotimah & Abdan, 2025). *Deep learning* pertama kali diperkenalkan oleh Marton dan Säljö (1976), merupakan pendekatan pembelajaran yang menekankan pada pemahaman makna dan hubungan antar konsep secara menyeluruh. Pendekatan pembelajaran berbasis *deep learning* (DL) dapat digunakan untuk sistem pendidikan adaptif yang

dipersonalisasi. Pembelajaran yang dipersonalisasi (juga dikenal sebagai pembelajaran berbasis kompetensi) adalah pendekatan pendidikan di pengajaran dimana siswa dapat menyesuaikan dengan kebutuhan dan kemampuannya (Andriana et al., 2023). *Deep learning* memungkinkan sistem komputer meniru kemampuan manusia dalam mengenali pola, memahami bahasa alami, serta menganalisis data kompleks. Hal ini membuka ruang asesmen yang lebih canggih seperti analisis otomatis jawaban esai, prediksi kesulitan belajar, hingga deteksi miskonsepsi siswa.

Kajian-kajian sebelumnya menunjukkan penerapan *deep learning* dalam asesmen lebih banyak dilakukan pada bidang STEM (sains, teknologi, engineering, dan matematika). Namun, pada pembelajaran ekonomi SMA, penelitian masih terbatas. Padahal, ekonomi sebagai mata pelajaran memiliki karakteristik khas: menuntut kemampuan berpikir kritis (Sari et al., 2025), analisis kasus nyata, serta argumentasi logis. Keterampilan berpikir kritis sangat penting dalam pembelajaran ekonomi modern (Lestari et al., 2024), khususnya dalam menangani persoalan ekonomi yang kompleks dan terus berubah. Melalui pembelajaran ekonomi, siswa ditargetkan mampu berpikir kritis dalam menyelesaikan persoalan ekonomi sehari-hari (Sari & Ritonga, 2021).

Tinjauan pustaka menunjukkan bahwa berbagai studi mutakhir telah mengeksplorasi potensi besar *deep learning* dalam dunia pendidikan. (LeCun et al., 2015) mengungkapkan bahwa *deep learning* memungkinkan sistem komputer untuk "belajar" dari data dalam berbagai tingkatan, mulai dari pola sederhana hingga konsep kompleks. (Zawacki-Richter et al., 2019) menegaskan bahwa penerapan kecerdasan buatan dalam pendidikan dapat meningkatkan personalisasi pembelajaran dan keterlibatan siswa. Namun, (Buolamwini & Gebru, 2018) memperingatkan tentang risiko bias algoritmik dalam sistem AI yang dapat memperkuat ketidakadilan sosial, sementara (Mahar, 2025) menyoroti ketimpangan infrastruktur pendidikan di Indonesia, terutama di wilayah 3T (tertinggal, terdepan, dan terluar). Kesenjangan literatur tersebut mengindikasikan bahwa meskipun teknologi menawarkan solusi inovatif, kesiapan faktual di lapangan masih belum memadai, terutama dalam konteks pendidikan dasar dan

menengah di Indonesia. Kesenjangan antara penelitian yang ada dengan realitas faktual menunjukkan perlunya kajian kontekstual yang menyoroti kondisi aktual pendidikan di Indonesia. Banyak penelitian lebih menitikberatkan pada pendidikan tinggi di negara maju, sementara implementasi *deep learning* pada pendidikan dasar dan menengah di Indonesia masih belum banyak dikaji. Selain itu, literatur yang ada cenderung mengabaikan tantangan kultural seperti resistensi terhadap perubahan digital di lingkungan pendidikan. Kondisi ini menegaskan pentingnya penelitian yang tidak hanya membahas potensi teknologi, tetapi juga menelaah tren, tantangan, dan prospek *deep learning* dalam pembelajaran IPS.

Urgensi penelitian ini semakin kuat mengingat perubahan cepat dalam ekosistem pendidikan yang menuntut adaptasi terhadap teknologi pembelajaran berbasis kecerdasan buatan. Sementara negara-negara maju telah menunjukkan efektivitas *deep learning* dalam meningkatkan akurasi asesmen, personalisasi pembelajaran, dan efisiensi evaluasi. Implementasinya di Indonesia masih menghadapi kesenjangan adopsi, baik dari segi kesiapan guru, infrastruktur, maupun literasi digital. Kondisi ini menunjukkan adanya kebutuhan mendesak untuk menghadirkan kajian yang tidak hanya memetakan tren terkini, tetapi juga memberikan pemahaman yang komprehensif mengenai potensi, tantangan, dan arah perkembangan *deep learning* dalam asesmen pembelajaran ekonomi pada jenjang SMA. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan kebijakan pendidikan sekaligus peningkatan kualitas praktik pembelajaran.

Berdasarkan latar belakang tersebut, artikel ini bertujuan menjawab tiga pertanyaan, yakni (1) bagaimana tren asesmen berbasis *deep learning* dalam pembelajaran ekonomi SMA, (2) apa saja tantangan implementasi asesmen berbasis *deep learning* di sekolah menengah, dan (3) bagaimana prospek penerapannya dalam mendukung Kurikulum Merdeka dan pengembangan kompetensi siswa abad ke-21.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode kajian literatur. Data diperoleh dari artikel jurnal, prosiding, buku, dan laporan penelitian yang terbit pada periode 2015–2025. Pencarian literatur dilakukan melalui database *Google Scholar*, *Publish or Perish*, dan *Scopus* menggunakan kata kunci *deep learning assessment*, *AI in economics education*, *adaptive testing high school*, dan *learning analytics*. Kriteria inklusi literatur adalah artikel yang membahas asesmen pendidikan berbasis *deep learning* atau kecerdasan buatan, khususnya pada jenjang menengah dan mata pelajaran ekonomi, serta dipublikasikan dalam rentang 2015–2025. Artikel yang hanya menyinggung AI secara umum tanpa relevansi dengan asesmen pendidikan dikecualikan.

Analisis data dalam penelitian menggunakan model dari (Miles et al., 2014) yang meliputi tiga tahap, yaitu: (1) Reduksi, (2) Penyajian Data, (3) Penarikan Kesimpulan. Berdasarkan model tersebut, penelitian ini mengembangkan tiga tema utama yang menjadi fokus kajian, yaitu: (1) tren penerapan *deep learning* dalam asesmen pendidikan, (2) tantangan implementasi asesmen berbasis *deep learning* di sekolah, dan (3) prospek asesmen berbasis *deep learning* khususnya pada mata pelajaran ekonomi SMA. Ekonomi sebagai mata Pelajaran yang memiliki karakteristik khas menuntut kemampuan berpikir kritis dalam menyelesaikan persoalan ekonomi sehari-hari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Tren Asesmen dalam Pembelajaran Ekonomi SMA: *Deep learning*

Perkembangan asesmen dalam pendidikan saat ini mengalami pergeseran signifikan seiring dengan kemajuan teknologi kecerdasan buatan (*artificial intelligence/AI*), khususnya *deep learning*. Jika sebelumnya asesmen didominasi oleh tes konvensional berupa pilihan ganda dan esai manual, maka kini tren global mengarah pada asesmen berbasis teknologi yang lebih adaptif, otomatis, dan multi-dimensi. Dalam *assessment* tradisional, guru masih cenderung menggunakan metode penilaian tradisional yang lebih fokus pada hasil akhir daripada proses

pembelajaran, diantaranya hanya fokus pada hafalan tidak dan umpan balik terbatas (DeLuca et al., 2018; Nurhayati et al., 2018).

Secara global, penelitian menunjukkan bahwa asesmen berbasis *deep learning* telah mampu mengatasi keterbatasan asesmen tradisional. (Alawadh et al., 2024) mengembangkan *Automatic Essay Grading* (AEG) dengan memanfaatkan fitur makrostruktur wacana dan leksikal, yang terbukti meningkatkan akurasi penilaian esai. Hal ini sejalan dengan temuan (K. Sun & Wang, 2024) yang menekankan pentingnya penilaian multi-dimensi, di mana *deep learning* tidak hanya menilai aspek bahasa, tetapi juga koherensi, argumentasi, dan kualitas berpikir kritis siswa. Tren ini sangat relevan bagi pembelajaran ekonomi, mengingat ekonomi menuntut kemampuan analisis dan penalaran argumentatif. Selain itu, asesmen juga bergerak menuju model adaptive testing. (Rukli & Atan, 2024) menunjukkan bahwa metode *low-high* dalam *Item Response Theory* (IRT) mampu menyesuaikan tingkat kesulitan soal dengan kemampuan siswa. Hal ini mengarah pada personalisasi asesmen, yang selaras dengan kebutuhan Kurikulum Merdeka di Indonesia yang menekankan diferensiasi pembelajaran.

Di bidang literasi ekonomi, (Bamiro et al., 2024) menyoroti bahwa masih terdapat kelemahan instrumen literasi ekonomi secara psikometris, sehingga membuka peluang bagi integrasi AI dalam mengembangkan asesmen yang lebih valid dan reliabel. Sementara (Mao, 2025) memperkenalkan model asesmen kualitas pendidikan daring berbasis *deep learning*, yang semakin mempertegas arah global bahwa *deep learning* menjadi fondasi penting dalam asesmen masa depan.

Di Indonesia, tren serupa mulai terlihat meskipun masih pada tahap awal. Kajian bibliometrik menunjukkan bahwa penelitian tentang kecerdasan buatan (*Artificial intelligence/AI*) dalam pembelajaran ekonomi mulai meningkat, meskipun sebagian besar masih berfokus pada pengembangan media dan bahan ajar digital, bukan pada asesmen berbasis AI (Annisa et al., 2024). Penelitian lain mengulas potensi integrasi AI dalam sistem evaluasi pendidikan menengah, yang menegaskan arah menuju asesmen digital adaptif dan personalisasi belajar (Sutrisno et al., 2025). Di sisi lain, Hastuti et al., (2025) menyoroti penerapan *deep learning* dalam

pendidikan digital secara umum, yang membuka kemungkinan adopsi dalam asesmen otomatis.

Secara khusus di pembelajaran ekonomi SMA, (Saputra & Bahrudin, 2024) menggarisbawahi peran literasi digital dan literasi ekonomi sebagai faktor penting dalam keberhasilan asesmen digital. Hal ini menunjukkan bahwa tren asesmen ekonomi di Indonesia bukan hanya soal teknologi, tetapi juga kesiapan siswa dan guru. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tren global sudah mengarah pada asesmen berbasis *deep learning* yang multi-dimensi dan adaptif, sementara di Indonesia tren baru sampai pada tahap eksplorasi integrasi AI dan digitalisasi asesmen, dengan ekonomi sebagai bidang yang potensial untuk dikembangkan.

Dengan demikian, dapat diidentifikasi bahwa tren utama penerapan *deep learning* dalam asesmen pendidikan, khususnya pada pembelajaran ekonomi SMA, mencakup empat aspek utama, yaitu: asesmen adaptif yang menyesuaikan tingkat kemampuan siswa, analisis jawaban esai otomatis berbasis *natural language processing*, deteksi miskonsepsi terhadap konsep-konsep ekonomi, dan *learning analytics* untuk memahami strategi belajar siswa.

Tabel 1. Ringkasan Artikel Mengenai Asesmen

Penulis dan Tahun	Fokus Penelitian	Temuan Utama	Relevansi
Alawadh et al. (2024)	<i>Automatic Essay Grading (AEG)</i>	<i>Deep learning</i> + analisis linguistik → penilaian esai lebih akurat	Potensi penilaian otomatis esai ekonomi
Sun & Wang (2024)	<i>Multi-dimensional essay scoring</i>	Penilaian grammar, coherence, argumentasi dengan DL	Mendukung asesmen HOTS di ekonomi
Rukli & Atan (2022)	<i>Adaptive testing (IRT)</i>	Model <i>low-high</i> meningkatkan personalisasi tes	Relevan untuk asesmen adaptif siswa SMA
Bamiro et al. (2024)	Literasi ekonomi	Instrumen literasi ekonomi masih lemah secara psikometris	Butuh integrasi AI untuk validitas asesmen ekonomi
Mao (2025)	<i>Quality assessment online learning</i>	DL mampu menilai kualitas pembelajaran daring	Prospek asesmen digital ekonomi
Annita et al. (2024)	Bibliometrik AI dalam pendidikan ekonomi	Riset AI dalam ekonomi meningkat di Indonesia	Menunjukkan tren awal penelitian lokal

Sutrisno et al. (2025)	Integrasi AI dalam evaluasi pendidikan menengah	AI berpotensi untuk asesmen SMA	Relevan dengan konteks asesmen ekonomi
Hastuti et al. (2025)	<i>Deep learning</i> dalam pendidikan digital	DL mendukung pembelajaran & evaluasi	Bisa diadaptasi ke asesmen ekonomi
Saputra & Bahrudin (2024)	Literasi ekonomi & digital siswa	Literasi digital memengaruhi asesmen ekonomi	Kesiapan siswa SMA dalam asesmen digital

Sumber: Diolah oleh penulis (2025)

Kajian literatur menunjukkan bahwa penerapan *deep learning* dalam asesmen Pendidikan mengalami peningkatan signifikan dalam dekade terakhir, khususnya pada pembelajaran ekonomi di tingkat SMA. Pertama, asesmen adaptif yang dikembangkan dengan algoritma *deep learning* memungkinkan sistem penilaian menyesuaikan tingkat kesulitan soal berdasarkan kemampuan individu siswa. Hal ini memberikan peluang asesmen yang lebih personal dan akurat dalam memotret kompetensi siswa (Kabudi et al., 2021). Kedua, analisis jawaban esai otomatis berbasis *natural language processing* (NLP) telah banyak digunakan untuk menilai uraian siswa. Dengan pendekatan ini, sistem mampu mengidentifikasi struktur argumen, ketepatan penggunaan konsep ekonomi, serta koherensi jawaban, sehingga mempercepat proses penilaian yang sebelumnya hanya bisa dilakukan secara manual (Rodríguez-Ortiz et al., 2025).

Ketiga, *deep learning* juga digunakan untuk mendeteksi miskonsepsi siswa terhadap konsep-konsep ekonomi tertentu. Misalnya, ketika siswa keliru memahami hubungan antara harga dan permintaan dalam kasus barang Giffen, sistem dapat mengidentifikasi pola kesalahan ini dan memberikan umpan balik yang sesuai (Lin et al., 2025). Keempat, penerapan learning analytics memungkinkan guru maupun peneliti untuk memahami strategi belajar siswa melalui analisis data interaksi mereka dengan materi, termasuk waktu belajar, tingkat keterlibatan, dan pola pengerjaan soal (Alalawi et al., 2025; Veluri et al., 2022).

Keempat aspek ini menunjukkan bahwa *deep learning* tidak hanya meningkatkan efisiensi asesmen, tetapi juga membuka ruang bagi asesmen yang

lebih diagnostik dan formatif, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan kualitas pembelajaran ekonomi di sekolah (Caspari-Sadeghi, 2023; Kovač et al., 2025)

Tantangan Implementasi

Perkembangan teknologi *deep learning* membuka peluang baru dalam dunia pendidikan, khususnya dalam asesmen pembelajaran ekonomi di sekolah menengah. Teknologi ini memungkinkan asesmen yang lebih adaptif, personal, dan diagnostik, sehingga dapat memberikan gambaran lebih akurat mengenai kemampuan siswa. Namun, meskipun potensinya besar, penerapan asesmen berbasis *deep learning* di Indonesia tidaklah sederhana. Konteks sosial, ekonomi, dan pendidikan di Indonesia yang beragam menghadirkan hambatan tersendiri yang harus dipertimbangkan. Selain itu, keberhasilan implementasi asesmen berbasis *deep learning* tidak hanya bergantung pada teknologi semata, tetapi juga pada kesiapan ekosistem pendidikan secara keseluruhan. Ketersediaan infrastruktur, kapasitas guru, regulasi etika, hingga kebijakan kurikulum semuanya saling berkaitan. Apabila salah satu aspek ini lemah, maka manfaat *deep learning* tidak dapat optimal, bahkan berpotensi menimbulkan masalah baru dalam praktik pendidikan.

Meskipun asesmen berbasis *deep learning* menjanjikan peluang besar dalam meningkatkan kualitas pembelajaran ekonomi di sekolah menengah, implementasinya masih menghadapi sejumlah tantangan. Pertama, keterbatasan infrastruktur masih menjadi hambatan utama. Banyak sekolah di Indonesia masih mengalami kesenjangan dalam ketersediaan perangkat keras, jaringan internet yang stabil, serta platform asesmen digital yang memadai (Hafeez et al., 2021). Kondisi ini membuat pemanfaatan teknologi canggih seperti *deep learning* sulit dilakukan secara merata.

Kedua, kesiapan guru juga menjadi isu penting. Tingkat literasi digital guru, khususnya pada mata pelajaran ekonomi, masih relatif rendah sehingga mereka membutuhkan pelatihan khusus untuk dapat mengintegrasikan asesmen berbasis teknologi ke dalam praktik pembelajaran (Harianingsih & Jusoh, 2023). Ketiga, terdapat persoalan etika penggunaan data, terutama terkait potensi pelanggaran privasi siswa, bias algoritma, dan isu keadilan dalam penilaian. Tantangan ini

menuntut adanya regulasi dan standar etika yang jelas agar penerapan asesmen tetap melindungi hak-hak siswa (Williamson & Eynon, 2020).

Keempat, integrasi asesmen berbasis *deep learning* ke dalam kurikulum juga masih menjadi persoalan. Hingga saat ini, belum ada model asesmen yang secara eksplisit sesuai dengan karakteristik Kurikulum Merdeka, yang menekankan fleksibilitas dan pembelajaran berbasis kompetensi. Hal ini menuntut adanya adaptasi model asesmen agar sejalan dengan tujuan kurikulum nasional (Kemendikbudristek, 2022). Dengan demikian, keberhasilan implementasi asesmen berbasis *deep learning* sangat ditentukan oleh sinergi antara kesiapan infrastruktur, kompetensi guru, regulasi etika, serta integrasi dalam kebijakan kurikulum.

Prospek Penerapan

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan (AI) dan *deep learning* dalam beberapa tahun terakhir telah membawa transformasi besar di bidang asesmen pendidikan. Jika sebelumnya penilaian siswa identik dengan tes tertulis konvensional yang menekankan aspek kognitif semata, kini asesmen mulai diarahkan pada pengukuran kompetensi yang lebih komprehensif dan berbasis data. Inovasi ini membuka peluang bagi lahirnya asesmen yang lebih akurat, personal, dan adaptif terhadap kebutuhan peserta didik. Sejalan dengan penerapan Kurikulum Merdeka di Indonesia, asesmen berbasis *deep learning* dapat memainkan peran penting dalam menilai kemampuan bernalar kritis, kreatif, dan berkarakter, yang menjadi profil utama pelajar Pancasila. Pendekatan *deep learning* dipandang sebagai terobosan dalam dunia pendidikan karena mampu menghadirkan asesmen yang lebih berkualitas dan sesuai dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21.

Selain itu, global trend dalam bidang *educational technology* juga menunjukkan bahwa asesmen digital berbasis AI sudah mulai digunakan secara luas, baik untuk menilai keterampilan berpikir tingkat tinggi (*higher order thinking skills/HOTS*) maupun untuk mendukung asesmen formatif yang lebih cepat dan akurat (Acheampong et al., 2023; Alawadh et al., 2024). Dengan demikian, prospek penerapan asesmen berbasis *deep learning* dalam pembelajaran ekonomi SMA menjadi semakin relevan, tidak hanya untuk meningkatkan kualitas penilaian, tetapi

juga untuk mendukung transformasi pendidikan yang lebih inklusif, efisien, dan berorientasi masa depan.

Meskipun menghadapi sejumlah tantangan, prospek penerapan asesmen berbasis *deep learning* dalam pembelajaran ekonomi di tingkat SMA cukup menjanjikan, terutama dalam empat aspek. Pertama, asesmen berbasis *deep learning* berpotensi meningkatkan kualitas evaluasi pembelajaran. Dengan algoritma cerdas, penilaian dapat dilakukan secara lebih akurat, cepat, dan menyeluruh, sehingga guru memperoleh gambaran yang lebih utuh mengenai kompetensi siswa (Alawadh et al., 2024). Kedua, asesmen ini mendukung penerapan pembelajaran berbasis *Higher Order Thinking Skills* (HOTS). Sistem mampu menilai keterampilan berpikir kritis, analitis, dan reflektif yang sulit dicapai melalui asesmen konvensional (Acheampong et al., 2023).

Ketiga, penerapan asesmen ini selaras dengan arah Kurikulum Merdeka yang menekankan penguatan kompetensi bernalar kritis, kreatif, serta pembentukan karakter (Wong & Looi, 2022). Dengan integrasi *deep learning*, asesmen dapat disesuaikan untuk menilai capaian tersebut secara lebih komprehensif. Keempat, teknologi ini tidak dimaksudkan menggantikan peran guru, melainkan mendorong kolaborasi yang lebih efektif antara guru dan kecerdasan buatan (Zawacki-Richter et al., 2019). Guru tetap berperan sentral dalam interpretasi hasil asesmen, sementara teknologi berfungsi sebagai alat bantu yang memperkaya proses evaluasi. Keempat aspek ini menunjukkan bahwa *deep learning* tidak hanya meningkatkan efisiensi asesmen, tetapi juga membuka ruang bagi asesmen yang lebih diagnostik dan formatif, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan kualitas pembelajaran ekonomi di sekolah lebih relevan dengan tuntutan zaman.

Pembahasan

Tren Asesmen dalam Pembelajaran Ekonomi SMA: *Deep learning*

Hasil kajian menunjukkan bahwa tren global asesmen berbasis *deep learning* lebih banyak berkembang di bidang STEM, terutama dalam matematika, sains, dan komputasi, yang menekankan pemrosesan data numerik maupun visual dalam jumlah besar (Luckin et al., 2016; Zawacki-Richter et al., 2019). Namun demikian, potensi adaptasi ke bidang ilmu sosial, termasuk pembelajaran ekonomi sangat

besar. Karakteristik ekonomi sebagai mata pelajaran analitis membuat asesmen otomatis, adaptif, dan berbasis argumen menjadi relevan untuk mengukur keterampilan berpikir kritis, penalaran logis, serta kemampuan problem solving siswa (Y. Sun et al., 2023). Hasil kajian menunjukkan bahwa tren penerapan *deep learning* mulai diarahkan pada asesmen adaptif, analisis jawaban esai, deteksi miskonsepsi, serta learning analytics yang memungkinkan guru memahami proses belajar siswa secara lebih mendalam.

Tantangan Implementasi

Tantangan implementasi di Indonesia mencakup keterbatasan infrastruktur sekolah, akses internet, serta literasi digital guru yang masih rendah. Sebenarnya, untuk mencapai keterampilan abad ke-21 ini, guru harus menguasai dan memahami berbagai kompetensi dan kemudian mengajarkannya kepada siswa (Swandi et al., 2023). Agar mampu beradaptasi dan menghadapi tantangan, penguasaan teknologi informasi dan komunikasi oleh guru sangat diperlukan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa rendahnya literasi digital guru baik dalam mengembangkan maupun menggunakan konten digital dalam pembelajaran membuat pembelajaran kurang menarik, monoton, dan membosankan sehingga berdampak pada penguasaan materi oleh siswa (Swandi et al., 2021).

Selain itu, isu etika penggunaan data juga perlu menjadi perhatian utama, termasuk risiko bias algoritma, perlindungan privasi siswa, serta potensi ketidakadilan dalam asesmen otomatis (Holmes et al., 2019). Oleh karena itu, pelatihan khusus bagi guru ekonomi mengenai literasi digital dan pedagogi berbasis AI perlu diintegrasikan dalam program pengembangan profesional berkelanjutan. Hasil pembahasan menunjukkan bahwa tantangan tersebut meliputi keterbatasan infrastruktur digital di sekolah, rendahnya literasi teknologi guru, serta adanya isu etika dan bias data dalam penerapan kecerdasan buatan di konteks pendidikan.

Prospek Penerapan

Prospeknya, asesmen berbasis *deep learning* memiliki potensi untuk memperkuat visi Kurikulum Merdeka, yang menekankan pembelajaran berpusat pada siswa serta penguatan keterampilan bernalar kritis, kreatif, dan kolaboratif

(Kemendikbudristek, 2022). Dengan dukungan kebijakan pemerintah, pelatihan guru, serta pengembangan platform asesmen yang sesuai konteks lokal, penerapan inovasi ini dapat meningkatkan kualitas evaluasi pembelajaran ekonomi di SMA sekaligus mempersiapkan siswa menghadapi tantangan abad ke-21 (Ali et al., 2024; Redecker & Punie, 2017). Pembahasan mengindikasikan bahwa penerapan asesmen berbasis *deep learning* memiliki prospek yang menjanjikan, karena sejalan dengan arah kebijakan Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran personal, berbasis kompetensi, serta pemanfaatan teknologi untuk pengambilan keputusan yang lebih tepat dalam evaluasi pembelajaran.

Temuan ini diperkuat oleh sejumlah studi terdahulu yang menunjukkan bahwa pemanfaatan *deep learning* dalam asesmen pendidikan dapat meningkatkan ketepatan prediksi hasil belajar, memperbaiki proses umpan balik, serta membantu guru dalam mengambil keputusan instruksional secara lebih akurat. Penelitian dari Wen & Juan (2023) melaporkan bahwa model *deep neural network* yang memanfaatkan urutan aktivitas belajar mampu memprediksi performa siswa lebih awal sehingga memungkinkan intervensi instruksional yang tepat waktu. Studi-studi lain juga menunjukkan kemampuan metode berbasis pembelajaran mendalam untuk mengidentifikasi miskonsepsi siswa dengan akurasi tinggi, sehingga mendukung personalisasi pembelajaran (Kökver et al., 2025). Selain itu, penelitian mengenai *automated essay scoring* menunjukkan bahwa pendekatan neural dapat meningkatkan konsistensi dan mengurangi beberapa sumber bias penilaian manusia, sehingga memberikan analisis performa yang lebih komprehensif (Uto & Okano, 2020). Bukti empiris dari kajian-kajian tersebut menguatkan argumen bahwa asesmen berbasis *deep learning* memiliki dasar ilmiah yang solid untuk dipertimbangkan dalam evaluasi pembelajaran ekonomi pada jenjang SMA.

KESIMPULAN

Kajian literatur ini menunjukkan bahwa penerapan *deep learning* dalam asesmen pendidikan memiliki potensi besar untuk meningkatkan kualitas pembelajaran ekonomi di tingkat SMA. Tren global memperlihatkan dominasi penggunaan *deep learning* pada bidang STEM, tetapi relevansinya dalam ekonomi tidak kalah penting karena karakter mata pelajaran yang analitis dan menekankan

keterampilan berpikir tingkat tinggi. Tantangan utama yang masih dihadapi adalah keterbatasan infrastruktur, literasi digital guru, integrasi dalam kurikulum, serta isu etika penggunaan data. Namun demikian, prospek pengembangan asesmen berbasis *deep learning* sejalan dengan visi Kurikulum Merdeka, yang menekankan pembelajaran berpusat pada siswa dan penguatan kompetensi abad ke-21. Dengan dukungan kebijakan, pelatihan guru, dan pengembangan platform kontekstual, inovasi ini dapat memperkuat evaluasi pembelajaran ekonomi di Indonesia.

Keterbatasan dan Rekomendasi Penelitian

Kajian ini memiliki keterbatasan karena sepenuhnya berbasis literature review, sehingga belum menyajikan data empiris langsung mengenai efektivitas penerapan *deep learning* dalam asesmen ekonomi di sekolah menengah. Selain itu, beberapa referensi yang digunakan berasal dari studi internasional dengan fokus utama pada bidang STEM, sehingga generalisasi ke konteks pembelajaran ekonomi di Indonesia perlu dilakukan dengan hati-hati. Keterbatasan lainnya adalah keterbatasan literatur yang secara spesifik membahas asesmen *deep learning* dalam kurikulum Indonesia, sehingga interpretasi hasil masih bersifat konseptual. Untuk memperkuat temuan ini, penelitian selanjutnya dapat diarahkan pada pengembangan model asesmen berbasis *deep learning* yang lebih kontekstual dengan pembelajaran ekonomi SMA. Hal ini penting agar sistem asesmen tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep, tetapi juga mampu menangkap kompetensi analitis siswa sesuai dengan karakteristik materi ekonomi. Selain itu, peningkatan literasi digital guru ekonomi melalui pelatihan berkelanjutan juga menjadi kebutuhan mendesak, mengingat guru memegang peran sentral dalam mengintegrasikan teknologi asesmen dengan praktik pembelajaran di kelas. Penelitian mendatang juga perlu mengkaji lebih jauh bagaimana asesmen berbasis *deep learning* dapat diintegrasikan dengan capaian Profil Pelajar Pancasila, sehingga asesmen tidak hanya mengukur kemampuan kognitif, tetapi juga menilai dimensi karakter, kreativitas, dan nilai gotong royong sebagaimana ditekankan dalam Kurikulum Merdeka. Dengan demikian, arah penelitian di masa depan tidak hanya berkontribusi pada pengembangan teori asesmen berbasis teknologi, tetapi juga memberikan dampak praktis bagi peningkatan kualitas pembelajaran ekonomi di

sekolah menengah mulai dari guru, pengembang teknologi hingga pembuat kebijakan.

DAFTAR RUJUKAN

- Acheampong, K., Dahlan, D., Disman, Suryadi, E., & Ramdhany, M. A. (2023). Learning and Assessment of HOTS among Senior High School Economics Students. *Jurnal Pendidikan Dan Pengajaran*, 56(1), 139–148. <https://doi.org/10.23887/jpp.v56i1.59290>
- Alalawi, K., Athauda, R., & Chiong, R. (2025). An Extended Learning Analytics Framework Integrating Machine Learning and Pedagogical Approaches for Student Performance Prediction and Intervention. *International Journal of Artificial intelligence in Education*, 35(3), 1239–1287. <https://doi.org/10.1007/s40593-024-00429-7>
- Alawadh, H. M., Meraj, T., Aldosari, L., & Tayyab Rauf, H. (2024). An Efficient Text-Mining Framework of Automatic Essay Grading Using Discourse Macrostructural and Statistical Lexical Features. *Sage Open*, 14(4). <https://doi.org/10.1177/21582440241300548>
- Ali, O., Murray, P. A., Momin, M., Dwivedi, Y. K., & Malik, T. (2024). The effects of *artificial intelligence* applications in educational settings: Challenges and strategies. *Technological Forecasting and Social Change*, 199, 123076. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.123076>
- Andriana, Zulkarnain, Rahman, S. A., Widjaya, A., Nasrullah, N., & Arrazaq, F. (2023). Pengembangan Model Pembelajaran *Deep learning* Inovatif Sebagai Pengabdian Masyarakat untuk Meningkatkan Pendidikan Inklusif di Sekolah Menengah Kejuruan Penyelenggara Pendidikan Inklusi. *Jurnal Pengabdian Tri Bhakti*, 5(2), 125–135. <https://doi.org/10.36555/jptb.v5i2.2226>
- Annisa, R., Machmud, A., & Suryadi, E. (2024). Kecerdasan Buatan dalam Pembelajaran Ekonomi: Analisis Bibliometrik. *Jurnal Ekonomi Dan Pendidikan*, 21(1), 1–13. <https://doi.org/10.21831/jep.v21i1.74795>
- Azzahra, I., Aan Nurhasanah, & Eli Hermawati. (2023). Implementasi Kurikulum Merdeka Pada Pembelajaran IPAS di SDN 4 Purwawinangun. *Didaktik : Jurnal Ilmiah PGSD STKIP Subang*, 9(2), 6230–6238. <https://doi.org/10.36989/didaktik.v9i2.1270>
- Bamiro, N. B., Zakariyah, Z., Li, Q., & Adewale, S. (2024). Evaluating the Psychometric Properties of Economic Literacy Measures: A Systematic Review. *Asian Journal of Assessment in Teaching and Learning*, 14, 85–104. <https://doi.org/10.37134/ajatel.vol14.1.8.2024>

- Buolamwini, J., & Gebru, T. (2018). Gender Shades: Intersectional Accuracy Disparities in Commercial Gender Classification. *Proceedings of the 1st Conference on Fairness, Accountability and Transparency*.
- Caspari-Sadeghi, S. (2023). Learning assessment in the age of big data: Learning analytics in higher education. *Cogent Education*, 10(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2022.2162697>
- DeLuca, C., Valiquette, A., Coombs, A., LaPointe-McEwan, D., & Luhanga, U. (2018). Teachers' approaches to classroom assessment: a large-scale survey. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 25(4), 355–375. <https://doi.org/10.1080/0969594X.2016.1244514>
- Hafeez, M., Kazmi, Q. A., & Tahira, F. (2021). Challenges faced by the Teachers and Students in online learning during COVID-19. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, 41(1), 55–70. <https://doi.org/10.21831/cp.v41i1.35411>
- Harianingsih, I., & Jusoh, Z. (2023). Overcoming Challenges of Online Learning: A Study on Undergraduates' Preparedness During The Covid-19 Pandemic. *Jurnal Tatsqif*, 21(1), 98–123. <https://doi.org/10.20414/jtq.v21i1.7248>
- Hastuti, S., Ansar, A., & Hermawan, N. (2025). Penerapan Teknologi *Deep learning* Dalam Pendidikan Digital. *Jurnal Penelitian Ilmu Pendidikan Indonesia*, 4(2), 356–365.
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Idrus, L. (2019). Evaluasi dalam Proses Pembelajaran. *Adaara: Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*, 9(2), 920–935. <https://doi.org/10.35673/ajmpi.v9i2.427>
- Jannah, N. (2025). Peran Evaluasi dan Asesmen Pendidikan dalam Proses Pembeajaran. *Al-Hikmah (Jurnal Pendidikan Dan Pendidikan Agama Islam)*, 7(2), 130–137.
- Kabudi, T., Pappas, I., & Olsen, D. H. (2021). AI-enabled adaptive learning systems: A systematic mapping of the literature. *Computers and Education: Artificial intelligence*, 2, 100017. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100017>
- Kemendikbudristek. (2022). *Panduan Implementasi Kurikulum Merdeka*. Kemdikbudristek.
- Khotimah, D. K., & Abdan, M. R. (2025). Analisis Pendekatan *Deep learning* untuk Meningkatkan Efektivitas Pembelajaran PAI di SMKN Pringkuku. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Indonesia (JPPI)*, 5(2), 866–879. <https://doi.org/10.53299/jppi.v5i2.1466>

- Kökver, Y., Pektaş, H. M., & Çelik, H. (2025). *Artificial intelligence applications in education: Natural language processing in detecting misconceptions. Education and Information Technologies, 30(3), 3035–3066.* <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12919-1>
- Kovač, V. B., Nome, D. Ø., Jensen, A. R., & Skreland, L. Lj. (2025). The why, what and how of *deep learning*: critical analysis and additional concerns. *Education Inquiry, 16(2), 237–253.* <https://doi.org/10.1080/20004508.2023.2194502>
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). *Deep learning. Nature, 521(7553), 436–444.* <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Lestari, P. D., Baiduri, B., & Ummah, S. K. (2024). Problem-based learning with iSpring assisted inquiry method on critical thinking skills. *Journal of Education and Learning (EduLearn), 18(1), 148–153.* <https://doi.org/10.11591/edulearn.v18i1.21089>
- Lin, Y., Chen, H., Xia, W., Lin, F., Wang, Z., & Liu, Y. (2025). A Comprehensive Survey on *Deep learning* Techniques in Educational Data Mining. *Data Science and Engineering.* <https://doi.org/10.1007/s41019-025-00303-z>
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education.*
- Mahar, P. (2025). Ribuan sekolah di Indonesia belum punya akses internet dan jaringan listrik. *Kompas.Com.* <https://www.kompas.com/edu/read/2025/03/21/193449071/ribuan-sekolah-di-indonesia-belum-punya-akses-internet-dan-jaringan-listrik>
- Mantau, B. A. K., & Talango, S. R. (2023). Pengintegrasian Keterampilan Abad 21 Dalam Proses Pembelajaran (Literature Review). *Irfani, 19(1), 86–107.* <https://doi.org/10.30603/ir.v19i1.3897>
- Mao, X. (2025). Online education quality assessment model based on *deep learning.* *Discover Artificial intelligence, 5(1), 152.* <https://doi.org/10.1007/s44163-025-00421-7>
- Mauidzati, N. (2023). Assesment Autentik Untuk Evaluasi Pembelajaran IPA Pada Madrasah Ibtidayah. *Tarbiyah Darussalam, 7(1).*
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative Data Analysis: A Methods Sourcebook (3rd ed.).* Sage Publications.
- Mubarok, A. S., Nurazizah, Z., Herawan, E., & Putri, D. P. (2025). *Deep learning* with Project-Based Learning (PjBL) Model for Student Creativity. *Pedagogia : Jurnal Pendidikan, 14(2), 239–252.* <https://doi.org/10.21070/pedagogia.v14i2.1957>

- Mustapa, A., Mahmud, M., Bahsoan, A., Alam, H. V., & Sudirman, S. (2025). Implementasi Asesmen Pembelajaran Kurikulum Merdeka Pada Mata Pelajaran Ekonomi Kelas X. *Jambura Economic Education Journal*, 7(2), 458–468. <https://doi.org/10.37479/jeej.v7i2.24545>
- Nurhayati, E., Jayusman, & Ahmad, T. A. (2018). Implementasi Penilaian Autentik dalam Pembelajaran Sejarah di SMA Negeri 1 Semarang. *Indonesian Journal of History Education*, 6(1), 21–30.
- Putrianingsih, S., Muchasan, A., & Syarif, M. (2021). Peran perencanaan pembelajaran terhadap kualitas pengajaran. *Inovatif: Jurnal Penelitian Pendidikan, Agama, Dan Kebudayaan*, 7(1), 138–163.
- Ramatni, A., Anjely, F., Cahyono, D., Rambe, S., & Shobri, M. (2023). Proses Pembelajaran dan Asesmen yang Efektif. *Journal on Education*, 5(4), 15729–15743.
- Redecker, C., & Punie, Y. (2017). *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigComp Edu*. Publications Office of the European Union.
- Rizal, M. K., Rochmiyati, R., Ambarita, A., & Hainilah, E. Y. (2021). Portofolio Asessment in Primary Schools. *Jurnal Ilmiah Teunuleh*, 2(2), 329–336. <https://doi.org/10.51612/teunuleh.v2i2.54>
- Rodríguez-Ortiz, M. Á., Santana-Mancilla, P. C., & Anido-Rifón, L. E. (2025). Machine Learning and Generative AI in Learning Analytics for Higher Education: A Systematic Review of Models, Trends, and Challenges. *Applied Sciences*, 15(15), 8679. <https://doi.org/10.3390/app15158679>
- Rukli, R., & Atan, N. A. (2024). Simulation of low-high method in adaptive testing. *REID (Research and Evaluation in Education)*, 10(1), 35–49. <https://doi.org/10.21831/reid.v10i1.66922>
- Saputra, M. D., & Bahrudin. (2024). Pemetaan Materi Ajar Ekonomi Jenjang SMA/MA Berdasarkan Kurikulum Merdeka. *Arus Jurnal Pendidikan*, 4(2), 49–56. <https://doi.org/10.57250/ajup.v4i2.585>
- Sari, E., Ardiana, N., & Ahmad, M. (2025). *Deep learning* dengan Pendekatan Kontekstual Terintegrasi Kearifan Lokal Tapanuli: Studi Validitas dalam Pengembangan Model Pembelajaran Ekonomi. *JPEK (Jurnal Pendidikan Ekonomi Dan Kewirausahaan)*, 9(2), 737-749.
- Sari, E., & Ritonga, M. K. (2021). Pengaruh Kesiapan Belajar dan Motivasi Belajar Terhadap Hasil Belajar Mata Pelajaran Ekonomi pada Siswa Kelas X IPS SMA Negeri 1 Batang Angkola. *Tazkir: Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Sosial Dan Keislaman*, 7(2), 221–234. <https://doi.org/10.24952/tazkir.v7i2.4415>

- Sun, K., & Wang, R. (2024). Automatic Essay Multi-dimensional Scoring with Fine-tuning and Multiple Regression. *ArXiv Preprint*. <http://arxiv.org/abs/2406.01198>
- Sun, Y., Tang, T., Zhou, M., & Chen, Z. (2023). Enhancing Economic Literacy Assessment through Adaptive Learning Models. *Journal of Educational Technology & Society*, 26(3), 45–59.
- Sutrisno, S., Sapri, J., Danim, S., & Risdianto, E. (2025). Integrasi kecerdasan buatan dalam evaluasi pendidikan menengah. *Jurnal Konseling Dan Pendidikan*, 13(1), 503–511. <https://doi.org/10.29210/1139700>
- Suwandi, Putri, R., & Sulastri. (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>
- Swandi, A., Asdar, A., Arsyad, S. N., Rahmadhanningsih, S., & Nurhayati, N. (2023). The Effectiveness of The Implementation of The Gold Standard Project Based Learning Model to Increase The Digital Literacy Index of Teachers. *JETL (Journal of Education, Teaching and Learning)*, 8(1), 57. <https://doi.org/10.26737/jetl.v8i1.3320>
- Swandi, A., Rahmadhanningsih, S., Yusuf, I., & Widyaningsih, S. W. (2021). Exploring the Compton Scattering Phenomenon with Virtual Learning Under Project Based Learning Model (PjBL). *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 4(1), 1–12. <https://doi.org/10.37891/kpej.v4i1.159>
- Uto, M., & Okano, M. (2020). *Robust Neural Automated Essay Scoring Using Item Response Theory* (pp. 549–561). https://doi.org/10.1007/978-3-030-52237-7_44
- Veluri, R. K., Patra, I., Naved, M., Prasad, V. V., Arcinas, M. M., Beram, S. M., & Raghuvanshi, A. (2022). Learning analytics using *deep learning* techniques for efficiently managing educational institutes. *Materials Today: Proceedings*, 51, 2317–2320. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.11.416>
- Wen, X., & Juan, H. (2023). Early Prediction of Students' Performance Using a Deep Neural Network Based on Online Learning Activity Sequence. *Applied Sciences*, 13(15), 8933. <https://doi.org/10.3390/app13158933>
- Williamson, B., & Eynon, R. (2020). Historical threads, missing links, and future directions in AI in education. *Learning, Media and Technology*, 45(3), 223–235. <https://doi.org/10.1080/17439884.2020.1798995>
- Wita Marheni, Patricia Wira Lestari, Lisa Sababalat, & Lisna Novalia. (2024). Perencanaan dan Pelaksanaan Pembelajaran yang Efektif. *Student Scientific Creativity Journal*, 3(1), 48–56. <https://doi.org/10.55606/sscj-amik.v3i1.4650>

- Wong, L. H., & Looi, C.-K. (2022). *Seamless Hybrid Science Learning: Streamlining the Techno-Pedagogical Designs for Wider Diffusion* (pp. 113–133). https://doi.org/10.1007/978-3-030-88520-5_8
- Yunita, L., & Mandasari, N. (2025). Pendidikan Sains Berorientasi Keterampilan Abad 21 dalam Konteks Pendidikan Tinggi: Review. *Panthera: Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains Dan Terapan*, 5(1), 40–49. <https://doi.org/10.36312/panthera.v5i1.334>
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on *artificial intelligence* applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>