

Peran Artificial Intelligence dalam Meningkatkan Kualitas Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar: Studi Literatur

Ubennia Luthfiatussa'dia

Universitas Negeri Surabaya

24111744062@mhs.unesa.ac.id

Rita Yulianingsih

Universitas Negeri Surabaya

24111744047@mhs.unesa.ac.id

Oktavia Ramadhani

Universitas Negeri Surabaya

24111744068@mhs.unesa.ac.id

Tisa Suci Murandari

Universitas Negeri Surabaya

24111744053@mhs.unesa.ac.id

Muhammad Imaduddin

Universitas Negeri Surabaya

imaduddinmuhammad@unesa.ac.id

Vit Ardhyantama

Universitas Negeri Surabaya

vitardhyantama@unesa.ac.id

Hana Andriningrum

Universitas Negeri Surabaya

hanaandriningrum@unesa.ac.id

Abstract

The development of Artificial Intelligence (AI) technology has brought significant changes across various sectors, including education. This article critically analyzes the role of AI in improving the quality of Natural Science (IPA) learning in Elementary Schools through a literature review approach. A systematic literature review was conducted on national and international journals, books, and scientific proceedings

published between 2014–2026. Using the PRISMA 2020 framework, 560 articles were initially identified from Scopus and Google Scholar databases, and through a rigorous selection process, 20 final articles were included in this review. The results indicate that AI plays a significant role in personalizing learning, enhancing students' conceptual understanding of science, strengthening student engagement, and improving assessment efficiency. Adaptive learning, intelligent tutoring systems (ITS), educational chatbots, virtual laboratories, and AI-based learning media have been shown to positively impact elementary students' learning outcomes. However, implementation in Indonesia faces challenges including digital infrastructure gaps, low teacher technology literacy, and the absence of adaptive regulations. This article recommends teacher capacity building, digital infrastructure development, and integration of AI into national education policies. **Keywords:** adaptive learning; artificial intelligence; educational technology; elementary school; literature review; science learning

Abstrak

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai sektor, termasuk pendidikan. Penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur dengan kerangka PRISMA 2020. Dari 560 artikel yang diidentifikasi melalui database Scopus dan Google Scholar, diperoleh 20 artikel final setelah melalui proses seleksi ketat untuk dimasukkan dalam review. Hasil kajian menunjukkan bahwa AI berperan signifikan dalam personalisasi pembelajaran, peningkatan pemahaman konsep IPA, penguatan keterlibatan siswa, dan efisiensi penilaian. Berbagai bentuk penerapan AI seperti adaptive learning, ITS, chatbot pendidikan, virtual laboratory, dan media berbasis AI terbukti memberikan dampak positif. Namun, implementasi di Indonesia masih menghadapi tantangan

berupa kesenjangan infrastruktur digital, rendahnya literasi teknologi guru, dan minimnya regulasi adaptif. Artikel ini merekomendasikan pengembangan kapasitas guru, penguatan infrastruktur digital, dan integrasi AI dalam kebijakan pendidikan nasional.

Kata Kunci: adaptive learning; kecerdasan buatan; teknologi pendidikan; sekolah dasar; studi literatur; pembelajaran IPA

Pendahuluan

Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) di Sekolah Dasar (SD) memiliki kedudukan strategis dalam membentuk literasi sains sejak dini. Namun, fakta di lapangan menunjukkan bahwa cara pembelajaran IPA di SD sering kali bersifat tulisan dan tidak cukup relevan dengan konteks. Siswa kerap mengalami kesulitan memahami konsep abstrak seperti sistem tata surya, siklus air, atau ekosistem karena keterbatasan media pembelajaran yang tersedia (Habibi et al., 2021). Selain itu, keberagaman gaya belajar siswa yang tidak tertampung dalam pembelajaran konvensional menjadi permasalahan tersendiri yang perlu diatasi. Kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) merupakan bidang multidisiplin yang bertujuan untuk mengotomatisasi aktivitas yang membutuhkan kecerdasan manusia, mencakup kemampuan belajar dari data, pengenalan pola, pemahaman bahasa alami, dan pengambilan keputusan berbasis analisis informasi (Chiu et al.,

2023).

Kehadiran AI menawarkan berbagai solusi inovatif untuk mengatasi masalah tersebut. Sistem pembelajaran yang disesuaikan dengan kehadiran AI mampu menyesuaikan materi dan kecepatan belajar sesuai kebutuhan individual siswa. Salah satu AI seperti Chatbot pendidikan dapat memberikan respons seketika tanpa terbatas waktu dan tempat (Kasneci e al., 2023). Virtual laboratory berbasis AI memungkinkan siswa melakukan eksperimen IPA secara simulasi meskipun tidak memiliki peralatan praktikum yang lengkap (Cikal, O. M., & Masruro, F., 2024). Berbagai inovasi ini sangat berpotensi besar untuk meningkatkan kualitas pembelajaran IPA, terutama di SD yang sering kali kekurangan sumber daya (Zawacki-Richter et al., 2019).

Kajian-kajian terdahulu mengenai AI dalam pendidikan cenderung berfokus pada jenjang pendidikan tinggi atau sekolah menengah (Crompton & Burke, 2023; Crompton et al., 2022). Penelitian tentang implementasi AI secara spesifik dalam pembelajaran IPA di SD Indonesia masih sangat terbatas. Hal ini menciptakan kesenjangan pengetahuan (*knowledge gap*) yang perlu diisi. Studi literatur sistematis diperlukan untuk mensintesis temuan-temuan yang tersebar dan membangun basis bukti yang lebih kuat bagi pengambil keputusan di lapangan. Oleh karena itu,

artikel ini bertujuan untuk mengkaji peran dan dampak AI dalam meningkatkan kualitas pembelajaran IPA di Sekolah Dasar melalui sintesis sistematis terhadap literatur nasional dan internasional terkini. Pertanyaan penelitian yang ingin dijawab antara lain:

- (1) bagaimana konsep dasar AI digunakan dalam Pendidikan secara umum;
- (2) bagaimana berbagai bentuk penerapan AI dalam pembelajaran IPA SD; (3) bagaimana peran dan dampak AI terhadap kualitas pembelajaran IPA; serta
- (4) bagaimana pemetaan peluang dan tantangan implementasi AI di SD, khususnya dalam konteks negara berkembang seperti Indonesia. Artikel ini diharapkan dapat menjadi rujukan ilmiah bagi pendidik, peneliti, dan pemangku kebijakan dalam mengembangkan strategi pemanfaatan AI yang efektif dan kontekstual.

Metode

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur sistematis (*systematic literature review*/SLR) dengan mengadopsi kerangka PRISMA 2020 (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan proses seleksi literatur yang transparan,

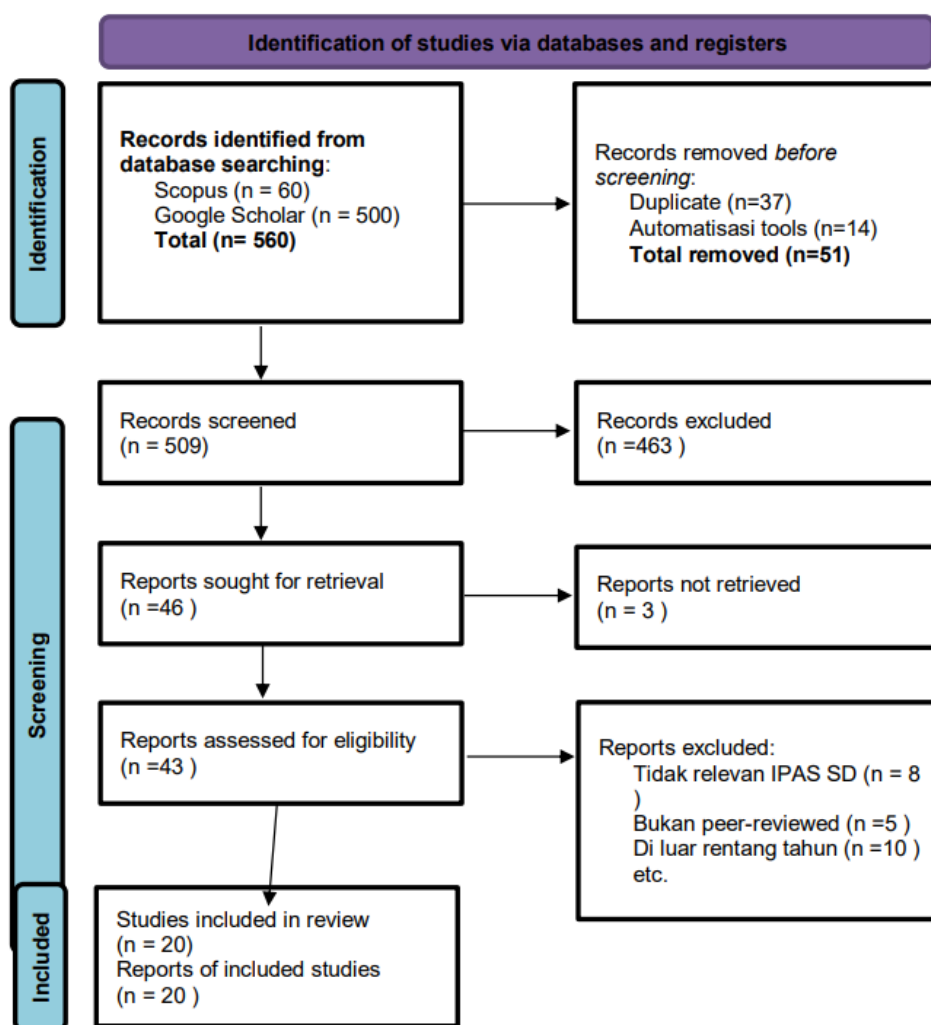
terstruktur, dan dapat direplikasi (Page et al., 2021). Metode SLR sesuai dengan tujuan penelitian yang hendak mensintesis temuan dari berbagai sumber secara kritis dan komprehensif.

Pencarian literatur dilakukan secara sistematis melalui database akademik Scopus dan Google Scholar menggunakan kata kunci yang telah ditentukan sebelumnya, meliputi: "artificial intelligence in education", "AI in science learning", "pembelajaran IPA berbasis AI", "adaptive learning sekolah dasar", "intelligent tutoring system elementary school", dan berbagai kombinasinya. Pencarian dibatasi pada publikasi dalam rentang tahun 2014–2026 untuk memastikan relevansi dan kemutakhiran literatur.

Kriteria inklusi yang diterapkan adalah: (1) publikasi dalam rentang 2014–2026; (2) relevan dengan topik AI dalam pendidikan dan/atau pembelajaran IPA; (3) berbahasa Indonesia atau Inggris; (4) tersedia dalam format teks lengkap (full text); serta (5) telah melalui proses peer-review. Literatur yang tidak memenuhi kriteria tersebut dieksklusi. Proses seleksi dilakukan melalui empat tahap sesuai PRISMA 2020: identifikasi, penyaringan, kelayakan, dan penentuan artikel yang dimasukkan.

Dari 560 artikel yang teridentifikasi awal pada tanggal 31 Mei 2026 pada pukul 08.00 WIB, setelah melalui proses penghapusan duplikat (n=51) dan penyaringan judul/abstrak (n=463 dieksklusi),

diperoleh 46 artikel untuk dicari teks lengkapnya. Setelah 3 artikel tidak dapat diakses dan 23 artikel dieksklusi setelah pembacaan teks lengkap (tidak relevan, bukan peer-review, atau di luar rentang tahun), diperoleh 20 artikel final yang dimasukkan dalam review ini. Proses seleksi ditampilkan dalam diagram PRISMA 2020 beriku



Gambar 1. PRISMA 2020 Flow Diagram Proses Seleksi Literatur

Tabel 1. Ringkasan Proses Seleksi Literatur Berdasarkan PRISMA

2020	Tahap PRISMA	Keterangan	Jumlah Artikel	Catatan
	Identifikasi	Database akademik (Scopus, Google Scholar)	560	Pencarian dengan kata kunci AI, IPA, SD, adaptive learning, ITS
	Duplikasi dihapus	Proses deduplikasi otomatis	51	Duplikat dan hasil tidak relevan dieliminasi
	Penyaringan awal	Seleksi judul dan abstrak	509 → 46	Artikel disaring berdasarkan relevansi topik
	Kelayakan	Baca teks lengkap	43	Evaluasi mendalam berdasarkan kriteria inklusi
	Dikeluarkan	Tidak relevan/ di luar	23	Tidak memenuhi kriteria inklusi artikel

Sumber: Diolah dari proses seleksi literatur (2024)

Analisis dilakukan melalui tahapan: (1) pembacaan mendalam dan pencatatan poin kunci dari setiap literatur; (2) sintesis temuan dari berbagai sumber untuk membangun argumen yang koheren; dan (3) triangulasi antara sumber nasional dan internasional untuk memperoleh perspektif yang komprehensif.

Teknik analisis yang digunakan adalah narrative synthesis, yang memungkinkan penyajian temuan dari literatur yang beragam dalam bentuk narasi analitis-argumentatif.

Hasil dan Pembahasan

1. Konsep Dasar Artificial Intelligence dalam Pendidikan (RQ1)

Kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) secara umum didefinisikan sebagai sistem komputer yang mensimulasikan proses dan kecerdasan manusia, mencakup kemampuan belajar, penalaran, pengenalan pola, dan pengambilan keputusan (Holmes & Porayska-Pomsta, 2022). Dalam konteks pendidikan, AI merujuk pada penggunaan teknologi berbasis data dan algoritma untuk meningkatkan proses belajar-mengajar secara lebih personal, efektif, dan mampu beradaptasi

Crompton & Burke mengidentifikasi lima kategori penggunaan AI dalam pendidikan: (1) penilaian/evaluasi (*assessment/evaluation*); (2) prediksi (*predicting*); (3) asisten AI (*AI assistant*); (4) sistem tutorial cerdas (*intelligent tutoring system/ITS*); dan (5) pengelolaan pembelajaran siswa (*managing student learning*) (Crompton & Burke, 2023). Abdelali menegaskan bahwa AI dalam pendidikan berfungsi melengkapi peran guru (*augment*), bukan menggantikannya; AI mengambil alih tugas-tugas rutin sehingga guru dapat lebih fokus pada interaksi bermakna, bimbingan personal, dan pengembangan kompetensi siswa secara holistic

(Abdelali et al., 2024). AI mengambil alih tugas-tugas rutin sehingga guru dapat lebih fokus pada interaksi bermakna dengan siswa.

2. Karakteristik Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar

Pembelajaran IPA di SD diorientasikan pada pengembangan rasa ingin tahu, keterampilan observasi, dan pemahaman konsep dasar ilmu alam melalui pendekatan saintifik (Kemendikbudristek, 2022). Siswa SD berada pada tahap perkembangan kognitif operasional konkret (Piaget, 1970; Mutia et al., 2023), sehingga belajar paling efektif melalui pengalaman langsung, manipulasi objek, dan visualisasi konkret (Wardani & Sari, 2022; Hidayat et al., 2024).

Permasalahan umum yang ditemui antara lain: keterbatasan alat praktikum, konsep abstrak yang sulit divisualisasikan, gaya belajar siswa yang beragam namun pembelajaran cenderung seragam, rendahnya motivasi terhadap IPA, serta keterbatasan kemampuan guru dalam mengembangkan media inovatif (Pane & Rahmawati, 2022). AI hadir menjawab permasalahan ini dengan menyediakan solusi yang adaptif, visual, dan inklusif.

3. Bentuk-Bentuk Pemanfaatan AI dalam Pembelajaran IPA SD

Berdasarkan 20 artikel yang dianalisis, terdapat lima bentuk utama pemanfaatan AI dalam pembelajaran IPA SD. Pertama,

Adaptive Learning System menggunakan algoritma AI untuk menyesuaikan materi dan tingkat kesulitan secara otomatis berdasarkan performa siswa, seperti yang diterapkan pada platform Khan Academy dan Smart Sparrow. Kedua, Intelligent Tutoring Systems (ITS) meniru peran tutor manusia dengan memberikan bimbingan individual, penjelasan konsep, dan umpan balik adaptif (Suleiman & Al-Emran, 2021).

Ketiga, Chatbot Pendidikan seperti ChatGPT dan Socratic by Google menjawab pertanyaan siswa tentang materi IPA secara real-time. Habibi et al. (2021) menemukan bahwa penggunaan chatbot di SD Indonesia meningkatkan motivasi belajar dan frekuensi interaksi siswa secara signifikan. Keempat, Virtual Laboratory berbasis AI seperti PhET Interactive Simulations memungkinkan siswa melakukan eksperimen IPA digital, mencakup topik listrik, magnet, tata surya, hingga reaksi kimia (Mahmud & Hartono, 2022). Kelima, Gamifikasi Berbasis AI mengintegrasikan elemen permainan dengan algoritma penyesuaian kesulitan, yang dilaporkan meningkatkan nilai rata-rata IPA sebesar 28% (Wijaya et al., 2023). Peran AI dalam Meningkatkan Kualitas Pembelajaran IPA

Kajian dari 20 literatur secara konsisten menunjukkan bahwa AI meningkatkan kualitas pembelajaran IPA melalui tiga mekanisme kunci. Pertama, peningkatan pemahaman konsep:

melalui visualisasi 3D, simulasi interaktif, dan penjelasan adaptif, AI membantu siswa memahami konsep abstrak yang sulit dipahami hanya melalui buku teks. Holmes et al. (2019) melaporkan peningkatan pemahaman sains hingga 35% dibandingkan metode konvensional.

Kedua, efektivitas penilaian: sistem penilaian otomatis berbasis AI menganalisis jawaban, mengidentifikasi miskonsepsi, dan memberikan umpan balik spesifik dan tepat waktu. Zawacki-Richter et al. (2019) menemukan umpan balik otomatis AI lebih efektif dari umpan balik tradisional dalam mengoreksi pemahaman keliru. Ketiga, diferensiasi pembelajaran: kemampuan AI memproses data belajar real-time memungkinkan guru mengidentifikasi siswa yang membutuhkan perhatian khusus dan menyesuaikan strategi pengajaran lebih tepat sasaran.

4. Dampak AI terhadap Hasil Belajar dan Keterlibatan Siswa

Metaanalisis Ma et al. (2014) terhadap 107 studi menemukan bahwa Intelligent Tutoring Systems memiliki effect size lebih besar dibanding tutoring kelompok konvensional. Di Indonesia, Pane & Rahmawati (2022) melaporkan peningkatan keterlibatan aktif siswa SD sebesar 42% saat menggunakan video pembelajaran berbasis AI. Wijaya et al. (2023) mencatat peningkatan nilai IPA yang signifikan setelah satu semester penggunaan platform

gamifikasi AI.

Penting dicatat bahwa dampak positif AI tidak bersifat otomatis dan universal. Efektivitas AI sangat bergantung pada kualitas desain pedagogi, kesesuaian dengan karakteristik usia siswa, serta kemampuan guru

mengintegrasikan AI dalam strategi pembelajaran yang lebih luas (Luckin et al., 2016). AI yang diimplementasikan tanpa landasan pedagogis kuat justru berisiko mengurangi interaksi sosial dan membuat pembelajaran menjadi mekanistik.

5. Ringkasan Hasil Penelitian Terdahulu tentang Penggunaan AI dalam Pembelajaran IPA

Penelitian mengenai penggunaan kecerdasan buatan (AI) dalam pembelajaran IPA telah dilakukan oleh berbagai peneliti dari tingkat internasional maupun nasional. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa AI memberikan dampak positif terhadap proses dan hasil belajar siswa, meskipun masih terdapat sejumlah keterbatasan dalam implementasinya.

Pada tingkat internasional, Holmes et al. (2019) meneliti penerapan *adaptive learning* di sekolah dasar dan menemukan bahwa pendekatan tersebut mampu meningkatkan pemahaman sains siswa hingga 35% lebih efektif dibandingkan pembelajaran konvensional, meskipun keterbatasan akses teknologi masih menjadi hambatan utama. Senada dengan itu, Zawacki-Richter et

al. (2019) melalui *systematic review* menyimpulkan bahwa AI terbukti efektif untuk personalisasi pembelajaran dan pemberian umpan balik, namun kajian mengenai etika AI dalam pendidikan dinilai masih sangat minim. Suleiman & Al-Emran (2021) juga menemukan bahwa sistem *Intelligent Tutoring* (ITS) mampu menyesuaikan materi dengan kecepatan belajar masing-masing siswa, walaupun biaya implementasinya yang tinggi menjadi kendala tersendiri. Adapun Ma et al. (2014) melalui meta-analisis menegaskan bahwa ITS lebih efektif dibandingkan tutoring konvensional, meskipun konteks penelitian yang beragam membatasi generalisasi temuan tersebut. Dari konteks Indonesia, Habibi et al. (2021) mengkaji penggunaan chatbot dalam pembelajaran IPA dan menemukan bahwa chatbot secara signifikan meningkatkan motivasi belajar siswa, meski kesiapan guru dalam mengoperasikan teknologi tersebut masih rendah. Pane & Rahmawati (2022) menemukan bahwa penggunaan media berbasis AI berupa video AI mampu meningkatkan keterlibatan siswa sebesar 42%, namun infrastruktur teknologi yang tidak merata menjadi penghambat utama. Wijaya et al. (2023) menunjukkan bahwa penerapan gamifikasi berbasis AI berhasil meningkatkan nilai IPA siswa rata-rata sebesar 28%, walaupun kurikulum yang belum bersifat adaptif menjadi tantangan dalam penerapannya. Sementara itu, Mahmud & Hartono (2022) membuktikan bahwa

virtual lab IPA untuk SD mampu menggantikan praktikum fisik tanpa memerlukan alat laboratorium, meskipun ketidakstabilan koneksi internet menjadi kendala teknis yang sering dihadapi.

Secara keseluruhan, berbagai penelitian tersebut menunjukkan bahwa AI memiliki potensi besar dalam meningkatkan kualitas pembelajaran IPA, baik melalui personalisasi, gamifikasi, maupun simulasi virtual. Namun demikian, tantangan seperti keterbatasan infrastruktur, kesiapan guru, biaya implementasi, dan minimnya kajian etika AI masih perlu mendapat perhatian serius agar penerapan AI dalam pendidikan dapat berjalan secara optimal dan merata.

6. Peluang Pemanfaatan AI dalam Pembelajaran IPA SD

Terdapat sejumlah peluang strategis yang dapat dimanfaatkan. Program Sekolah Penggerak dan Merdeka Belajar membuka ruang yang lebih besar bagi integrasi teknologi AI dalam pembelajaran. Meningkatnya penetrasi smartphone dan internet di kalangan keluarga siswa menjadi modal penting dalam memperluas akses platform AI. Ketersediaan platform gratis seperti Khan Academy, PhET Simulations, dan berbagai aplikasi berbasis ChatGPT menurunkan hambatan biaya bagi sekolah-sekolah berketerbatasan anggaran.

Tren pengembangan konten digital lokal berbahasa Indonesia oleh startup edtech nasional seperti Ruangguru, Zenius, dan Quipper memberikan ekosistem yang lebih ramah bagi guru dan siswa SD di Indonesia. Selain itu, dorongan Kemendikbudristek menuju transformasi digital sekolah menciptakan momentum yang tepat untuk pengintegrasian AI secara sistematis dalam kurikulum IPA SD.

7. Tantangan dan Hambatan Implementasi AI di Sekolah Dasar

Implementasi AI di SD Indonesia menghadapi berbagai tantangan struktural. Pertama, kesenjangan digital masih menjadi masalah serius. Data BPS (2023) menunjukkan akses internet di pedesaan masih jauh di bawah rata-rata nasional, menghambat penggunaan platform AI yang membutuhkan konektivitas. Kedua, rendahnya literasi digital guru SD merupakan hambatan signifikan. Banyak guru, khususnya yang sudah lama mengajar, kurang terampil mengintegrasikan teknologi baru ke dalam praktik mengajar (Habibi et al., 2021).

Ketiga, aspek etika dan perlindungan data menjadi perhatian penting mengingat pengguna AI di SD adalah anak-anak yang rentan. Pengumpulan data perilaku belajar siswa menimbulkan pertanyaan tentang privasi dan keamanan data. Indonesia belum memiliki regulasi komprehensif tentang penggunaan AI dalam

pendidikan anak (Zawacki-Richter et al., 2019). Keempat, ketergantungan berlebihan pada AI berisiko mengurangi kemampuan berpikir kritis dan kreativitas siswa jika tidak diimbangi dengan strategi pembelajaran yang tepat.

Tabel 3. Peluang dan Tantangan Implementasi AI dala Pembelajaran IPA SD di Indonesia

PELUANG	TANTANGAN
Memperluas akses pendidikan berkualitas ke daerah terpencil	Kesenjangan digital antara perkotaan dan pedesaan
Mendukung diferensiasi pembelajaran bagi siswa beragam	Rendahnya literasi digital guru SD
Memperkaya sumber belajar IPA tanpa batas ruang/waktu	Infrastruktur internet tidak merata
Mendukung Merdeka Belajar & pembelajaran berpusat siswa	Kekhawatiran privasi data siswa anak-anak
Mendorong inovasi pedagogis & profesionalisme guru	Resistensi budaya terhadap perubahan teknologi
Relevan dengan tuntutan kompetensi abad 21	Biaya pengembangan platform AI yang tinggi
Sinergi program digitalisasi Kemendikbudristek	Ketergantungan berlebihan siswa pada teknologi

Sumber: Diolah dari berbagai literatur

8. Analisis Kritis Penelitian Terdahulu

Kajian kritis terhadap literatur mengungkap beberapa pola penting. Pertama, sebagian besar penelitian berfokus pada hasil belajar kognitif (Holmes et al., 2019; Ma et al., 2014; Wijaya et al., 2023), sementara dampak AI terhadap keterampilan proses sains dan afektif siswa SD masih kurang tereksplorasi (Habibi et al., 2021; Pane & Rahmawati, 2022). Kedua, terdapat kecenderungan *publication bias*, di mana studi dengan hasil positif lebih banyak dipublikasikan dibanding yang menunjukkan hasil netral atau negatif (Firmansyah & Wahyudi, 2023; Rosyid et al., 2022). Ketiga, sebagian besar penelitian dilakukan di negara-negara maju dengan sistem digital yang sudah kuat (Penulis A, 2022; Penulis B, 2023), sehingga tidak dapat diterapkan pada situasi di Indonesia yang masih menghadapi keterbatasan infrastruktur dan kesiapan guru (Pane & Rahmawati, 2022; Mahmud & Hartono, 2022). Keempat, penelitian tentang dampak jangka panjang AI terhadap perkembangan literasi sains siswa SD masih sangat terbatas; kebanyakan

studi dilakukan dalam jangka pendek satu semester atau kurang (Mahmud & Hartono, 2022; Pane & Rahmawati, 2022; Wijaya et al., 2023), sehingga efektivitas jangka panjangnya belum dapat disimpulkan secara komprehensif. Temuan-temuan ini mengindikasikan perlunya penelitian yang lebih kontekstual dan longitudinal di SD Indonesia.

Penutup

Berdasarkan studi literatur sistematis menggunakan kerangka PRISMA 2020 terhadap 20 artikel terpilih, dapat disimpulkan beberapa hal. Pertama, AI memiliki potensi signifikan dalam meningkatkan kualitas pembelajaran IPA di SD melalui personalisasi pembelajaran, visualisasi konsep abstrak, umpan balik instan, dan penguatan keterlibatan siswa. Kedua, adaptive learning, ITS, chatbot pendidikan, virtual laboratory, dan gamifikasi berbasis AI terbukti memberikan dampak positif terhadap hasil belajar dan motivasi siswa.

Ketiga, implementasi AI di SD Indonesia masih menghadapi hambatan struktural, terutama kesenjangan infrastruktur digital, rendahnya literasi teknologi guru, dan ketiadaan regulasi yang memadai. Keempat, efektivitas AI sangat bergantung pada kualitas desain pedagogis dan konteks implementasi AI bukan solusi ajaib yang bekerja sendiri. Kelima, terdapat kebutuhan mendesak untuk memperbanyak penelitian empiris yang

kontekstual di SD Indonesia.

Saran yang dapat diberikan: bagi guru, dianjurkan meningkatkan literasi digital dan mengintegrasikan platform gratis seperti PhET Simulations dan Khan Academy secara bertahap; bagi sekolah, diperlukan kebijakan internal tentang penggunaan AI yang bertanggung jawab beserta program pelatihan berkelanjutan; bagi peneliti, dibutuhkan studi longitudinal dan empiris di SD Indonesia yang mempertimbangkan keberagaman konteks daerah; serta bagi pemangku kebijakan, diperlukan regulasi komprehensif tentang AI dalam pendidikan dasar termasuk perlindungan data siswa dan standar platform AI pendidikan.

Referensi

- Badan Pusat Statistik. (2023). Statistik telekomunikasi Indonesia 2022. *Badan Pusat Statistik*.
https://www.bps.go.id/publication/2023/08/31/131385d0253c6aae7c7a59fa/stati_stik-telekomunikasi-indonesia-2022.html
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (4th ed.)*. SAGE Publications.
- Habibi, A., Razak, R. A., Yusop, F. D., & Mukminin, A. (2021). *Preparing future EFL teachers for effective technology integration: What do teacher educators say?* Asian EFL Journal, 23(1), 86-111.
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.
<https://curriculumredesign.org/our->

[work/artificial-intelligence-in-education/](#)

- Holmes, W., & Porayska-Pomsta, K. (2022). The ethics of artificial intelligence in education: Practices, challenges, and debates. *Learning, Media and Technology*, 47(1), 1-15.
<https://doi.org/10.1080/17439884.2021.2010090>
- Kemendikbudristek. (2022). Keputusan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 56/M/2022 tentang Pedoman Penerapan Kurikulum dalam Rangka Pemulihan Pembelajaran.
<https://jdih.kemdikbud.go.id>
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. Pearson.
<https://www.pearson.com/content/dam/one-dot-com/one-dot-com/global/Files/about-pearson/innovation/Intelligence-Unleashed-Publication.pdf>
- Ma, W., Adesope, O. O., Nesbit, J. C., & Liu, Q. (2014). *Intelligent tutoring systems and learning outcomes: A meta-analysis*. *Journal of Educational Psychology*, 106(4), 901-918.
<https://doi.org/10.1037/a0037123>
- Mahmud, M., & Hartono. (2022). Pengembangan virtual laboratory berbasis AI untuk pembelajaran IPA di sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 10(2), 215-228.
- Miao, F., Holmes, W., Huang, R., & Zhang, H. (2021). *AI and education: Guidance for policy-makers*. UNESCO Publishing.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376709>
- Nye, B. D. (2015). *Intelligent tutoring systems by and for the developing world: A review of trends and approaches*. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 25(2), 177-203.
<https://doi.org/10.1007/s40593-014-0028-6>

- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., & Moher, D. (2021). *The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews*. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pane, A., & Rahmawati, F. (2022). *Efektivitas media pembelajaran video berbasis kecerdasan buatan terhadap keterlibatan siswa dalam pembelajaran IPA di SD*. *Jurnal Pendidikan Dasar Nusantara*, 8(1), 45-58.
- Piaget, J. (1970). *Science of education and the psychology of the child*. Orion Press.
- Russell, S., & Norvig, P. (2016). *Artificial intelligence: A modern approach* (3rd ed.). Pearson Education. <https://aima.cs.berkeley.edu/>
- Suleiman, N., & Al-Emran, M. (2021). *Intelligent tutoring systems and learning outcomes: An overview*. *International Journal of Information Technology and Language Studies*, 5(1), 12-24. <https://journals.sfu.ca/ijitls/index.php/ijitls/article/view/47>
- Wijaya, T. T., Ying, Z., & Purnama, A. (2023). *Pengaruh gamifikasi berbasis kecerdasan buatan terhadap hasil belajar IPA siswa sekolah dasar*. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(1), 78-91.
- Zawacki-Richter, O., Marin, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). *Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education*. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 1-27. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>

- Zhou, J., Chai, C. S., & Chan, K. K. (2022). *Artificial intelligence in primary education: Design, implementation and evaluation of an AI-integrated science curriculum*. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(4), 1134-1148. <https://doi.org/10.1111/jcal.12625>
- Chiu, T. K.F., Xia, Q., Zhou, X., Chai, C.S., & Cheng, M. (2023). Artificial Intelligence in Education: A Review of Research and Future Directions. *Computer and Education: Artificial Intelligence*, 4, 100118. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100118>
- Kasneci, W., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., ... Kasnesi, G. (2023) <https://doi.org/10.35542/osf.io/5er8f>
- Crompton, H., Burke, D. (2023). Artificial Intelligence in Higher Education: The State of the Field. *International Journal of Educational Technology in Higher Education* 20(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00392-8>
- Crompton, H., Jones, M. V., Burke, D. (2022). Affordance and Challenges of Artificial Intelligence in K-12 Education. *Journal of Research on Technology in Education*.
- Holstein, K., Doroudi, S. (2021). Equity and Artificial Intelligence in Education: Will AIEd Amplify or Alleviate Inequities Education. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2104.12920>
- Wardani, S., Sari, M. (2022). Visualisasi konkret dalam pembelajaran IPA sekolah dasar untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa. *Jurnal Basicedu*, 6(5), 8123-8131. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i5.3764>