

TANTANGAN KESIAPAN SDM GENERASI MUDA INDONESIA DALAM MENGADOPSI TEKNOLOGI AI: SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Wilda Bakti Puspitasari¹

¹Progam Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi
Universitas Semarang, Jawa Tengah, Indonesia
baktipuspitasari29@gmail.com¹

Abstract

Background – The development of Artificial Intelligence (AI) provides significant opportunities for sustainable natural resource management in Indonesia. However, the readiness of Indonesia's young human resources to adopt this technology still faces various challenges, such as gaps in digital competence, suboptimal training quality, and limited access to infrastructure, especially in rural areas. Although internet penetration has increased, unequal distribution of access and the lack of AI integration in education remain major obstacles.

Objective – This study aims to explore the readiness challenges of Indonesia's young human resources in adopting Artificial Intelligence (AI) technology to support sustainable natural resource management.

Design/Methodology/Approach – This research uses a qualitative descriptive approach to identify and analyze gaps in digital competence, training quality, and infrastructure access that affect the effectiveness of AI technology adoption.

Findings – The findings show that although internet penetration has increased, unequal access distribution and limited integration of AI education remain the main challenges. In addition, the lack of continuous training and the low level of technical readiness among young generations hinder the optimal use of AI in natural resource management.

Research Implication – Strengthening technical education, promoting continuous training, and improving infrastructure in rural areas are essential steps to develop a skilled and adaptive young generation. Collaboration among educational institutions, industry, and government is crucial to achieving technological sustainability and more efficient natural resource management.

Limitations – This study is limited by its qualitative descriptive approach, making the results more exploratory and lacking quantitative measurement of the readiness level of young human resources. In addition, the research scope does not specifically differentiate conditions across regions in Indonesia, which have varying levels of technology access.

Keyword: Human resource readiness, Artificial intelligence, Natural resource management, Digital education, Indonesia.

Abstrak

Latar Belakang - Perkembangan Artificial Intelligence (AI) memberikan peluang besar dalam pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan di Indonesia. Namun, kesiapan sumber daya manusia muda Indonesia dalam mengadopsi teknologi ini masih menghadapi berbagai tantangan, seperti kesenjangan kompetensi digital, kualitas pelatihan yang belum optimal, serta keterbatasan akses infrastruktur, terutama di wilayah pedesaan. Meskipun penetrasi internet

meningkat, distribusi akses yang tidak merata dan minimnya integrasi AI dalam pendidikan menjadi hambatan utama.

Tujuan - Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi tantangan kesiapan sumber daya manusia muda Indonesia dalam mengadopsi teknologi Artificial Intelligence (AI) untuk mendukung pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan.

Desain/ Metodologi/ Pendekatan - Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif untuk mengidentifikasi dan menganalisis kesenjangan dalam kompetensi digital, kualitas pelatihan, serta akses infrastruktur yang memengaruhi efektivitas adopsi teknologi AI.

Temuan - Hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun penetrasi internet mengalami peningkatan, distribusi akses yang tidak merata serta terbatasnya integrasi pendidikan AI masih menjadi kendala utama. Selain itu, kurangnya pelatihan berkelanjutan dan rendahnya kesiapan teknis generasi muda menghambat pemanfaatan AI secara optimal dalam pengelolaan sumber daya alam.

Implikasi Penelitian - Penguatan pendidikan teknis, promosi pelatihan berkelanjutan, dan peningkatan infrastruktur di wilayah pedesaan menjadi langkah penting untuk membentuk generasi muda yang terampil dan adaptif. Kolaborasi antara institusi pendidikan, industri, dan pemerintah sangat diperlukan untuk mewujudkan keberlanjutan teknologi dan pengelolaan sumber daya alam yang lebih efisien.

Batasan Penelitian - Penelitian ini terbatas pada pendekatan deskriptif kualitatif sehingga hasilnya lebih bersifat eksploratif dan belum memberikan pengukuran kuantitatif terhadap tingkat kesiapan sumber daya manusia muda. Selain itu, cakupan penelitian belum secara spesifik membedakan kondisi antarwilayah di Indonesia yang memiliki tingkat akses teknologi yang beragam.

Kata kunci: Kesiapan sumber daya manusia, Kecerdasan buatan, Pengelolaan sumber daya alam, Pendidikan digital, Indonesia

I. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara yang kaya akan sumber daya alam membutuhkan persiapan serius dari sumber daya manusia muda untuk dapat mengelola potensi tersebut secara modern dan berkelanjutan dalam era transformasi teknologi dan data (Suryadi, 2025). Namun kenyataannya, akses dan kesiapan infrastruktur digital serta kompetensi teknologi di kalangan generasi muda masih menunjukkan ketimpangan yang cukup nyata (Yulastri, 2025). Tabel berikut menunjukkan beberapa indikator terkait akses internet dan kesiapan digital di Indonesia sebagai gambaran awal tantangan yang dihadapi:

Tabel 1. Indikator Kesiapan Infrastruktur dan Akses Digital di Indonesia Tahun 2023

Indikator	Nilai
Persentase rumah tangga yang mengakses internet dalam 3 bulan terakhir (2023)	99,32 % menurut jenis media akses (telepon seluler)

Angka penetrasi internet pengguna (2023)	Sekitar 77 % dari total populasi
Distribusi konektivitas 4G antara daerah padat dan sangat jarang penduduk	Daerah sangat jarang penduduk 76 % ketersediaan vs padat 89,7 %

Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS), Freedom House, dan Opensignal

Tabel di atas menegaskan bahwa kendati indikator makro menunjukkan kemajuan, kondisi nyata di lapangan masih menghadirkan kompleksitas yang tidak boleh diabaikan. Ketidakmerataan distribusi akses dan kompetensi digital antar wilayah menimbulkan hambatan serius bagi generasi muda Indonesia untuk berperan optimal dalam pengelolaan sumber daya alam dengan pendekatan modern dan berbasis teknologi. Tidak hanya infrastruktur yang menjadi persoalan, tetapi juga kurikulum, metode pelatihan, dan kesiapan lembaga pendidikan serta pelatihan di banyak daerah masih belum sepenuhnya responsif terhadap dinamika teknologi dan pengelolaan alam (Fasinro, 2024). Generasi muda yang seharusnya menjadi agen perubahan dalam pengelolaan sumber daya alam modern seringkali menghadapi gap antara kemampuan yang dimiliki dengan tuntutan kompetensi yang dibutuhkan (Muzam, 2023).

Banyak sekolah dan pusat pelatihan masih menggunakan kurikulum dan metode yang kurang menyoroti keterampilan teknis, analitis, serta pemanfaatan data yang relevan dengan pengelolaan sumber daya alam modern (Subagio, 2024). Penelitian Fatimah (2025) menunjukkan bahwa level kompetensi digital guru dan instruktur masih didominasi oleh kategori “*Integrator*” atau lebih rendah, yang artinya mereka sudah menggunakan teknologi namun belum pada tahap menjadi pemimpin atau inovator teknologi pembelajaran. Hal ini berdampak pada bagaimana generasi muda memperoleh pembelajaran yang memadai untuk mengambil peran strategis di bidang pengelolaan SDA berbasis teknologi, sehingga pembaruan pendidikan dan pelatihan menjadi keharusan agar generasi muda memiliki kapasitas teknis dan analitis yang sesuai dengan tantangan nyata di lapangan.

Pelatihan non-formal dan pembinaan kompetensi melalui skema sertifikasi atau program khusus bagi generasi muda yang tertarik bekerja di pengelolaan sumber daya alam juga masih kurang tersebar dan belum terintegrasi secara nasional (Zein, 2021). Kondisi ini memunculkan risiko bahwa banyak calon tenaga kerja muda hanya memiliki pemahaman teknologi secara umum tanpa konteks spesifik terhadap pengelolaan sumber daya alam, data lingkungan, dan sistem pengelolaan berbasis teknologi. Maka

dari itu, tantangan yang muncul mencakup bagaimana lembaga pelatihan dan pendidikan dapat merancang program yang relevan dengan kebutuhan lapangan, termasuk kolaborasi dengan pemangku kepentingan wilayah, industri, dan pemerintah daerah. Sebagai akibatnya, sinergi antar-stakeholder menjadi elemen kunci agar generasi muda benar-benar siap menghadapi pengelolaan sumber daya alam yang semakin kompleks.

Kesiapan generasi muda dalam pengelolaan sumber daya alam tidak cukup hanya menguasai teknologi dan data, tetapi juga memerlukan sikap adaptif, pembelajaran sepanjang hayat, dan kemampuan kolaborasi lintas disiplin aspek-aspek yang belum sepenuhnya tumbuh dalam sistem pendidikan Indonesia saat ini (Patriasih, 2025). Riset menunjukkan bahwa meskipun penggunaan alat digital untuk pembelajaran rutin meningkat, korelasi antara penggunaan tersebut dan hasil belajar unggul masih lemah tanpa strategi yang tepat dan pendampingan yang memadai (Hulaifi, 2025). Pengelolaan sumber daya alam menuntut pemahaman terhadap konteks lingkungan, sosial, regulasi dan keberlanjutan bukan sekadar aspek teknis atau mekanis (Manik & Rambe, 2024). Maka, upaya pembentukan profil SDM muda yang ideal menjadi sangat penting agar tidak hanya mampu memakai teknologi, tetapi juga memahami implikasinya terhadap lingkungan dan masyarakat.

Tantangan kesiapan sumber daya manusia generasi muda Indonesia untuk mengadopsi teknologi dalam pengelolaan sumber daya alam mencakup aspek akses infrastruktur, kompetensi digital, relevansi kurikulum, pola pelatihan yang kontekstual, serta sinergi antara pendidikan formal, pelatihan non-formal dan pengelolaan SDA. Untuk mengatasi kesenjangan tersebut, perlu dilakukan langkah-strategis seperti pengembangan program pelatihan khusus untuk pengelolaan SDA berbasis teknologi, pembaruan kurikulum yang menggabungkan teknologi, data dan pengelolaan lingkungan, peningkatan akses di wilayah tertinggal, serta monitoring-evaluasi yang terarah terhadap hasil pembelajaran dan pelatihan. Langkah-langkah tersebut harus melibatkan berbagai pemangku kepentingan agar generasi muda benar-benar siap mengambil peran strategis dalam pengelolaan SDA modern dan berkelanjutan. Apabila tantangan-tantangan tersebut mampu ditangani secara sistematis, maka Indonesia memiliki peluang besar untuk meningkatkan daya saing nasional, mengoptimalkan

potensi sumber daya alam dan mencapai pembangunan yang inklusif dan berkelanjutan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Sumber Daya Manusia (SDM) Generasi Muda Indonesia

Sumber daya manusia (SDM) merupakan faktor utama dalam menentukan keberhasilan transformasi digital di berbagai sektor, termasuk dalam adopsi teknologi Artificial Intelligence (AI) (Becker, 1993; Sutrisno, 2017). Generasi muda Indonesia memiliki potensi besar sebagai penggerak utama inovasi teknologi karena lebih dekat dengan perkembangan digital dan memiliki kemampuan adaptasi yang relatif tinggi terhadap perubahan teknologi (Prensky, 2001; Tapscott, 2009). Namun demikian, kesiapan SDM generasi muda tidak hanya ditentukan oleh kemampuan menggunakan teknologi, tetapi juga oleh kompetensi berpikir kritis, problem solving, kreativitas, serta kemampuan belajar berkelanjutan (Trilling & Fadel, 2009; World Economic Forum, 2020). Menurut konsep human capital, kualitas SDM sangat dipengaruhi oleh pendidikan, pelatihan, pengalaman, dan akses terhadap teknologi (Becker, 1993). Dalam konteks Indonesia, masih terdapat kesenjangan kualitas SDM antara wilayah perkotaan dan pedesaan, terutama dalam hal akses pendidikan digital dan fasilitas pendukung pembelajaran teknologi (BPS, 2023; Kementerian Kominfo, 2022).

Artificial Intelligence (AI)

Artificial Intelligence (AI) merupakan teknologi yang memungkinkan mesin atau sistem komputer meniru kemampuan kognitif manusia, seperti belajar, menganalisis, memprediksi, dan mengambil keputusan (Russell & Norvig, 2021; Kaplan & Haenlein, 2019). AI telah berkembang pesat dan digunakan dalam berbagai bidang seperti pertanian, pertambangan, kehutanan, pendidikan, kesehatan, dan industri (Dwivedi et al., 2021; OECD, 2021). Dalam pengelolaan sumber daya alam, AI berperan penting dalam meningkatkan efisiensi, akurasi, dan keberlanjutan (UNEP, 2021; World Bank, 2022). Contohnya adalah penggunaan AI untuk prediksi cuaca pertanian, pemantauan hutan berbasis citra satelit, deteksi kerusakan lingkungan, serta optimalisasi penggunaan energi dan sumber daya air (FAO, 2022; UNEP, 2021). Oleh karena itu, penguasaan AI menjadi kompetensi penting bagi generasi muda Indonesia dalam menghadapi era industri 4.0 dan society 5.0 (Schwab, 2017; Fukuyama, 2018).

Kesiapan SDM dalam Mengadopsi Teknologi AI

Kesiapan SDM dalam mengadopsi teknologi AI mencakup aspek pengetahuan, keterampilan teknis, kesiapan mental, dan kemampuan adaptasi terhadap perubahan sistem kerja berbasis teknologi (Parasuraman, 2000; Venkatesh et al., 2003). Technology Readiness Theory menjelaskan bahwa kesiapan individu dalam menerima teknologi dipengaruhi oleh optimisme, inovasi, ketidaknyamanan, dan rasa tidak aman terhadap teknologi baru (Parasuraman, 2000). Banyak penelitian menunjukkan bahwa rendahnya literasi digital, kurangnya pelatihan berbasis AI, serta minimnya kurikulum pendidikan yang terintegrasi dengan teknologi modern menjadi hambatan utama dalam kesiapan generasi muda Indonesia (UNESCO, 2021; Kemendikbud, 2022). Selain itu, masih terdapat persepsi bahwa AI dapat menggantikan tenaga kerja manusia, sehingga menimbulkan resistensi terhadap adopsi teknologi tersebut (Brynjolfsson & McAfee, 2014; Frey & Osborne, 2017).

Pendidikan Digital dan Pelatihan Berkelanjutan

Pendidikan digital merupakan fondasi utama dalam membangun kesiapan SDM menghadapi transformasi teknologi (UNESCO, 2021; OECD, 2021). Integrasi pembelajaran AI dalam kurikulum pendidikan formal menjadi langkah penting untuk meningkatkan pemahaman generasi muda terhadap teknologi masa depan (Kemendikbud, 2022; World Economic Forum, 2020). Selain itu, pelatihan berkelanjutan melalui program sertifikasi, workshop, bootcamp, dan kolaborasi industri-akademik juga sangat diperlukan (ILO, 2021; World Bank, 2022). Pendidikan tidak hanya berfokus pada hard skills seperti coding dan data analysis, tetapi juga soft skills seperti kemampuan berpikir kritis, komunikasi, kolaborasi, dan kepemimpinan digital (Trilling & Fadel, 2009; WEF, 2020). Pendekatan lifelong learning menjadi sangat penting agar generasi muda mampu terus beradaptasi dengan perkembangan AI yang sangat cepat (Delors, 1996; OECD, 2021).

Tantangan Infrastruktur dan Kesenjangan Digital

Salah satu tantangan terbesar dalam adopsi AI di Indonesia adalah ketimpangan infrastruktur digital (BPS, 2023; Kementerian Kominfo, 2022). Meskipun penetrasi internet terus meningkat, akses terhadap jaringan yang stabil, perangkat teknologi, dan fasilitas pendidikan berbasis digital masih belum merata, terutama di daerah terpencil dan pedesaan (APJII, 2023; World Bank, 2022). Kesenjangan digital ini menyebabkan

ketimpangan kesempatan dalam memperoleh pengetahuan dan pelatihan AI (UNESCO, 2021; OECD, 2021). Akibatnya, generasi muda di wilayah tertentu tertinggal dalam kesiapan menghadapi transformasi digital (BPS, 2023). Oleh karena itu, dukungan pemerintah melalui pembangunan infrastruktur teknologi dan pemerataan akses pendidikan menjadi faktor yang sangat penting (Kementerian Kominfo, 2022; World Bank, 2022).

Systematic Literature Review (SLR) sebagai Pendekatan Penelitian

Systematic Literature Review (SLR) merupakan metode penelitian yang digunakan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis hasil penelitian terdahulu secara sistematis, transparan, dan terstruktur (Kitchenham, 2004; Snyder, 2019). Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk memperoleh gambaran komprehensif mengenai faktor-faktor yang memengaruhi kesiapan SDM generasi muda dalam mengadopsi AI (Xiao & Watson, 2019). Melalui SLR, penelitian dapat menemukan pola umum, kesenjangan penelitian, serta rekomendasi strategis berdasarkan berbagai sumber ilmiah yang relevan (Tranfield et al., 2003; Snyder, 2019). Metode ini sangat tepat digunakan untuk memahami isu multidimensional seperti kesiapan SDM, pendidikan digital, dan transformasi teknologi AI di Indonesia (Kitchenham, 2004; Xiao & Watson, 2019).

III. METODOLOGI PENELITIAN

Studi ini merupakan kajian pustaka sistematis (Systematic Literature Riview/SLR). Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif, dengan tujuan untuk menggambarkan secara mendalam tantangan kesiapan sumber daya manusia Indonesia khususnya generasi muda dalam mengadopsi teknologi kecerdasan buatan (AI) untuk pengelolaan sumber daya alam. Pendekatan ini dipilih karena mampu menjelaskan fenomena sosial dan pendidikan secara kontekstual melalui pemaknaan data yang bersifat non-numerik. Data utama diperoleh dari hasil studi pustaka yang mencakup laporan resmi pemerintah, hasil riset akademik, publikasi lembaga pendidikan, serta data statistik nasional seperti dari APJII, BPS, dan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. Teknik analisis yang digunakan adalah analisis isi (content analysis), yaitu menelaah pola, hubungan, dan kecenderungan dari sumber-sumber tersebut untuk

mengidentifikasi faktor utama yang memengaruhi kesiapan SDM Indonesia dalam bidang teknologi dan pengelolaan sumber daya alam.

Prosedur penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu (1) pengumpulan literatur yang relevan dengan tema pendidikan dan adopsi AI dalam konteks pengelolaan SDA, (2) klasifikasi data berdasarkan fokus penelitian seperti kompetensi, infrastruktur, dan pelatihan generasi muda, (3) interpretasi data dengan membandingkan hasil temuan antar-sumber, serta (4) penyusunan temuan akhir dalam bentuk uraian naratif yang menggambarkan kondisi aktual dan tantangan yang dihadapi. Validitas data dijaga melalui teknik triangulasi sumber, yaitu dengan memverifikasi informasi dari berbagai referensi resmi untuk memastikan keakuratan dan konsistensi. Hasil analisis kemudian digunakan untuk merumuskan rekomendasi strategis mengenai arah pengembangan pendidikan dan pelatihan AI bagi generasi muda Indonesia agar lebih siap menghadapi era digital dalam pengelolaan sumber daya alam.

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Kajian Literature Review

Peneliti & Tahun	Judul Penelitian	Variabel Utama	Metode	Hasil Utama
Cahyani, & Mussliha, (2025)	“Balancing Bytes and Biases: A Case Study of AI Adoption in Academic Human Resource Management”	Kesiapan Institusi, Budaya Organisasi, Infrastruktur Teknologi, Penerimaan Pemangku Kepentingan	Studi kasus kualitatif pada satu perguruan tinggi (wawancara & analisis dokumen)	Implementasi AI di HR akademik tergantung pada kesiapan institusi, budaya pendukung, dan infrastruktur; rekomendasi: pelatihan SDM, roadmap teknologi
Solichah, & Shofiah, (2024)	“Artificial Intelligence (AI) Literacy in Early Childhood Education: A Scoping Review”	Literasi AI, Kurikulum Pendidikan Anak, Kesiapan Pendidik	Scoping review/tinjauan literatur	Perlu integrasi literasi AI sejak dini; kekurangan kompetensi guru dan materi yang sesuai menjadi hambatan utama
Van der Merwe, et al. (2024)	“Improving Natural Resource Management through AI: Quantitative Analysis using SmartPLS”	Penggunaan AI, Kompetensi Teknologi, Efisiensi Pengelolaan SDA	Kuantitatif (kuesioner profesional AI & pengelolaan SDA) analisis SmartPLS	Penggunaan AI meningkatkan efisiensi pengelolaan SDA; tingkat kompetensi teknologi memoderasi efeknya

Jones, et al. (2024)	“AI for Sustainable Development: Applications in Natural Resource Management, Agriculture, and Waste Management”	Aplikasi AI (Monitoring, Prediksi), Outcome Pengelolaan Berkelanjutan	Analisis studi kasus multipel dan data kuantitatif ringkasan	AI signifikan meningkatkan monitoring sumber daya, prediksi iklim/hasil panen dan manajemen limbah; tantangan: kapasitas sumber daya manusia dan pembiayaan riset
Hanushchyn, et al. (2025)	“The Role of Artificial Intelligence in Natural Resource Management: Issues of Transparency and Efficiency”	Model AI pada Manajemen Air, Kualitas Data, Akurasi Prediksi	Kuantitatif dan studi komparatif model AI untuk manajemen air dan mineral	Model AI efektif untuk penilaian ketersediaan groundwater dan prediksi banjir; namun ketersediaan data berkualitas dan SDM ahli masih terbatas
Pettalongi, & Harianto, (2025)	“Revolusi Pembelajaran Adaptif Berbasis AI dalam Pengembangan SDM dan Dampaknya terhadap Daya Saing Ekonomi”	Pembelajaran Adaptif AI, Efektivitas Pelatihan, Kesiapan Peserta	Eksperimen/ implementasi program pelatihan berbasis AI dan evaluasi outcome	Pembelajaran adaptif berbasis AI meningkatkan efektivitas pelatihan dan respons peserta; hambatan: kesenjangan infrastruktur dan akses digital
Haetami, (2025)	“AI-Driven Educational Transformation in Indonesia: From Learning Personalization to Institutional Management”	Kebijakan AI Pendidikan, Kesiapan Institusi, Penerapan Pedagogi AI	Tinjauan kebijakan+studi kasus institusi pendidikan	Kebijakan mendukung namun implementasi terhambat oleh kesiapan guru, anggaran, dan kebutuhan pelatihan praktis bagi generasi muda
Jannah, et al. (2025)	“The Debate on AI and Coding Integration Issue in Indonesian Education Policy: Urgency, Challenges and Prospect”	Integrasi Coding & AI Di Kurikulum, Kesiapan Guru, Infrastruktur Sekolah	Analisis kebijakan dan review literatur; dokumentasi pilot-program	Integrasi diperlukan untuk meningkatkan literasi digital; tantangan utama: pelatihan guru, ketimpangan akses antar daerah
Farchan, (2025)	“Integration of Coding and Artificial Intelligence (AI) Subjects in Primary School Curriculum as an	Implementasi Mata Pelajaran Coding & AI, Outcome Literasi Digital Siswa	Tinjauan literatur sistematis & rekomendasi kebijakan	Potensi besar untuk menyiapkan generasi muda; diperlukan pelatihan guru berkelanjutan dan infrastruktur yang merata

	Effort to Improve 21st Century Skills”			
Fauziddin, et al. (2025)	“The Impact of AI on the Future of Education in Indonesia”	Pengaruh AI pada Pembelajaran Adaptif, Akses Pendidikan, Kesiapan Pelatihan	Systematic literature review (SLR)	AI mendukung pembelajaran adaptif dan personalisasi; hambatan utama: kesiapan SDM (guru & pelatih), infrastruktur, etika dan privasi data

PEMBAHASAN

Adopsi Teknologi AI dalam Pengelolaan SDM

Penelitian-penelitian terdahulu di dalam tabel di atas menunjukkan bahwa adopsi teknologi kecerdasan buatan (AI) dalam konteks pengelolaan sumber daya manusia (SDM) dan pendidikan di Indonesia serta dunia terus berkembang dengan fokus yang beragam. Cahyani & Musslifah (2025) menyoroti kesiapan institusi dan budaya organisasi dalam penerapan AI di bidang manajemen sumber daya manusia akademik, sementara Solichah & Shofiah (2024) menggarisbawahi pentingnya literasi AI sejak usia dini untuk menyiapkan generasi yang melek teknologi. Di sisi lain, Van der Merwe et al. (2024), Jones et al. (2024), dan Hanushchyn et al. (2025) berfokus pada penggunaan AI dalam pengelolaan sumber daya alam, menunjukkan bahwa kecakapan teknologi dan kualitas data menjadi faktor penting untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam pengelolaan SDA yang berkelanjutan.

Kelompok penelitian lain menitikberatkan pada aspek pendidikan dan pengembangan kompetensi manusia dalam menghadapi revolusi AI. Pettalongi & Harianto (2025) serta Haetami (2025) menunjukkan bahwa pembelajaran dan pelatihan berbasis AI dapat meningkatkan efektivitas dan personalisasi proses belajar, tetapi implementasinya masih terhambat oleh ketimpangan infrastruktur digital dan kesiapan tenaga pengajar. Jannah et al. (2025) dan Farchan (2025) membahas urgensi integrasi materi AI dan coding dalam kurikulum pendidikan dasar, yang dinilai mampu memperkuat keterampilan abad ke-21 bagi generasi muda. Fauziddin et al. (2025) memperkuat temuan tersebut dengan menekankan bahwa AI memiliki potensi besar untuk meningkatkan akses pendidikan adaptif, meski masih menghadapi isu etika, privasi data, dan kesiapan tenaga pelatih.

Tampak adanya beberapa kelemahan metodologis dan substantif yang perlu dicatat. Pertama, sebagian besar penelitian masih bersifat deskriptif atau berbasis tinjauan literatur (*literature review*), seperti yang dilakukan oleh Solichah & Shofiah (2024), Farchan (2025), dan Fauziddin et al. (2025), sehingga belum memberikan bukti empiris yang kuat terkait efektivitas penerapan AI di lapangan. Kedua, penelitian yang bersifat kuantitatif seperti Van der Merwe et al. (2024) dan Hanushchyn et al. (2025) memang memberikan data empiris, tetapi konteksnya masih terbatas pada sektor tertentu dan belum mengulas kesiapan sumber daya manusia secara spesifik di Indonesia. Ketiga, sebagian besar studi pendidikan (misalnya Haetami, Jannah, dan Pettalongi) belum menelaah hubungan langsung antara pelatihan AI dengan kesiapan generasi muda dalam bidang pengelolaan sumber daya alam, padahal tema tersebut menjadi krusial dalam konteks pembangunan berkelanjutan.

Kompetensi dan Pelatihan Generasi Muda

Generasi muda Indonesia yang akan mengambil peran dalam pengelolaan sumber daya alam harus memiliki kompetensi teknis dan analitis yang memadai untuk mengoperasikan perangkat dan sistem modern, namun kenyataannya banyak dari mereka belum memiliki dasar pembelajaran yang kuat untuk penguasaan digital dan data-terkait (Ananda, 2025). Sekolah dan lembaga pelatihan saat ini sering kali masih menggunakan metode tradisional yang kurang mengakomodasi pengembangan keterampilan baru seperti pemrosesan data, sistem pemantauan lingkungan dan pengembangan inovasi berbasis teknologi serta pengelolaan (Amin, 2024). Kondisi ini diperparah oleh fakta bahwa guru maupun instruktur di banyak daerah belum berada pada posisi yang mampu membimbing generasi muda dalam pembelajaran berbasis teknologi secara optimal, yang kemudian turut mempengaruhi tingkat kesiapan pelajar dan peserta pelatihan. Tantangan pendidikan formal dan non-formal menjadi sangat kompleks karena tidak hanya menyangkut ketersediaan perangkat keras, tetapi juga konten pembelajaran, kapasitas pendidik, dan relevansi dengan bidang pengelolaan sumber daya alam.

Untuk memberikan gambaran konkret, berikut data yang menunjukkan sejauh mana kompetensi guru, akses internet dan penetrasi di antara generasi muda Indonesia:

Tabel 1. Tingkat Kesiapan Guru dan Generasi Muda dalam Literasi Digital dan Akses Internet di Indonesia (2021–2024)

Indikator	Nilai
Persentase guru non-TIK yang menyatakan “siap dengan teknologi”	40 %
Indeks Literasi Digital Indonesia 2021 (skala 1-5)	3,49
Penetrasi internet berdasarkan jenjang pendidikan (2024)	S2/S3 = 100 %; S1 = 99,91 %; SMA/SMK = 96,31 %; SMP = 89,78 %; SD = 81,98 %

Sumber: GTK Dikdasmen, 2023, Katadata, APJII

Data di atas menunjukkan bahwa tingginya tingkat akses digital belum menjamin kompetensi generasi muda dalam pengelolaan sumber daya alam berbasis teknologi. Banyak lembaga pendidikan belum mengintegrasikan pembelajaran teknis, data, dan kolaborasi lintas disiplin secara efektif. Generasi muda di daerah terpencil sering kali memiliki akses internet, tetapi tidak memperoleh pelatihan relevan untuk pengelolaan hutan, tambang, atau kelautan. Pelatihan perlu disesuaikan secara lokal agar mereka tidak sekadar terhubung, tetapi benar-benar terampil dalam konteks nyata.

Program pelatihan bagi generasi muda harus menggabungkan keterampilan teknis, analitis, dan pemahaman lingkungan agar hasilnya efektif (Darman & Akadji, 2025). Namun, banyak lembaga pelatihan masih terbatas pada modul dasar tanpa kaitan langsung dengan praktik lapangan seperti monitoring air atau pengelolaan limbah. Generasi muda perlu dibina agar mampu membaca data, memahami dinamika lapangan, dan mengambil keputusan berbasis informasi. Pembinaan kompetensi menjadi bagian penting dari transformasi pengelolaan sumber daya alam modern.

Lembaga pendidikan dan pelatihan memiliki peran sentral dalam membentuk kurikulum yang relevan bagi generasi muda, namun keterbatasan dana, tenaga pengajar, dan fasilitas masih menjadi hambatan utama (Hasanah, 2024). Sekolah di luar Jawa banyak yang belum memiliki sarana jaringan memadai untuk pembelajaran berbasis teknologi. Kondisi ini menunjukkan bahwa pemerataan akses belum diiringi peningkatan kualitas pembelajaran dan sinergi lintas sektor (Falah & Hadna, 2022), sehingga penguatan kompetensi harus mencakup aspek kualitas dan relevansi lokal di setiap wilayah.

Kolaborasi antara lembaga pendidikan, pemerintah daerah, dan industri sangat penting agar pelatihan generasi muda berbasis pada praktik nyata. Tanpa keterlibatan langsung di lapangan, pembelajaran berisiko hanya bersifat teoritis dan tidak aplikatif.

Keterlibatan industri juga memungkinkan kurikulum menyesuaikan perkembangan teknologi dan kebutuhan lingkungan kerja. Ekosistem pembelajaran kolaboratif menjadi fondasi bagi SDM muda yang siap bekerja di bidang pengelolaan sumber daya alam modern.

Monitoring dan evaluasi program pelatihan diperlukan untuk memastikan hasil pelatihan benar-benar berpengaruh pada kemampuan kerja generasi muda (Huang, 2023). Banyak program hanya menilai kehadiran peserta tanpa meninjau penerapan keterampilan di lapangan. Evaluasi harus mencakup aspek teknis, praktik, dan dampak keberlanjutan agar pelatihan tidak berhenti pada tahap formalitas. Pendekatan seperti mentor lapangan dan proyek riil akan membantu memperkuat hasil pelatihan secara nyata.

Perubahan cepat dalam teknologi dan pengelolaan sumber daya alam menuntut generasi muda untuk terus memperbarui keterampilan. Namun, banyak sistem pelatihan masih bersifat satu kali tanpa pembaruan kompetensi rutin. Lembaga pelatihan perlu menyediakan modul lanjutan, komunitas praktik, dan akses ke mentor agar peserta tetap relevan dengan perkembangan terbaru. Tanpa mekanisme pembelajaran berkelanjutan, kompetensi yang dimiliki akan cepat usang.

Generasi muda Indonesia memiliki potensi besar untuk berperan dalam pengelolaan sumber daya alam melalui teknologi dan data, asalkan didukung penguatan kompetensi yang komprehensif (Moeins, 2024). Tantangan utama terletak pada kesenjangan antara teori dan penerapan di lapangan. Pelatihan yang efektif harus mampu menghubungkan keduanya agar hasilnya produktif. Pembinaan generasi muda menjadi investasi penting bagi daya saing dan keberlanjutan pengelolaan SDA nasional.

Rekomendasi jangka pendek meliputi perluasan program pelatihan yang menggabungkan teknologi, data, dan pengelolaan sumber daya alam di seluruh wilayah. Dalam jangka menengah, modul kontekstual seperti kehutanan, maritim, dan tambang perlu dikembangkan bersama sektor industri. Sementara jangka panjang menuntut sistem pembelajaran berbasis platform daring dan sertifikasi profesional. Langkah-langkah ini akan mencetak generasi muda yang tangguh, inovatif, dan adaptif terhadap tantangan masa depan.

Infrastruktur, Akses dan Kondisi Lapangan dalam Pengelolaan SDA

Pengelolaan sumber daya alam secara modern sangat bergantung pada tersedianya infrastruktur digital seperti jaringan internet, perangkat sensor, sistem pemantauan dan data yang dapat diakses oleh generasi muda serta tenaga kerja lapangan, namun distribusi infrastruktur tersebut di Indonesia masih menunjukkan ketimpangan yang signifikan (Aromatica, 2024). Sebagai contoh, wilayah-wilayah tertinggal, pulau luar, dan kawasan pedalaman sering kali masih menghadapi keterbatasan akses internet dan perangkat digital yang memadai, sehingga program pelatihan atau penerapan teknologi pengelolaan sumber daya alam menjadi terhambat. Diperparah dengan kondisi lapangan dalam pengelolaan sumber daya alam menuntut perangkat yang tahan kondisi lingkungan, pelatihan teknis di lapangan dan jaringan yang stabil aspek-aspek yang sering belum diperhitungkan dalam rencana pembangunan infrastruktur, sehingga kesiapan infrastruktur dan kondisi lapangan menjadi bagian kunci dari tantangan kesiapan SDM dalam mengadopsi teknologi dan data untuk pengelolaan sumber daya alam.

Berikut data yang menggambarkan perkembangan penetrasi internet dan akses digital di Indonesia, yang relevan dengan ketersediaan infrastruktur untuk generasi muda:

Tabel 3. Perkembangan Penetrasi Internet di Indonesia (2022–2025)

Tahun	Penetrasi Internet (%)
2022	77,01 %
2023	78,19 %
2025	80,66 %

Sumber: Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII)

Data ini memperlihatkan peningkatan penetrasi internet yang positif secara nasional, yang menjadi prasyarat penting bagi akses generasi muda ke teknologi dan data dalam pengelolaan sumber daya alam. Meskipun penetrasi internet secara nasional meningkat, masalah distribusi infrastruktur tetap muncul: konektivitas mungkin tersedia secara makro tetapi kualitas jaringan, kecepatan, ketersediaan perangkat, pelatihan teknis dan kondisi lingkungan lapangan masih belum memadai di banyak lokasi, terutama di luar wilayah perkotaan utama. Fenomena ini terlihat di banyak studi yang menyebut sekolah atau pelatihan di daerah terpencil masih belum optimal dalam menggunakan teknologi karena jaringan yang lambat, perangkat yang terbatas, atau instruktur yang belum terlatih. Generasi muda dalam pengelolaan sumber daya alam di

lapangan perlu mengoperasikan sistem pemantauan, sensor lingkungan, data dan perangkat mobile yang menuntut kestabilan jaringan dan pelatihan aplikasi yang tepat faktor yang sering kali terabaikan, sehingga peningkatan penetrasi saja tidak cukup jika aspek kualitas jaringan, perangkat, dan pelatihan lapangan tidak ditangani secara bersamaan.

Kondisi lapangan pengelolaan sumber daya alam di Indonesia menghadirkan tantangan khusus seperti topografi sulit, lokasi terpencil, cuaca ekstrem dan keanekaragaman ekosistem yang membuat penerapan teknologi dan data menjadi lebih kompleks, yang pada gilirannya menuntut generasi muda untuk memiliki kesiapan teknis lapangan serta kemampuan adaptasi terhadap lingkungan kerja yang tidak ideal (Waskitho, 2024). Sebagai contoh, generasi muda yang bekerja di pengelolaan hutan atau laut harus mampu menggunakan sistem monitoring jarak jauh, aplikasi pengambilan data di lapangan, dan sistem komunikasi yang mungkin mengalami kendala jaringan hal-hal yang membutuhkan pelatihan khusus dan kesiapan mental. Infrastruktur digital dan jaringan harus dirancang tahan kondisi wilayah, perangkat harus dilengkapi dengan pelatihan penggunaannya dalam konteks lapangan, dan lembaga pendidikan serta pelatihan harus memasukkan simulasi dan praktik lapangan sebagai bagian inti pembinaan kompetensi, agar jaringan dan kondisi lapangan bukan hanya persoalan teknis, melainkan bagian integratif dari bagaimana generasi muda siap menjalankan peran pengelolaan sumber daya alam secara modern.

Keberlanjutan pengelolaan sumber daya alam dengan pendekatan teknologi dan data mensyaratkan bahwa generasi muda tidak hanya mengoperasikan perangkat, tetapi juga memahami bagaimana data dikumpulkan, dianalisis, dan diterjemahkan ke dalam tindakan pengelolaan di lapangan (Ginting, 2025). Sistem pembelajaran dan teknologi yang tersedia harus memungkinkan pengalaman langsung di lapangan serta akses ke data real-time dan sistem pemantauan. Hal ini menuntut dukungan infrastruktur digital yang kuat, perangkat mobile yang memadai, pelatihan yang memfokuskan pada aplikasi nyata dan pemahaman konteks lokal, serta mentor lapangan yang familiar dengan pengelolaan sumber daya alam. Di banyak lokasi, kendala seperti listrik tidak stabil, jaringan internet terbatas atau jarak ke pusat pelatihan yang jauh turut memperlemah pengalaman pembelajaran sehingga generasi muda belum mendapatkan pembekalan yang utuh.

Salah satu upaya strategis adalah mengintegrasikan program pengembangan infrastruktur digital dengan pelatihan generasi muda dan dukungan praktik lapangan secara sistemik, sehingga akses, pembelajaran dan aplikasi bisa berjalan bersamaan dan saling mendukung. Pemerintah daerah, lembaga pendidikan, sektor swasta dan komunitas lokal perlu bekerja sama dalam membangun jaringan internet yang andal, menyediakan perangkat digital dan memastikan generasi muda di wilayah terpencil memiliki kesempatan pelatihan dan pengalaman lapangan yang setara. Program-program seperti pembinaan hub lapangan, *mobile learning unit* dan kerjasama dengan industri pengelolaan sumber daya alam dapat mempercepat kesiapan generasi muda dalam konteks nyata. Tanpa adanya integrasi antara infrastruktur, pelatihan dan aplikasi, maka investasi dalam teknologi dan data bisa kurang optimal dalam konteks pengelolaan sumber daya alam.

Evaluasi dan pengukuran kesiapan infrastruktur serta kondisi lapangan perlu dilakukan secara berkala agar pihak terkait dapat memahami sejauh mana akses, kualitas jaringan, perangkat dan pelatihan telah membaik dan bagaimana generasi muda memanfaatkannya dalam pengelolaan sumber daya alam. Misalnya pengukuran kombinasi antara kecepatan internet, ketersediaan perangkat mobile dan jumlah generasi muda yang terlibat dalam pelatihan pengelolaan sumber daya alam bisa menjadi indikator kinerja yang konkret. Tanpa adanya data yang terukur, program pengembangan generasi muda dan penguatan infrastruktur berisiko berjalan tanpa arah dan kurang responsif terhadap kebutuhan lapangan.

Generasi muda yang telah dilatih dan memiliki akses infrastruktur yang memadai tetap membutuhkan dukungan kontekstual seperti mentor lapangan, kesempatan proyek nyata, dan jaringan professional agar mereka dapat mentransformasikan kompetensi teknis dan akses menjadi tindakan konkret dalam pengelolaan sumber daya alam. Kondisi lapangan yang nyata seperti pengelolaan hutan, tambang atau sektor kelautan menuntut generasi muda untuk mampu bekerja dalam tim, mengelola data, menggunakan perangkat pemantauan dan melaporkan hasil secara sistematis; maka infrastruktur dan akses hanya merupakan fondasi, sedangkan pengalaman lapangan merupakan jembatan menuju kesiapan kerja. Dengan kata lain, generasi muda harus dibekali tidak hanya 'akses' tetapi juga 'akses yang bermakna' yakni akses yang dikaitkan dengan praktik, tugas nyata dan tanggung jawab dalam pengelolaan sumber

daya alam. Sebab apabila akses hanya bersifat pasif atau terbatas pada penggunaan umum maka manfaat dalam pengelolaan sumber daya alam bisa jauh dari optimal (Rifai & Haeril, 2024).

V. KESIMPULAN

Kesiapan sumber daya manusia muda Indonesia dalam mengadopsi teknologi untuk pengelolaan sumber daya alam masih menghadapi tantangan besar pada aspek kompetensi, pelatihan, dan infrastruktur pendukung. Kesenjangan antara kemampuan teknis yang dimiliki oleh generasi muda dengan kebutuhan lapangan menunjukkan perlunya pembaruan sistem pendidikan dan pelatihan yang lebih aplikatif serta berbasis lokal. Keterbatasan instruktur dan fasilitas pembelajaran digital turut menghambat penguasaan keterampilan teknis dan analitis yang diperlukan dalam pengelolaan sumber daya alam modern.

Meskipun data menunjukkan peningkatan penetrasi internet secara nasional, kalau dilihat dari sisi infrastruktur dan akses digital, ketimpangan antara wilayah perkotaan dan daerah terpencil masih signifikan dan berdampak langsung terhadap kesiapan generasi muda di lapangan. Peningkatan akses harus diiringi dengan kualitas jaringan, ketersediaan perangkat, dan pelatihan yang memadai agar pemanfaatan teknologi benar-benar efektif. Integrasi antara pendidikan, pelatihan, industri, dan pemerintah daerah menjadi kunci untuk mencetak SDM muda yang adaptif, inovatif, dan mampu mengelola sumber daya alam secara berkelanjutan berbasis teknologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ananda, P., Purrohman, P. S., & Ruslan, A. (2025). *Revolusi Pendidikan Indonesia Mencetak Generasi Cerdas Di Era Digital*. Uwais Inspirasi Indonesia.
- Apjii. (2024). Jumlah Pengguna Internet Indonesia 2024: 221 Juta. <https://Apjii.Or.Id/Berita/D/Apjii-Jumlah-Pengguna-Internet-Indonesia-Tembus-221-Juta-Orang> ; Cloudcomputing.Id. (2025, Aug 12). Pengguna Internet Ri 2025 Tembus 229,4 Juta, Penetrasi 80,66 %. <https://Www.Cloudcomputing.Id/Berita/Pengguna-Internet-Ri-2025-229-4-Juta>

- Apjii. (2024). Tingkat Penetrasi Internet Di Ri Menurut Pendidikan. <https://beta.datasatu.com/teknologi-dan-informasi/2819490/tingkat-penetrasi-internet-di-ri-menurut-pendidikan-2024>.
- Aromatica, D., Santoso, A., Ningsih, Y., Netti, H., Rela, I. Z., Selly, R. N., ... & Oktaviani, E. (2024). *Membangun Desa Dengan Revolusi Digital*. Mega Press Nusantara.
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Persentase Rumah Tangga Yang Pernah Mengakses Internet Dalam 3 Bulan Terakhir Menurut Media Akses, 2023*. Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/ndayizi%3D/persentase-rumah-tangga-yang-pernah-mengakses-internet-dalam-3-bulan-terakhir-menurut-media-akses.html>
- Darman, D., & Akadji, I. (2025). Pelatihan Bisnis Kreatif Berkelanjutan Bagi Generasi Muda. *Eastasouth Journal Of Effective Community Services*, 3(03), 175-182.
- Fasinro, K. S., Akinkuotu, F. A., & Aina, J. O. (2024). Curriculum Implementation: Challenges And The Prospect Of Education Resource Centres To Aid Effective Implementation. *African Educational Research Journal*, 12(1), 1-5.
- Fatimah, S. M., Iriani, T., & Ramadhan, M. A. (2025). Analisis Facilitating Learners' Digital Competence Calon Guru Vokasional Dalam Praktik Keterampilan Mengajar Di Smk. *Jiip-Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 8(3), 3506-3511.
- Freedom House. (2023). *Freedom On The Net 2023: Indonesia*. Freedom House. <https://freedomhouse.org/country/indonesia/freedom-net/2023>
- Ginting, S. B., Karubuy, Y. K., & Silitonga, D. C. (2025). Pengelolaan Sumber Daya Alam Berkelanjutan: Tantangan Dan Solusi Di Era Modern: Penelitian. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, 3(4), 1141-1145.
- Hasanah, N., Nur, M. A., Rahmatillah, S. A., Darwisa, D., & Putri, K. H. (2024). Analisis Faktor Penghambat Dan Upaya Untuk Peningkatan Mutu Pendidikan Di Sekolah Dasar Negeri. *Jiip-Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 7(3), 3162-3169.
- Huang, X., Yang, F., Zheng, J., Feng, C., & Zhang, L. (2023). Personalized Human Resource Management Via Hr Analytics And Artificial Intelligence: Theory And Implications. *Asia Pacific Management Review*, 28(4), 598-610.
- Hulaifi, A., Gumelar, M. F., & Reynaldi, M. (2025). Penggunaan Sistem Manajemen Pembelajaran Berbasis Teknologi Dalam Mendukung Proses Belajar

- Mengajar. *Network: Jurnal Teknologi Informasi, Komunikasi Dan Komputer Sains*, 1(1), 1-10.
- Katadata. (2021). Status Literasi Digital Di Indonesia: Indeks 3,49. https://cdn1.katadata.co.id/media/microsites/litdik/status_literasi_digital_diindonesia%201_190122.pdf
- Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan. (2023). “40 Persen Guru Yang Siap Dengan Teknologi”. Gtk Dikdasmen. <https://gtk.dikdasmen.go.id/read-news/40-persen-guru-yang-siap-dengan-teknologi> ;
- Moeins, I. H. A., Alhempri, R. R., & Lukas, A. (2024). *Strategi Penguatan Kinerja Generasi Z Dalam Menghadapi Indonesia Emas 2045*. Takaza Innovatix Labs.
- Muzam, J. (2023). The Challenges Of Modern Economy On The Competencies Of Knowledge Workers. *Journal Of The Knowledge Economy*, 14(2), 1635-1671.
- Opensignal. (2019, November 12). *Indonesian Users In Sparsely Populated Rural Areas Connect To 4G More Than 70% Of The Time*. Opensignal Insights. <https://www.opensignal.com/2019/11/12/indonesian-users-in-sparsely-populated-rural-areas-connect-to-4g-more-than-70-of-the-time>.
- Patriasih, R., Yogawati, N. D., Prayogi, A., Sukmawati, W. S., Walid, A., Febriani, L., ... & Jatmiko, M. A. (2025). *Membangun Pendidikan Berkualitas: Dari Pedagogi Hingga Teknologi*. Pt. Nawala Gama Education.
- Rifai, R., & Haeril, H. (2024). Integrasi Kebijakan Publik Dan Pengelolaan Sumber Daya Alam Untuk Pembangunan Pesisir Di Kabupaten Bima. *Journal Of Governance And Local Politics (Jglp)*, 6(1), 25-36.
- Subagio, A. (2024). Analisis Kebutuhan Sumber Daya Dan Infrastruktur Dalam Pengembangan Rencana Pengelolaan Sekolah Yang Berkelanjutan. *Jurnal Cahaya Mandalika Issn 2721-4796 (Online)*, 1648-1656.
- Suryadi, S., Putra, M. I. A., Mursalin, M., Ali, M., & Zahari, Z. (2025). Edukasi Inovasi Teknologi Energi Hijau (Green Energie) Bagi Siswa Smk Di Kota Lhokseumawe. *Jurnal Solusi Masyarakat Dikara*, 5(2), 115-120.
- Waskitho, N. T. (2024). *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Di Indonesia*. Ummppress.
- Yulastri, W., Putri, D. N., Gusman, R., Mayasril, N., & Suri, A. (2025). Analisis Kebijakan Teknologi Di Indonesia: Akses, Literasi Guru, Kurikulum, Dan Evaluasi. *Didaktik: Jurnal Ilmiah Pgsd Stkip Subang*, 11(02), 240-248.

- Zein, M. F. (2021). *Adab Sebelum Ilmu: Membangun Indonesia Dengan Pendidikan Dan Pembangunan Karakter Bangsa*. Mohamad Fadhilah Zein Digital Publishing.
- Cahyani, R. R., & Musslifah, A. R. (2025). Balancing Bytes And Biases: A Case Study Of AI Adoption In Academic Human Resource Management. *Journal of Educational Management and Instruction (JEMIN)*, 5(2), 437-450. <https://doi.org/10.22515/jemin.v5i2.11679>.
- Solichah, N., & Shofiah, N. (2024). Artificial Intelligence (AI) Literacy In Early Childhood Education: A Scoping Review. *Psikologika: Jurnal Pemikiran dan Penelitian Psikologi*, 29(2), 173-190. <https://doi.org/10.20885/psikologika.vol29.iss2.art1>.
- Van der Merwe, J., Wahid, S. M., Cesna, G. P., & Prabowo, D. A. (2024). Improving Natural Resource Management through AI: Quantitative Analysis using SmartPLS. *International Transactions on Artificial Intelligence*, 2(2), 135-142. <https://doi.org/10.33050/italic.v2i2.548>.
- Jones, J., Harris, E., Febriansah, Y., Adiwijaya, A., & Hikam, I. N. (2024). AI for Sustainable Development: Applications in Natural Resource Management, Agriculture, and Waste Management. *International Transactions on Artificial Intelligence*, 2(2), 143-149. <https://doi.org/10.33050/italic.v2i2.549>.
- Hanushchyn, S., Zarichniak, A., Akimova, L., Kyrianova, O., Khotskyi, O., & Akimov, O. (2025). The Role of Artificial Intelligence in Natural Resource Management: Issues of Transparency and Efficiency. *Grassroots Journal of Natural Resources*, 8(2), 796-816. <https://doi.org/10.33002/nr2581.6853.080237>.
- Pettalongi, S. S., & Harianto, J. E. (2025). Revolusi Pembelajaran Adaptif Berbasis AI dalam Pengembangan SDM dan Dampaknya terhadap Daya Saing Ekonomi. *Journal Scientific of Mandalika (JSM) e-ISSN 2745-5955 | p-ISSN 2809-0543*, 6(8), 2289-2297. <https://doi.org/10.36312/10.36312/vol6iss8pp2289-2297>.
- Haetami, H. (2025). AI-Driven Educational Transformation in Indonesia: From Learning Personalization to Institutional Management. *Al-Ishlah: Jurnal Pendidikan*, 17(2), 1819-1832. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v17i2.7448>.
- Jannah, T. M., Aisyah, R. N., Saputri, W. E., Sajida, S., & Parwiyanto, H. (2025). The Debate on AI and Coding Integration Issue in Indonesian Education Policy: Urgency, Challenges and Prospect. *Journal of Transformative Governance and Social Justice*, 3(1), 28-40. <https://doi.org/10.26905/j-tragos.v3i1.15246>.

Farchan, Achmad. (2025). Integration of Coding and Artificial Intelligence (AI) Subjects in Primary School Curriculum as an Effort to Improve 21st Century Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan* Vol 42, No 2, 238-242.

<https://doi.org/10.15294/jpp.v42i2.30457>.

Fauziddin, M., Adha, T. R., Arifiyanti, N., Indriyani, F., Rizki, L. M., Wulandary, V., & Reddy, V. S. V. (2025). The Impact of AI on the Future of Education in Indonesia. *Educative: Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 3(1), 11-16.

<https://doi.org/10.70437/educative.v3i1.828>.