



Pemanfaatan Kecerdasan Artifisial dalam Multimedia Pembelajaran di Sekolah Dasar: Studi Literatur Sistematis

Maenuddin Bustanil Syah

Universitas Negeri Makassar

Abstract

Received: 2 Mei 2026

Revised: 14 Mei 2026

Accepted: 30 Mei 2026

This study aims to map research trends, identify types of artificial intelligence (AI) technologies employed, analyse their effectiveness on student learning outcomes, and identify research gaps in the utilisation of AI-based learning multimedia at the elementary school level. A systematic literature review (SLR) guided by the PRISMA 2020 protocol was conducted across three internationally reputable databases Scopus, Web of Science, and ERIC yielding 29 selected articles from 15 countries (2021–2025) through a rigorous selection process ($\kappa = 0.83$). Findings reveal an accelerating growth in publications dominated by East and Southeast Asian countries. Seven categories of AI technology were mapped: adaptive learning systems, augmented reality, conversational AI agents, AI-powered digital games, virtual reality, learning analytics, and generative AI. Cross-study evidence consistently demonstrates the effectiveness of AI-integrated multimedia in improving academic achievement, motivation, and learning personalisation. Five critical research gaps were identified: the scarcity of longitudinal studies, limited research in non-WEIRD contexts, insufficient attention to ethics and data privacy, minimal AI integration in non-core subjects, and the absence of comprehensive teacher professional development frameworks for AI implementation.

Keywords: artificial intelligence; learning multimedia; elementary school; systematic literature review; educational technology.

(*) Corresponding Author: maenuddin@unm.ac.id

How to Cite: Syah, M. (2026). Artificial Intelligence in Learning Multimedia for Elementary Education: A Systematic Literature Review. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 12(6.A), 13-33. Retrieved from <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/14178>

PENDAHULUAN

Revolusi kecerdasan artifisial (*artificial intelligence/AI*) telah merambah seluruh sektor kehidupan manusia, termasuk pendidikan, dengan kecepatan yang belum pernah terjadi sebelumnya (Kasneci et al., 2023). Di sektor pendidikan global, integrasi AI bukan lagi sekadar wacana futuristik, melainkan telah menjadi kebutuhan strategis yang mendapat perhatian serius dari berbagai organisasi internasional (UNESCO, 2021). Laporan *Organization for Economic Cooperation and Development* (OECD Digital Education Outlook, 2023) mencatat bahwa negara-negara anggotanya semakin mengalokasikan sumber daya untuk mengembangkan kebijakan AI pendidikan yang komprehensif, dengan penekanan khusus pada jenjang pendidikan dasar sebagai fondasi kompetensi digital generasi mendatang. Proyeksi pasar global *edtech* berbasis AI diperkirakan akan melampaui USD 32,27 miliar pada tahun 2030 dengan tingkat pertumbuhan tahunan gabungan (*Compound Annual Growth Rate/CAGR*) sebesar 36,02% Grand View Research (2024), yang mengindikasikan kepercayaan besar komunitas global terhadap potensi transformatif AI dalam ekosistem pendidikan abad ke-21.



Dalam konteks pembelajaran di sekolah dasar, urgensi integrasi multimedia berbasis AI bertumpu pada landasan teoretis yang kokoh. *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (Mayer, 2021) menegaskan bahwa manusia memproses informasi secara lebih efektif ketika konten disajikan melalui kombinasi representasi verbal dan visual secara terintegrasi, sebab otak memiliki saluran pemrosesan ganda (*dual-channel processing*) yang dapat dioptimalkan melalui desain multimedia yang dirancang secara cermat. Pekrun (2006), melalui *Control-Value Theory of Achievement Emotions*, menambahkan dimensi afektif yang krusial: desain pembelajaran yang responsif terhadap kebutuhan emosional peserta didik sebagaimana dimungkinkan oleh sistem AI adaptif berkontribusi langsung terhadap peningkatan prestasi akademik jangka panjang. Lim et al. (2023) memperkuat argumen ini melalui meta-analisis terhadap 96 studi yang membuktikan bahwa multimedia interaktif berbasis AI menghasilkan *effect size* yang signifikan ($d = 0,78$) terhadap hasil belajar peserta didik di jenjang pendidikan dasar dibandingkan pendekatan konvensional. Hwang et al. (2020) menambahkan bahwa AI memungkinkan personalisasi konten multimedia secara adaptif berdasarkan profil kognitif individual peserta didik kapabilitas yang secara fundamental membedakannya dari multimedia statis konvensional.

Meskipun potensinya sangat besar, terdapat kesenjangan yang signifikan antara harapan dan realitas implementasi AI dalam multimedia pembelajaran, khususnya di jenjang sekolah dasar. Kajian sistematis Zawacki-Richter et al. (2019) yang hingga kini menjadi salah satu pijakan fundamental di bidang ini menemukan bahwa mayoritas riset AI dalam pendidikan masih berpusat pada jenjang pendidikan tinggi. Temuan tersebut diperbaharui dan dikonfirmasi oleh Crompton et al. (2024) yang menganalisis 105 studi terkini dan menemukan bahwa hanya 18% penelitian AI dalam pendidikan yang secara spesifik menyoroti jenjang pendidikan dasar. Kondisi ini menciptakan ketimpangan pengetahuan (*knowledge gap*) yang substansial, sebab kebutuhan pedagogis peserta didik usia 6–12 tahun berbeda secara mendasar dari kelompok usia yang lebih tua baik dari aspek kognitif, afektif, maupun kesesuaian antarmuka teknologi (Mousavinasab et al., 2021). Su et al. (2023) lebih lanjut mengidentifikasi bahwa sistem AI yang dikembangkan tanpa mempertimbangkan karakteristik perkembangan anak cenderung menghasilkan pengalaman belajar yang suboptimal dan berpotensi meningkatkan *cognitive overload* pada peserta didik sekolah dasar.

Kesenjangan tersebut berlapis dengan tantangan kontekstual di negara berkembang, termasuk Indonesia. Maghsudi et al. (2021) mengidentifikasi bahwa personalisasi pembelajaran berbasis AI di negara berkembang menghadapi hambatan struktural, mulai dari keterbatasan infrastruktur digital, rendahnya literasi AI pendidik, hingga minimnya konten multimedia bermuatan lokal yang kompatibel dengan algoritma AI. Laporan *European Commission: Directorate-General for Education Sport and Culture* (2022) tentang implementasi AI dalam pendidikan global menegaskan perlunya pendekatan yang kontekstualis dan inklusif yang mempertimbangkan keragaman budaya serta keterbatasan sumber daya agar manfaat AI dapat dirasakan secara merata, termasuk di jenjang sekolah dasar negara berkembang. Shen et al. (2021) menambahkan bahwa implementasi multimedia berbasis AI kerap terhambat oleh absennya kerangka pedagogis yang komprehensif, sehingga teknologi yang tersedia tidak dimanfaatkan secara optimal untuk mencapai tujuan pembelajaran yang bermakna.

Sejumlah penelitian mutakhir telah berupaya mengisi sebagian kesenjangan tersebut. Miling Chen (2025) mendokumentasikan efektivitas platform pembelajaran adaptif berbasis AI dalam meningkatkan pemahaman konsep matematika pada peserta didik kelas III–V. Kim et al., (2018) melaporkan bahwa *chatbot* berbasis AI dalam pembelajaran bahasa di sekolah dasar terbukti meningkatkan kefasihan berbicara peserta didik secara signifikan. Jiang et al. (2023) mengungkapkan bahwa integrasi AI dalam platform multimedia literasi membaca di sekolah dasar menghasilkan peningkatan kemampuan

membaca yang lebih tinggi dibandingkan pendekatan digital tanpa AI, dengan perbedaan bermakna secara statistik ($p < 0,05$). Baidoo-Anu & Owusu Ansah (2023) menyoroti transformasi peran pendidik dalam ekosistem pembelajaran berbasis AI dari penyampai konten menjadi fasilitator pengalaman belajar yang dipersonalisasi. Zhai et al. (2021) dalam tinjauan komprehensif atas lebih dari 800 studi, menemukan bahwa penelitian AI dalam pendidikan tumbuh secara eksponensial sejak 2016, namun sintesis yang terfokus pada jenjang dan konteks spesifik masih sangat dibutuhkan. Grassini (2023) menegaskan bahwa tanpa peta penelitian yang sistematis, pengembangan aplikasi AI untuk pendidikan berisiko mengulang kesalahan yang sama dan mengabaikan temuan kritis yang telah ada. Page et al. (2021), melalui panduan PRISMA 2020, menegaskan bahwa studi literatur sistematis merupakan metodologi paling andal untuk memetakan perkembangan bidang ilmu yang berkembang pesat secara objektif, transparan, dan dapat direplikasi.

Berdasarkan identifikasi latar belakang dan kesenjangan di atas, penelitian ini bertujuan untuk: (1) memetakan tren dan perkembangan penelitian tentang pemanfaatan AI dalam multimedia pembelajaran di sekolah dasar secara sistematis; (2) mengidentifikasi jenis teknologi AI yang paling banyak diimplementasikan dalam multimedia pembelajaran di sekolah dasar; (3) menganalisis efektivitas pemanfaatan AI dalam multimedia pembelajaran terhadap hasil belajar peserta didik di sekolah dasar; dan (4) mengidentifikasi celah penelitian yang masih perlu dieksplorasi lebih lanjut guna mendorong pengembangan bidang ini ke arah yang lebih relevan dan berdampak.

Penelitian ini memiliki urgensi dan kontribusi yang signifikan dari beberapa dimensi. *Pertama*, dari dimensi akademis, studi ini menyediakan peta jalan riset yang komprehensif bagi akademisi yang berminat mengembangkan kajian di bidang AI dan multimedia pendidikan dasar. *Kedua*, dari dimensi praktis, temuan penelitian ini dapat menjadi rujukan berbasis bukti bagi pendidik dan kepala sekolah dalam merancang strategi integrasi teknologi yang efektif, kontekstual, dan berkelanjutan. *Ketiga*, dari dimensi kebijakan, hasil penelitian ini relevan bagi pengambil keputusan dalam merumuskan kurikulum dan standar kompetensi digital yang adaptif terhadap perkembangan AI (Kasneji et al., 2023). Selwyn (2022) mengingatkan bahwa adopsi AI dalam pendidikan tanpa disertai kajian kritis dan berbasis bukti yang memadai berisiko menciptakan ketimpangan baru yang merugikan kelompok peserta didik paling rentan, termasuk di jenjang sekolah dasar. Oleh karena itu, pemetaan sistematis terhadap literatur yang ada merupakan langkah awal yang tidak dapat diabaikan dalam membangun ekosistem pembelajaran berbasis AI yang inklusif, efektif, dan berkelanjutan di tingkat sekolah dasar.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan tinjauan literatur sistematis (*Systematic Literature Review/SLR*) yang dilaksanakan dengan berpedoman pada protokol *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) 2020 (Page et al., 2021). Pendekatan SLR dipilih karena memungkinkan proses identifikasi, evaluasi, dan sintesis bukti penelitian dilakukan secara sistematis, transparan, dan dapat direplikasi sehingga dapat meminimalkan bias seleksi serta menghasilkan simpulan yang objektif (Snyder, 2019; Xiao & Watson, 2019). Berbeda dengan tinjauan naratif, SLR menuntut prosedur baku yang terdokumentasi pada setiap tahapan, mulai dari perumusan pertanyaan penelitian, penetapan strategi pencarian, hingga sintesis temuan lintas studi (Kitchenham & Charters, 2007; Tranfield et al., 2003). Untuk menjamin konsistensi dan keandalan kajian, protokol penelitian yang memuat pertanyaan penelitian, kata kunci, basis data, serta kriteria inklusi dan eksklusi telah disusun dan disepakati oleh tim peneliti sebelum proses pencarian literatur dilakukan (Moher et al., 2009).

Kajian ini diarahkan untuk menjawab tiga pertanyaan penelitian, yaitu: (1) bagaimana tren dan sebaran publikasi penelitian mengenai pemanfaatan kecerdasan

artifisial dalam multimedia pembelajaran di sekolah dasar; (2) jenis teknologi kecerdasan artifisial dan bentuk multimedia pembelajaran apa saja yang dimanfaatkan dalam konteks tersebut; serta (3) bagaimana temuan utama dan implikasi pemanfaatannya terhadap proses pembelajaran di sekolah dasar.

Strategi Pencarian Literatur

Pencarian literatur dilakukan secara sistematis melalui tiga basis data ilmiah bereputasi internasional, yaitu Scopus, *Web of Science* (WoS), dan ERIC (*Education Resources Information Center*). Ketiga basis data tersebut dipilih karena memiliki cakupan jurnal terindeks yang luas pada bidang pendidikan dan teknologi pembelajaran serta menerapkan proses penelaahan sejawat yang ketat (Booth et al., 2016). Pencarian dilaksanakan pada bulan Maret 2026. Strategi pencarian dikembangkan menggunakan kerangka PICOC (*Population, Intervention, Comparison, Outcome, Context*) agar kata kunci yang digunakan relevan dan komprehensif (Kitchenham & Charters, 2007; Petticrew & Roberts, 2006). Kata kunci disusun berdasarkan tiga klaster konsep utama: (1) kecerdasan artifisial, mencakup istilah *artificial intelligence*, *machine learning*, *deep learning*, *intelligent tutoring system*, dan *adaptive learning*; (2) multimedia pembelajaran, mencakup *learning multimedia*, *interactive media*, *digital learning media*, dan *e-learning*; serta (3) jenjang pendidikan dasar, mencakup *elementary school*, *primary school*, dan *primary education*. Istilah dalam satu klaster dihubungkan dengan operator Boolean OR, sedangkan antarklaster dihubungkan dengan operator AND sehingga terbentuk *search string* yang presisi. Pencarian difokuskan pada ruas judul, abstrak, dan kata kunci artikel (*title-abstract-keyword*). Contoh rumusan *search string* yang digunakan adalah sebagai berikut:

("artificial intelligence" OR "machine learning" OR "deep learning" OR "intelligent tutoring system" OR "adaptive learning") AND ("learning multimedia" OR "interactive media" OR "digital learning media" OR "e-learning") AND ("elementary school" OR "primary school" OR "primary education")

Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Artikel yang diperoleh dari hasil pencarian selanjutnya diseleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan secara eksplisit sebelum proses seleksi dimulai. Penetapan kriteria yang jelas berfungsi untuk menjamin relevansi topik serta kualitas studi yang dianalisis sekaligus mengurangi subjektivitas dalam pengambilan keputusan (Petticrew & Roberts, 2006). Kriteria inklusi dan eksklusi yang digunakan dalam kajian ini disajikan secara lengkap pada Tabel 1.

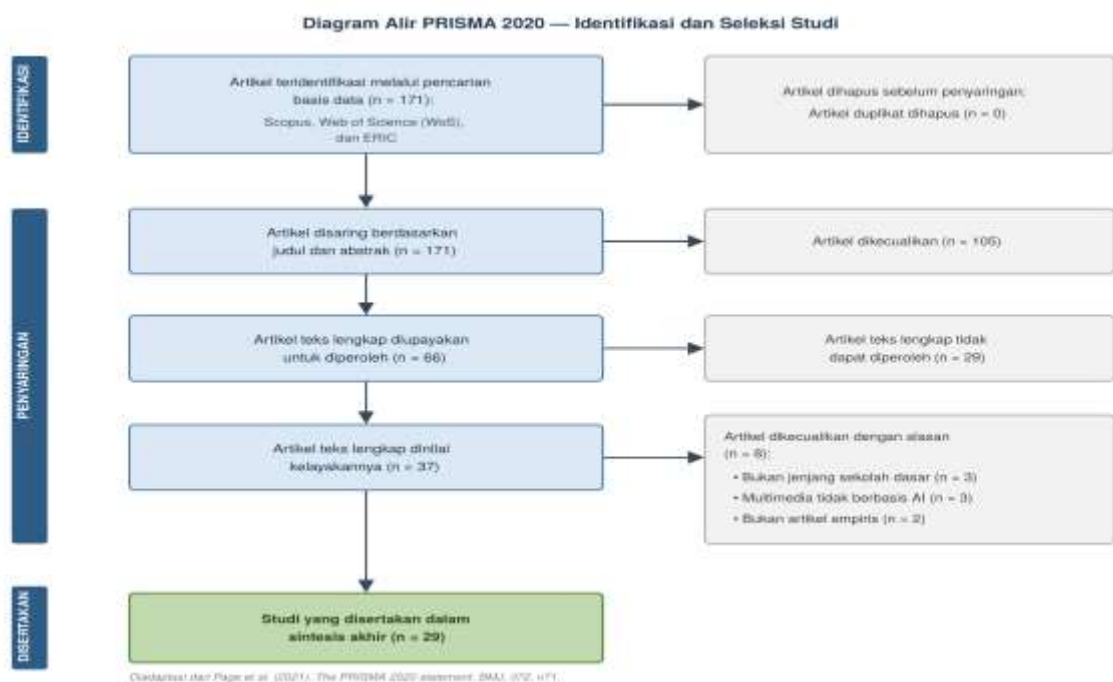
Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Aspek	Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
Jenis publikasi	Artikel jurnal ilmiah yang telah ditelaah sejawat (peer-reviewed)	Buku, bab buku, prosiding konferensi, tesis, disertasi, dan laporan lembaga
Bahasa publikasi	Bahasa Inggris dan bahasa Indonesia	Bahasa selain Inggris dan Indonesia
Rentang tahun terbit	Tahun 2020–2025	Sebelum tahun 2020
Fokus topik	Pemanfaatan kecerdasan artifisial dalam multimedia pembelajaran	Di luar konteks kecerdasan artifisial dan/atau multimedia pembelajaran
Konteks dan jenjang	Pendidikan pada jenjang sekolah dasar (SD/sederajat)	Jenjang SMP, SMA/SMK, dan perguruan tinggi

Aspek	Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
Subjek penelitian	Peserta didik dan/atau guru sekolah dasar	Subjek di luar jenjang pendidikan dasar
Ketersediaan naskah	Teks lengkap (full-text) dapat diakses	Hanya abstrak yang tersedia

Prosedur Seleksi Artikel

Proses seleksi artikel dilakukan melalui empat tahap sesuai alur PRISMA 2020, yaitu identifikasi (*identification*), penyaringan (*screening*), penilaian kelayakan (*eligibility*), dan penetapan studi yang disertakan (*included*) (Page et al., 2021). Pada tahap identifikasi, pencarian pada ketiga basis data menghasilkan 171 artikel. Seluruh rekaman kemudian diperiksa untuk mendeteksi duplikasi; pada kajian ini tidak ditemukan artikel duplikat ($n = 0$) sehingga keseluruhan 171 artikel dilanjutkan ke tahap penyaringan. Pada tahap penyaringan, judul dan abstrak dari 171 artikel ditelaah secara independen oleh dua orang peneliti untuk menilai relevansi awal terhadap topik kajian. Sebanyak 105 artikel dieliminasi karena tidak relevan, sehingga tersisa 66 artikel. Pada tahap penilaian kelayakan, teks lengkap dari 66 artikel tersebut diupayakan untuk diperoleh; sebanyak 29 artikel tidak dapat diakses secara penuh sehingga 37 artikel dinilai kelayakannya secara menyeluruh. Pada tahap ini, kelayakan tidak hanya ditinjau dari kesesuaian topik, tetapi juga dari kualitas metodologis artikel yang mencakup kejelasan tujuan penelitian, ketepatan desain dan metode, serta kelengkapan pelaporan temuan (Booth et al., 2016; Kitchenham & Charters, 2007). Setelah penelaahan teks lengkap, 8 artikel dikecualikan dengan alasan yang terdokumentasi, yaitu tidak berfokus pada jenjang sekolah dasar ($n = 3$), multimedia yang dikaji tidak berbasis kecerdasan artifisial ($n = 3$), dan bukan merupakan artikel empiris ($n = 2$). Dengan demikian, diperoleh 29 artikel yang memenuhi seluruh kriteria dan disertakan dalam sintesis akhir. Keseluruhan alur proses seleksi artikel disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir proses seleksi artikel berdasarkan PRISMA 2020

Untuk menjaga objektivitas dan meminimalkan bias, proses penyaringan dan penilaian kelayakan dilakukan oleh dua peneliti secara independen. Perangkat lunak *Rayyan* digunakan untuk membantu pengelolaan rekaman artikel serta pelacakan keputusan inklusi dan eksklusi pada setiap tahap (Ouzzani et al., 2016). Tingkat kesepakatan antarpeneleah diukur menggunakan koefisien *Cohen's Kappa* (Cohen, 1960), dan diperoleh nilai $\kappa = 0,83$. Berdasarkan klasifikasi (Landis & Koch, 1977), nilai tersebut tergolong dalam kategori kesepakatan yang sangat baik (*almost perfect agreement*). Perbedaan penilaian di antara kedua peneliti diselesaikan melalui diskusi hingga tercapai konsensus, dan apabila diperlukan, melibatkan peneliti ketiga sebagai penengah.

Ekstraksi dan Analisis Data

Data dari 29 artikel terpilih diekstraksi secara terstruktur menggunakan lembar ekstraksi data (*data extraction form*) yang telah dikembangkan dan diujicobakan terlebih dahulu pada sejumlah artikel untuk memastikan konsistensi antarpeneleah (Booth et al., 2016). Variabel yang diekstraksi meliputi identitas artikel (nama penulis, tahun terbit, nama jurnal, dan negara asal penelitian), desain dan metode penelitian, jenis teknologi kecerdasan artifisial yang digunakan, bentuk multimedia pembelajaran, subjek dan jenjang kelas, temuan utama, serta keterbatasan penelitian.

Analisis data dilakukan melalui dua pendekatan yang saling melengkapi. Pertama, analisis bibliometrik deskriptif digunakan untuk memetakan tren publikasi, sebaran tahun terbit, distribusi geografis penelitian, serta jenis teknologi yang paling banyak dikaji. Kedua, sintesis tematik (*thematic synthesis*) dilakukan dengan mengikuti kerangka tiga tahap yang dikembangkan oleh Thomas & Harden (2008), yaitu pengodean baris demi baris (*line-by-line coding*) terhadap temuan setiap artikel, pengelompokan kode ke dalam tema deskriptif (*descriptive themes*), serta pengembangan tema analitis (*analytical themes*) yang secara langsung menjawab pertanyaan penelitian. Pendekatan sintesis tematik dipilih karena sesuai untuk mengintegrasikan temuan dari studi yang beragam secara metodologis (Snyder, 2019). Pendekatan analisis serupa telah digunakan secara luas dalam berbagai tinjauan sistematis mengenai pemanfaatan kecerdasan artifisial di bidang pendidikan (Zawacki-Richter et al., 2019). Seluruh tahapan analisis didokumentasikan secara rinci untuk menjamin transparansi dan reproduktibilitas kajian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tren dan Sebaran Publikasi

Berdasarkan hasil seleksi menggunakan protokol PRISMA 2020, sebanyak 29 artikel yang memenuhi keseluruhan kriteria inklusi berhasil diidentifikasi dari tiga basis data utama, yaitu Scopus, Web of Science (WoS), dan ERIC. Analisis bibliometrik terhadap ke-29 artikel tersebut mengungkapkan pola pertumbuhan yang signifikan dalam volume publikasi selama rentang tahun 2021–2025, mencerminkan akselerasi global minat penelitian terhadap pemanfaatan kecerdasan artifisial (AI) dalam multimedia pembelajaran di jenjang sekolah dasar. Temuan ini selaras dengan proyeksi Zhai et al. (2021) yang mengidentifikasi pertumbuhan eksponensial riset AI dalam pendidikan sejak pertengahan dekade 2010-an, dan kini semakin terakselerasi pasca-pandemi COVID-19 yang telah mendorong adopsi teknologi digital secara masif di berbagai jenjang pendidikan.

Sebaran tahun publikasi menunjukkan bahwa tahun 2025 menjadi tahun dengan volume publikasi tertinggi ($n = 14$, 48,3%), diikuti tahun 2024 ($n = 7$, 24,1%), 2023 ($n = 4$, 13,8%), 2022 ($n = 3$, 10,3%), dan 2021 ($n = 1$, 3,4%). Lonjakan publikasi yang drastis pada 2025 dapat diinterpretasikan sebagai respons komunitas akademik terhadap meluasnya ketersediaan alat AI generatif dan adaptif yang dapat diintegrasikan dalam ekosistem multimedia pembelajaran. Tren ini mengonfirmasi temuan (Crompton et al., 2024) yang memproyeksikan pertumbuhan signifikan riset AI di jenjang pendidikan dasar dalam

beberapa tahun ke depan, meskipun proporsinya terhadap keseluruhan riset AI pendidikan masih relatif lebih kecil dibanding jenjang pendidikan tinggi.

Dari perspektif distribusi geografis, penelitian terbesar berasal dari kawasan Asia Timur dan Asia Tenggara, dengan kontributor utama meliputi Tiongkok (n = 9), Korea Selatan (n = 3), Indonesia (n = 3), Malaysia (n = 3), dan Taiwan (n = 2). Studi dari kawasan Amerika Latin (Kolombia, Ekuador), Eropa (Lithuania, Serbia, Spanyol, Yunani), Asia Tengah (Uzbekistan), Afrika Utara (Mesir), dan Arab Saudi (n = 1 masing-masing) turut memperkaya keragaman konteks penelitian yang dianalisis. Dominasi Asia Timur dalam riset ini konsisten dengan laporan (*OECD Digital Education Outlook 2023*, 2023) yang mencatat investasi besar negara-negara Asia dalam transformasi digital pendidikan. Secara khusus, kehadiran tiga studi dari Indonesia termasuk penelitian Batubara et al. (2025) dari UIN Walisongo Semarang, Pardamean et al. (2022) dari Universitas Bina Nusantara Jakarta, dan Shabir et al. (2025) dari Universitas Negeri Makassar menunjukkan bahwa komunitas akademik Indonesia mulai aktif berkontribusi dalam wacana global pemanfaatan AI di sekolah dasar, meski dengan tantangan kontekstual yang berbeda dibanding negara maju.

Jenis Teknologi AI dan Bentuk Multimedia yang Digunakan

Analisis tematik terhadap 29 studi yang disertakan menghasilkan pemetaan teknologi AI dan bentuk multimedia pembelajaran yang beragam, yang dapat dikelompokkan ke dalam tujuh kategori utama berdasarkan karakteristik teknologi yang mendasarinya. Pertama, sistem pembelajaran adaptif (*adaptive learning systems*) merupakan kategori yang paling banyak ditemukan (n = 10, 34,5%), mencakup platform yang menggunakan algoritma machine learning termasuk *collaborative filtering*, *deep Q-network reinforcement learning*, dan model prediksi gaya belajar untuk menyesuaikan konten secara *real-time* berdasarkan profil kognitif individual peserta didik. Pardamean et al. (2022) mendemonstrasikan bahwa sistem prediksi gaya belajar berbasis AI yang diintegrasikan dalam portal pembelajaran online mampu merekomendasikan materi yang sesuai bagi siswa SD kelas 4–6 di Indonesia, dengan capaian RMSE sebesar 0,9035 dan peningkatan performa belajar yang signifikan secara statistik. Sayed et al. (2023) memperluas temuan ini dengan mengembangkan platform e-learning adaptif berbasis *Deep Q-Network Reinforcement Learning* yang mengintegrasikan modalitas VARK dan gamifikasi, terbukti meningkatkan performa akademik dan kepuasan belajar siswa SD kelas 3 di Mesir, khususnya bagi siswa dengan performa awal rendah.

Kedua, teknologi *augmented reality* (AR) ditemukan pada delapan studi (27,6%), menjadikannya salah satu modalitas multimedia paling populer dalam konteks pembelajaran SD. Chen et al. (2025) melaporkan bahwa aplikasi *mobile augmented reality* yang dilengkapi dengan *pedagogical agent* (PA-MAR) secara signifikan mengungguli kelompok kontrol dalam perolehan kosakata bahasa Inggris, motivasi, dan persepsi teknologi pada 60 siswa SD di Cina. Lin et al. (2023) mengembangkan pendekatan diskusi dilema kontekstualisasi berbasis AR untuk menumbuhkan etika AI siswa SD, dan menemukan bahwa panduan AR imersif mampu meningkatkan kesadaran etika, penalaran etis, dan kecenderungan berpikir tingkat tinggi dibandingkan pendekatan mobile learning konvensional pada 79 peserta. Temuan kedua studi ini sejalan dengan argumen Hwang et al. (2020) bahwa AR membuka peluang personalisasi konten multimedia yang tidak tersedia dalam media statis.

Ketiga, *virtual reality* (VR) dan lingkungan imersif muncul dalam empat studi (13,8%). Shabir et al. (2025) dari Universitas Negeri Makassar melakukan penelitian longitudinal terhadap siswa SD kelas 5 di Indonesia dan menemukan bahwa integrasi AI dalam lingkungan belajar berbasis VR memberikan tren positif pada hasil belajar, dengan *Quadratic Trend Model* (QTM) sebagai model prediksi tren yang paling akurat. Chen et al. (2025) melaporkan bahwa pendekatan *spherical video-based VR* yang diperkaya dengan

strategi *peer feedback* (PF-SVVR) terbukti lebih efektif dalam meningkatkan performa menulis, keterlibatan kognitif, dan kemandirian belajar siswa SD di Cina dibandingkan pendekatan VR konvensional tanpa *peer feedback*. Aslan et al. (2024) menghadirkan perspektif inovatif melalui sistem *Kid Space* sebuah ruang belajar imersif berbasis proyeksi dinding yang mengintegrasikan agen AI percakapan multimoda, dan terbukti meningkatkan belajar 24% ($p < 0,01$) serta menurunkan screen time 41% pada siswa SD Amerika Serikat.

Keempat, agen AI percakapan (*conversational AI agents*) dan chatbot teridentifikasi pada lima studi (17,2%). Wang et al. (2023) melakukan investigasi naturalistik selama tiga bulan terhadap 16 siswa SD yang berinteraksi dengan agen AI untuk pembelajaran EFL, dan mengidentifikasi empat kluster pola interaksi yang berbeda. Temuan kritis studi ini menunjukkan bahwa pendekatan mendalam terhadap pembelajaran berbantuan AI bukan sekadar partisipasi tinggi secara mekanis merupakan prediktor utama keberhasilan. Zhu et al. (2025) melaporkan bahwa chatbot AI dalam kurikulum pemrograman visual secara signifikan meningkatkan *programming self-efficacy* pada 98 siswa SD kelas 5 di Cina, sambil mengurangi hambatan emosional dalam mencari bantuan belajar mandiri. Jiang et al. (2023) membuktikan bahwa platform AI-Pengtalk tidak hanya meningkatkan skor tes bahasa Inggris, tetapi juga membantu mengurangi kesenjangan kompetensi yang berkaitan dengan status sosial ekonomi (SES) orang tua. Selain itu, Ban & Ning (2021) mengembangkan desain instruksional berbasis AI yang ditanamkan pada teknologi internet untuk pembelajaran bahasa Inggris online, menunjukkan bagaimana AI dan virtual simulation dapat diintegrasikan untuk membangun pemikiran komputasional siswa SD sejak dini.

Kelima, permainan digital berbasis AI (AI-powered digital games) ditemukan pada lima studi (17,2%). Ongoro & Fanjiang (2024) melakukan tinjauan sistematis terhadap 50 studi tentang digital game-based learning (DGBL) untuk pembelajaran bahasa Inggris pada anak usia 2–10 tahun, dan menyimpulkan bahwa DGBL secara konsisten meningkatkan motivasi, kreativitas, dan kemampuan pemecahan masalah. Zaini et al. (2025) mengembangkan kerangka kebutuhan pengguna untuk DGBL adaptif berbasis AI guna meningkatkan literasi bahasa siswa SD di Malaysia. Vasalou (2022) mengangkat dimensi ekologis penting: bagaimana guru di Inggris memanfaatkan laporan digital dari sistem game adaptif berbasis AI untuk merancang intervensi pengajaran yang lebih tepat sasaran dan efisien.

Keenam, sistem analitik pembelajaran (*learning analytics*) berbasis AI ditemukan pada tiga studi (10,3%), termasuk studi Solano et al. (2024) yang mengembangkan rute kerja lima kategori panduan untuk mengintegrasikan learning analytics dalam perancangan *interactive multimedia experience* (IME) di pendidikan dasar Kolombia, serta studi Li (2022) yang menggunakan *deep learning* dan *decision tree* untuk menganalisis korelasi antara skor evaluasi kualitas pengajaran bahasa Inggris dan poin pengetahuan siswa memberikan model evaluasi berbasis AI yang komprehensif dan terukur. Ketujuh, AI generatif (*generative AI*) mulai muncul sebagai kategori baru yang signifikan. Campillo-Ferrer et al. (2025) menganalisis persepsi 407 mahasiswa calon guru SD di Spanyol terhadap Gen-AI, mengungkapkan pengakuan luas atas potensinya dalam meningkatkan motivasi dan personalisasi pembelajaran, namun juga kekhawatiran terhadap ketergantungan teknologi dan isu etika. Markos et al. (2024) melengkapi perspektif ini melalui analisis SWOT terhadap ChatGPT yang melibatkan 257 calon guru SD di Yunani, mengidentifikasi kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman penggunaan AI generatif dalam konteks pendidikan guru temuan yang relevan untuk mempersiapkan generasi pendidik SD masa depan.

Tabel 2. Ekstraksi Data 29 Studi Terpilih tentang Pemanfaatan AI dalam Multimedia Pembelajaran di Sekolah Dasar

No.	Penulis & Tahun	Judul	Jurnal	Teknologi AI	Bentuk Multimedia	Subjek/Konteks	Temuan Utama
1	Shabir et al. (2025)	Integration of Artificial Intelligence in Virtual Reality-Based Learning	Data and Metadata	AI adaptive learning	Virtual Reality (VR)	Siswa SD kelas 5, Universitas Negeri Makassar, Indonesia	Integrasi AI-VR memberikan tren positif pada hasil belajar; Quadratic Trend Model (QTM) paling akurat mengukur tren hasil belajar
2	Bujišić et al. (2025)	The Impact of an Informatics-Developmental Teaching Approach in the Subject Nature and Society on Students' Motivation	Int. Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education	E-learning, gamifikasi, multimedia digital	Tablet, konten multimedia, gamifikasi	189 siswa SD kelas 4, Serbia	Pendekatan informatics-developmental meningkatkan motivasi siswa secara signifikan dibanding metode tradisional (t-test, p signifikan)
3	Ban & Ning (2021)	Online English Teaching Based on Artificial Intelligence Internet Technology Embedded System	Mobile Information Systems	AI embedded system, virtual simulation	Platform e-learning berbasis internet AI	Siswa SD, Cina (studi desain instruksional)	Desain instruksional berbasis AI dan virtual simulation mendukung pengembangan pemikiran komputasional siswa SD sejak dini
4	Wang et al. (2023)	What matters in AI-supported learning: A study of human-AI interactions in language learning	Computers and Education	AI Agent EFL (conversational AI)	Platform AI interaktif pembelajaran bahasa	16 siswa SD, belajar naturalistik ±3 bulan	Empat kluster interaksi teridentifikasi; pendekatan mendalam memperkuat komunitas belajar manusia-AI; partisipasi mekanis menurunkan performa
5	Vasalou (2022)	Reflections on Personalized Games-Based Learning: How Automation Is Shaped Within Everyday School Practices	IEEE Technology and Society Magazine	AI automation dalam adaptive games	Digital games adaptif (literasi & matematika)	SD Inggris, observasi praktik kelas	Otomasi AI dalam game adaptif membantu guru memberikan intervensi tepat sasaran; laporan digital meningkatkan efisiensi pengajaran
6	Campillo-Ferrer et al. (2025)	Student Perceptions of the Use of Gen-AI in a Higher Education	Digital (MDPI)	Generative AI (Gen-AI), LLM	Platform web Gen-AI berbasis teks	407 mahasiswa calon guru SD & PAUD, Spanyol	Responden mengakui potensi Gen-AI meningkatkan motivasi dan personalisasi; tantangan utama: ketergantungan

		Program in Spain					teknologi, etika, dan privasi
7	Li (2022)	Deep Learning-Based Correlation Analysis between the Evaluation Score of English Teaching Quality and the Knowledge Points	Computational Intelligence and Neuroscience	Deep learning, decision tree, AHP	Sistem evaluasi kualitas pengajaran berbasis AI	Siswa SD–SMA, analisis korelasi poin pengetahuan, Cina	Model kombinasi decision tree + analisis korelasi pengetahuan efektif mengevaluasi kualitas pengajaran bahasa Inggris dan kemampuan siswa
8	Chen et al. (2024)	Incorporation of peer-feedback into the pedagogical use of spherical video-based virtual reality in writing education	British Journal of Educational Technology	Spherical Video-based VR (SVVR)	VR learning environment + peer feedback	79 siswa SD, Cina Tenggara	PF-SVVR meningkatkan performa menulis, keterlibatan kognitif, dan kemandirian belajar; perilaku tidak tertib lebih rendah dibanding C-SVVR
9	Setiawan et al. (2025)	Harnessing AI-based learning media in education: A meta-analysis of its effects on student achievement	Participatory Educational Research	AI media (AR, gamifikasi, web, software)	Multimedia berbasis AI lintas jenjang	Meta-analisis 2019–2024, SD hingga PT, global	Media belajar berbasis AI berpengaruh signifikan terhadap prestasi; tiga moderator (benua, capaian, durasi intervensi) bermakna ($p < 0,05$)
10	Kim et al. (2024)	Characteristic Behaviors of Elementary Students in a Low Attention State During Online Learning Identified Using EEG	IEEE Transactions on Learning Technologies	EEG-based AI attention monitoring	Online video lecture + webcam monitoring	24 siswa SD kelas 3–4, Korea Selatan	Indeks EEG mengidentifikasi perilaku atensi rendah (membuka mulut, bersandar); berguna untuk desain platform edukasi adaptif berbasis AI
11	Pardamean et al. (2022)	AI-Based Learning Style Prediction in Online Learning for Primary Education	IEEE Access	Collaborative Filtering AI, learning style prediction	Portal pembelajaran online adaptif	269 siswa SD kelas 4–6, Indonesia (Bina Nusantara)	RMSE 0,9035; peningkatan performa belajar signifikan (t-test pre-post); rekomendasi materi sesuai gaya belajar efektif untuk siswa SD
12	Zhu et al. (2025)	Using AI Chatbots in Visual Programming: Effect on Programming Self-Efficacy of Upper	International Journal of Information and Education Technology	AI Chatbot	Visual programming + AI chatbot	98 siswa SD kelas 5, Cina	AI chatbot meningkatkan programming self-efficacy (PSE) keterampilan secara signifikan; mengurangi

		Primary School Learners					hambatan emosional belajar mandiri
13	Zeng et al. (2025)	Integrating Mobile AI in Art Education: A Study on Children's Engagement and Self-Efficacy	International Journal of Interactive Mobile Technologies	Mobile AI synchronous generation drawing (MAI-SGD)	Aplikasi mobile AI generatif seni gambar	60 siswa SD kelas 3, Cina	MAI-SGD meningkatkan keterlibatan seni ($p < 0,05$), motivasi menggambar, dan creative self-efficacy dibanding lukis tradisional
14	Markos et al. (2024)	Pre-Service Teachers' Assessment of ChatGPT's Utility in Higher Education: SWOT and Content Analysis	Electronics (Switzerland)	ChatGPT (GPT-3.5), Generative AI	Platform chatbot berbasis web	257 mahasiswa calon guru SD & PAUD, Yunani	ChatGPT diakui memiliki potensi besar untuk pembelajaran; analisis SWOT mengungkap kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman penggunaannya di pendidikan
15	Sayed et al. (2023)	AI-based adaptive personalized content presentation and exercises navigation for an effective and engaging E-learning platform	Multimedia Tools and Applications	Deep Q-Network Reinforcement Learning (DQN-RL)	Platform e-learning adaptif (VARK + gamifikasi)	Siswa SD kelas 3, matematika, Mesir	Peningkatan performa akademik dan kepuasan pada kedua kelompok; kelompok VARK sedikit lebih tinggi; perbaikan terbesar pada siswa performa awal rendah
16	Ciampa et al. (2025)	AI as a Cultural Tool: Sociocultural Scaffolding and Ethical Integration in Upper Elementary Instruction	Computers in the Schools	AI tools (generative AI)	Instruksi berbantuan AI dalam penulisan	8 guru SD kelas 6-8, Amerika Serikat	Guru berperan sebagai mediator perkembangan; AI sebagai alat kultural mendorong literasi kritis, penalaran etis, dan kepemilikan belajar siswa
17	Gulchehra et al. (2025)	Implementing Artificial Intelligence and Virtual Learning Environments in Elementary Schools in Uzbekistan	Procedia Environmental Science, Engineering and Management	AI-based educational systems	Virtual Learning Environment (VLE)	Guru & siswa SD, Uzbekistan	AI menawarkan personalisasi dan keputusan berbasis data; tantangan privasi dan ekuitas digital perlu diatasi dengan regulasi dan kolaborasi interdisiplin
18	Solano et al. (2024)	Work Route for the Inclusion of Learning Analytics in the Development of Interactive Multimedia Experiences	Applied Sciences (MDPI)	Learning Analytics (AI-driven)	Interactive Multimedia Experience (IME)	Siswa transisi SD, Kolombia (validasi pakar)	Rute kerja LA-IME 5 kategori terbukti valid; dasbor analitik meningkatkan pemantauan personal guru terhadap kemajuan belajar siswa

		for Elementary Education					
19	Ongoro & Fanjiang (2024)	Digital Game-Based Technology for English Language Learning in Preschools and Primary Schools: A Systematic Analysis	IEEE Transactions on Learning Technologies	AI, AR/VR, Deep Learning (dalam DGBL)	Digital Game-Based Learning (DGBL)	Tinjauan sistematis 50 studi, usia 2–10 tahun	DGBL meningkatkan motivasi, kreativitas, dan problem-solving; AI dan deep learning direkomendasikan sebagai solusi tantangan desain DGBL
20	Ponomariovi enė & Jakavonytė-Staškuvienė (2025)	Learning Support Tools as a Prerequisite for Promoting Independent Learning in Primary School Students	Computers in the Schools	Platform digital adaptif (AI-assisted)	Digital platform pembelajaran personal	10 guru kelas 3 SD, Lithuania	Platform digital memungkinkan belajar mandiri dengan kecepatan personal; dukungan guru dan kolaborasi sejawat tetap esensial
21	Cárdenas-Cobo et al. (2025)	Dataset on Programming Competencies Development Using Scratch and a Recommender System in a Non-WEIRD Primary School Context	Data (MDPI)	Recommender System (CARAMBA)	Scratch (block-based programming)	Siswa SD usia 8–12 tahun, Ekuador	Sistem rekomendasi adaptif meningkatkan computational thinking; dataset open-access mendukung penelitian ekuitas digital dan inklusivitas
22	Aslan et al. (2024)	Immersive multi-modal pedagogical conversational artificial intelligence for early childhood education	Computers and Education: Artificial Intelligence	Conversational AI Agent (multi-modal)	Immersive wall projection, mixed physical-digital	14 siswa SD, Amerika Serikat	Peningkatan belajar 24% ($p < 0,01$); screen time turun 41%, aktivitas fisik naik 99,3%; agen AI personalisasi pengalaman belajar secara adaptif
23	Zaini et al. (2025)	User Requirements of Adaptive Learning Through Digital Game-Based Learning: User-Centered Design Approach	International Journal of Advanced Computer Science and Applications	Adaptive Learning AI, Virtual Tutor AI	Digital Game-Based Learning (DGBL)	Siswa SD Malaysia (user-centered design)	Spesifikasi kebutuhan pengguna DGBL adaptif berhasil dipetakan; elemen game adaptif dan tutor virtual AI terbukti mendukung literasi bahasa
24	Batubara et al. (2025)	Teachers' Perceptions and Readiness for Mobile Artificial Intelligence	International Journal of Interactive Mobile Technologies	Mobile AI tools	Aplikasi mobile pembelajaran interaktif	Guru SD Indonesia (UIN Walisongo Semarang)	Kesenjangan antara persepsi positif dan kesiapan praktis moderat; pengalaman personal sebagai prediktor terkuat

		Integration in Elementary Education					kesiapan integrasi mobile AI
25	Um et al. (2024)	An AI-based English education platform during the COVID-19 pandemic	Universal Access in the Information Society	AI Conversation Agent (AI-Pengtalk)	Platform e-learning berbasis tablet	54 SD kelas 4, Korea Selatan (N=108 kelas)	AI-Pengtalk meningkatkan kepercayaan diri, preferensi, dan skor tes bahasa Inggris; membantu kompensasi kesenjangan SES orang tua
26	Lin et al. (2023)	Technological support to foster students' artificial intelligence ethics: An augmented reality-based contextualized dilemma discussion approach	Computers and Education	Augmented Reality + AI guidance & feedback	AR Learning System, immersive role-play	79 siswa SD, Cina	Pendekatan AR meningkatkan kesadaran etika AI, penalaran etis, dan HOT; lag sequential analysis mengungkap pola perilaku belajar etika AI
27	Fanoush et al. (2025)	Mispronunciation Detection and Diagnosis for Young Arabic Learners Using Transfer Learning	IEEE Access	Transfer Learning, Self-Supervised Learning (SSL)	Computer-Assisted Pronunciation Training (CAPT)	Siswa SD usia 8–11 tahun, Arab Saudi	Sistem mencapai 71,42% akurasi manusia dalam deteksi fonem bahasa Arab
28	Chen et al. (2025)	Effects of Augmented Reality with Pedagogical Agent on EFL Primary Students' Vocabulary Acquisition, Motivation, and Technology Perceptions	International Journal of Human-Computer Interaction	Pedagogical Agent (AI) dalam MAR	Mobile Augmented Reality (MAR)	60 siswa SD EFL, Cina	Kelompok unggul dalam perolehan motivasi, persepsi teknologi dibanding kelompok tanpa agen dan kelas tradisional
29	Yao & Zheng (2025)	Primary education environments use mobile networks for student devices, tablets, and educational IoT systems	Discover Applied Sciences	LSTM Network, Deep Q-Network (DQN)	Platform jaringan mobile 5G, IoT classroom	100 perangkat siswa + 40 sensor IoT, simulasi kelas 5G, Cina	LQ-EduNet mengurangi latensi 39,2%, meningkatkan akurasi konten 31,5% dan throughput 44,8%; skalabilitas meningkat dari 65% ke 95%

Efektivitas Pemanfaatan AI dalam Multimedia terhadap Hasil Belajar

Temuan lintas 29 studi secara konsisten menunjukkan bahwa pemanfaatan AI dalam multimedia pembelajaran memberikan dampak positif yang bermakna terhadap

berbagai dimensi hasil belajar peserta didik di jenjang sekolah dasar. Sintesis tematik mengidentifikasi tiga dimensi utama dampak yang berulang secara konsisten: (1) peningkatan prestasi akademik dan penguasaan konten, (2) peningkatan motivasi, keterlibatan, dan *self-efficacy*, serta (3) personalisasi dan adaptivitas pengalaman belajar.

Pada dimensi prestasi akademik, meta-analisis Setiawan et al. (2025) yang mencakup studi-studi dari tahun 2019 hingga 2024 memberikan bukti agregat paling kuat bahwa media belajar berbasis AI berpengaruh signifikan terhadap prestasi akademik siswa ($p < 0,05$). Tiga variabel moderator yang diidentifikasi benua, jenis capaian yang diukur, dan durasi intervensi secara konsisten menunjukkan pengaruh bermakna, mengindikasikan bahwa efektivitas AI dalam multimedia pembelajaran bersifat lintas konteks namun tetap dimoderasi oleh faktor-faktor kontekstual. Pada tingkat studi individual, Sayed et al. (2023) mendokumentasikan peningkatan performa matematika yang signifikan melalui platform e-learning adaptif berbasis reinforcement learning pada siswa kelas 3 SD di Mesir; Pardamean et al. (2022) melaporkan peningkatan performa belajar yang terukur secara statistik pada 269 siswa SD Indonesia; dan Aslan et al. (2024) mencatat peningkatan belajar 24% ($p < 0,01$) melalui sistem agen AI multimoda imersif.

Pada dimensi bahasa dan literasi, Wang et al. (2023) memberikan wawasan kritis bahwa interaksi mendalam dengan agen AI merupakan prediktor utama kemajuan EFL siswa SD. Um et al. (2024) membuktikan bahwa platform percakapan AI mampu menjembatani kesenjangan kompetensi bahasa yang berkaitan dengan SES orang tua. (Ban & Ning, 2021) menambahkan bahwa desain instruksional berbasis AI yang mengintegrasikan virtual simulation dapat membangun fondasi pemikiran komputasional anak sejak dini sebuah kompetensi yang semakin krusial di era digital. Fanoush et al. (2025) membuktikan bahwa sistem deteksi dan diagnosis kesalahan pengucapan berbasis transfer learning dan self-supervised learning mampu mencapai F1-score 71,42% dalam mengidentifikasi kesalahan fonem siswa SD Arab usia 8–11 tahun, mendekati akurasi ahli manusia. Li, 2022) melengkapi dimensi ini dengan menunjukkan bahwa model deep learning dapat secara akurat mengevaluasi kualitas pengajaran bahasa Inggris melalui analisis korelasi poin pengetahuan memberikan alat umpan balik yang otomatis dan berbasis data bagi guru.

Pada dimensi motivasi dan keterlibatan, bukti dari multiple studi menunjukkan bahwa multimedia berbasis AI secara konsisten meningkatkan motivasi intrinsik dan keterlibatan aktif siswa SD. Bujišić et al. (2025) melaporkan bahwa pendekatan pengajaran berbasis multimedia digital menghasilkan peningkatan motivasi yang signifikan secara statistik dibandingkan metode tradisional pada 189 siswa kelas 4 SD di Serbia. Zeng et al. (2025) menemukan bahwa penggunaan alat *Mobile AI Synchronous Generation Drawing* (MAI-SGD) meningkatkan keterlibatan seni ($p < 0,05$), motivasi menggambar, dan creative self-efficacy pada 60 siswa SD kelas 3 di Cina. Campillo-Ferrer et al. (2025) mengkonfirmasi dari perspektif calon guru bahwa Gen-AI diakui memiliki potensi besar untuk meningkatkan keterlibatan akademik dan personalisasi jalur belajar temuan yang relevan untuk mempersiapkan implementasi AI oleh generasi guru SD masa depan.

Pada dimensi adaptivitas dan personalisasi yang merupakan keunggulan fundamental AI dibanding multimedia statis bukti lintas studi sangat konsisten. Pardamean et al. (2022) membuktikan bahwa algoritma AI dapat secara akurat memprediksi gaya belajar siswa SD dan merekomendasikan konten yang sesuai. Yao & Zheng (2025) mengembangkan kerangka LQ-EduNet yang mengintegrasikan LSTM dan DQN untuk mengoptimalkan QoS jaringan di kelas digital 5G secara real-time, membuktikan bahwa adaptivitas berbasis AI dapat beroperasi tidak hanya pada level konten pedagogis tetapi juga pada infrastruktur teknologi. Kim et al. (2024) membuka frontier inovatif dengan menggunakan EEG untuk mengidentifikasi pola perilaku atensi rendah siswa SD dalam pembelajaran online, membuka jalan bagi sistem adaptif yang dapat merespons kondisi

kognitif-afektif siswa secara *real-time* sebuah kapabilitas yang akan semakin relevan seiring berkembangnya teknologi sensor dan AI.

Tantangan Implementasi dan Celah Penelitian

Meskipun bukti efektivitas sangat menjanjikan, analisis tematik mengidentifikasi sejumlah tantangan struktural dan celah penelitian yang signifikan dalam literatur yang dianalisis. Pertama, kesenjangan antara persepsi dan kesiapan praktis guru merupakan hambatan implementasi yang paling konsisten dilaporkan. Batubara et al. (2025) mengungkapkan bahwa guru-guru SD Indonesia menunjukkan persepsi positif yang kuat terhadap integrasi mobile AI, namun kesiapan praktis mereka berada pada level moderat dengan pengalaman personal sebagai prediktor terkuat kesiapan. Ciampa et al. (2025) dari perspektif Amerika Serikat mengkonfirmasi bahwa guru memainkan peran mediator kritis dan menegaskan perlunya kebijakan serta struktur pembelajaran profesional yang berkelanjutan. Markos al., (2024) dan Campillo-Ferrer et al. (2025) memperluas dimensi ini ke level pendidikan guru: calon guru pun memerlukan pembekalan AI literacy yang memadai agar kelak dapat mengintegrasikan teknologi ini secara efektif, etis, dan kontekstual di kelas SD.

Kedua, tantangan terkait kesetaraan dan inklusivitas digital masih menjadi persoalan yang belum terpecahkan secara tuntas. Gulchehra et al. (2025) dari Uzbekistan dan Cárdenas-Cobo et al. (2025) dari Ekuador secara independen mengidentifikasi bahwa implementasi AI dalam pendidikan di konteks non-WEIRD menghadapi hambatan struktural yang berlapis: keterbatasan infrastruktur digital, minimnya konten bermuatan lokal, dan rendahnya literasi digital komunitas sekolah. Um et al. (2024) menawarkan secercah harapan dengan membuktikan bahwa platform AI yang dirancang dengan cermat dapat membantu menjembatani kesenjangan SES, namun hal ini hanya mungkin terwujud jika akses terhadap teknologi tersebut terjamin secara merata.

Ketiga, terdapat celah metodologis yang perlu mendapat perhatian serius. Mayoritas studi menggunakan desain kuasi-eksperimental jangka pendek sehingga dampak jangka panjang masih belum dapat dipastikan. Shabir et al. (2025) merupakan salah satu sedikit studi yang menggunakan pendekatan longitudinal dengan analisis time series, dan hasilnya membuka peluang metodologis penting bagi penelitian masa depan. Kim et al. (2024) membuka frontier inovatif melalui EEG, namun keterbatasan ukuran sampel ($n = 24$) mengurangi generalisabilitas temuan tersebut.

Keempat, dimensi etika dan privasi dalam implementasi AI di sekolah dasar belum dieksplorasi secara mendalam. Lin et al. (2023) merupakan pengecualian penting dengan mengangkat literasi etika AI sebagai tujuan pembelajaran langsung. Campillo-Ferrer et al. (2025) dan Markos et al. (2024) mengidentifikasi kekhawatiran etika, privasi, dan ketergantungan teknologi sebagai ancaman (threats) utama dalam adopsi Gen-AI sebuah peringatan yang perlu ditindaklanjuti dalam pengembangan kebijakan AI pendidikan dasar. Kelima, integrasi AI dalam mata pelajaran non-inti masih sangat terbatas. Zeng et al. (2025) merupakan pionir di ranah seni, sementara Bujišić et al. (2025) mengeksplorasi mata pelajaran Alam dan Masyarakat keduanya menunjukkan hasil positif yang mengisyaratkan potensi besar yang belum sepenuhnya digali di ranah pembelajaran lintas disiplin di sekolah dasar.

Implikasi bagi Pengembangan dan Kebijakan

Temuan kajian ini memiliki implikasi signifikan bagi pengembangan multimedia pembelajaran berbasis AI dan perumusan kebijakan pendidikan digital di jenjang sekolah dasar. Dari dimensi pengembangan, bukti lintas studi mengindikasikan bahwa efektivitas tertinggi dicapai ketika AI tidak sekadar menjadi lapisan teknologi tambahan, melainkan ketika AI benar-benar mengubah struktur interaksi pedagogis memungkinkan personalisasi yang responsif, umpan balik yang segera dan kontekstual, serta skalabilitas dukungan belajar yang sebelumnya hanya mungkin dalam setting individual. Ponomarioviené &

Jakavonytė-Staškuvienė (2025) mengingatkan bahwa meskipun platform digital adaptif memberdayakan kemandirian belajar, kerangka dukungan komprehensif yang mengintegrasikan panduan guru dan kolaborasi sejawat tetap merupakan komponen tak tergantikan dalam ekosistem pembelajaran SD yang efektif.

Dari dimensi kebijakan, temuan Batubara et al. (2025) tentang kesenjangan kesiapan guru di Indonesia mengimplikasikan bahwa kebijakan integrasi AI di sekolah dasar perlu disertai investasi sistemik dalam pengembangan kompetensi profesional guru melalui pendampingan reflektif berbasis pengalaman langsung. Cárdenas-Cobo et al. (2025) dan Gulchehra et al. (2025) menegaskan bahwa kebijakan AI pendidikan di negara berkembang perlu mengadopsi pendekatan kontekstualis yang sensitif terhadap kesenjangan infrastruktur. Temuan Markos et al. (2024) dan Campillo-Ferrer et al., (2025) secara khusus menegaskan perlunya kurikulum pendidikan guru yang secara eksplisit mengembangkan AI *literacy*, pemikiran kritis terhadap AI, dan kompetensi pedagogis berbasis AI bukan hanya kompetensi teknis semata.

Secara keseluruhan, kajian literatur sistematis terhadap 29 studi ini mengonfirmasi bahwa pemanfaatan AI dalam multimedia pembelajaran di sekolah dasar bukan lagi sekadar eksperimen teknologi, melainkan telah bertumbuh menjadi bidang penelitian yang matang dengan bukti empiris yang semakin kuat dan beragam. Pada saat yang bersamaan, kompleksitas tantangan implementasi yang mencakup dimensi teknis, pedagogis, etika, dan kebijakan mengingatkan bahwa teknologi canggih sekalipun tidak dapat menggantikan kearifan pedagogis dan kepekaan kontekstual yang hanya dapat diwujudkan melalui kombinasi antara inovasi teknologi, pengembangan kapasitas guru, dan kebijakan yang berpihak pada inklusivitas dan keadilan bagi seluruh peserta didik di jenjang sekolah dasar.

KESIMPULAN

Kajian ini melaksanakan tinjauan literatur sistematis terhadap 29 artikel ilmiah dari basis data Scopus, Web of Science, dan ERIC menggunakan protokol PRISMA 2020 dengan nilai kesepakatan antarpencelaah yang tinggi ($\kappa = 0,83$), mencakup 15 negara dalam rentang tahun 2021–2025. Secara keseluruhan, temuan kajian mengafirmasi bahwa pemanfaatan kecerdasan artifisial (AI) dalam multimedia pembelajaran di jenjang sekolah dasar telah berkembang menjadi bidang kajian yang matang, dinamis, dan strategis dengan relevansi praktis yang semakin nyata bagi ekosistem pendidikan abad ke-21.

Dari sisi tren bibliometrik, pertumbuhan publikasi berlangsung secara signifikan dan konsisten, dengan lonjakan volume tertinggi pada tahun 2025 yang menyumbang 48,3% dari keseluruhan studi. Akselerasi ini mencerminkan respons komunitas akademik global terhadap meluasnya ketersediaan teknologi AI generatif dan adaptif. Distribusi geografis menunjukkan dominasi Asia Timur dan Asia Tenggara khususnya Tiongkok, Korea Selatan, Indonesia, dan Malaysia yang mengindikasikan pergeseran epistemik dalam peta riset AI pendidikan global dari yang semula berpusat di negara-negara Barat menuju kawasan Asia. Kehadiran tiga studi dari Indonesia mengisyaratkan bahwa komunitas akademik nasional mulai berkontribusi aktif dalam wacana internasional, meskipun masih menghadapi tantangan kontekstual yang khas terkait kesenjangan infrastruktur dan kesiapan sumber daya manusia.

Kajian ini juga berhasil memetakan tujuh kategori utama teknologi AI yang diimplementasikan dalam multimedia pembelajaran di sekolah dasar. Sistem pembelajaran adaptif berbasis machine learning merupakan kategori paling dominan (34,5%), diikuti oleh augmented reality (27,6%), agen percakapan dan chatbot (17,2%), permainan digital berbasis AI (17,2%), virtual reality (13,8%), learning analytics (10,3%), serta AI generatif yang mulai berkembang sebagai kategori baru yang signifikan. Keragaman teknologi ini menandai bahwa integrasi AI dalam multimedia pembelajaran telah melampaui tahap eksperimentasi awal dan memasuki fase diversifikasi yang semakin matang.

Kendati demikian, kajian ini mengidentifikasi lima celah penelitian yang mendesak untuk dieksplorasi. Celah longitudinal muncul karena mayoritas studi menggunakan desain kuasi-eksperimental jangka pendek, sehingga dampak jangka panjang integrasi AI terhadap retensi dan transfer pengetahuan belum terpetakan secara memadai. Celah kontekstual terjadi karena studi dari negara berkembang dengan keterbatasan infrastruktur masih sangat terbatas. Celah etika dan privasi mencerminkan minimnya perhatian terhadap perlindungan data anak dan algorithmic bias. Celah lintas disiplin tampak dari terbatasnya integrasi AI pada mata pelajaran non-inti. Adapun celah kesiapan guru menunjukkan bahwa kerangka pengembangan profesional yang komprehensif bagi guru sekolah dasar belum dirumuskan secara memadai dalam literatur yang ada.

Berdasarkan keseluruhan temuan tersebut, kajian ini merekomendasikan tiga arah tindak lanjut yang saling melengkapi. Pengembang dan peneliti perlu menempatkan karakteristik perkembangan kognitif dan afektif anak usia 6–12 tahun sebagai prinsip desain utama sistem AI. Praktisi dan pengambil keputusan di sekolah perlu berinvestasi dalam pengembangan kompetensi pedagogis-digital guru, mengingat efektivitas multimedia berbasis AI tidak dapat dilepaskan dari kualitas fasilitasi pendidik. Pembuat kebijakan, khususnya di Indonesia dan negara berkembang lainnya, perlu merumuskan kerangka regulasi yang menjamin keamanan data peserta didik, inklusivitas akses, dan relevansi konten lokal secara paralel dengan percepatan adopsi teknologi AI. Dengan mensinergikan inovasi teknologi, pengembangan kapasitas manusia, dan kebijakan yang berpihak pada keadilan, pemanfaatan AI dalam multimedia pembelajaran di sekolah dasar berpotensi menjadi intervensi pendidikan paling transformatif tidak hanya meningkatkan capaian belajar individual, melainkan juga memperluas akses terhadap pengalaman belajar berkualitas bagi seluruh peserta didik tanpa memandang latar belakang geografis, ekonomi, maupun sosial budaya mereka.

DAFTAR PUSTAKA

- AI and education: guidance for policy-makers.* (2021). UNESCO. <https://doi.org/10.54675/PCSP7350>
- Aslan, S., Durham, L. M., Alyuz, N., Okur, E., Sharma, S., Savur, C., & Nachman, L. (2024). Immersive multi-modal pedagogical conversational artificial intelligence for early childhood education: An exploratory case study in the wild. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 6. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100220>
- BAĪDOO-ANU, D., & OWUSU ANSAH, L. (2023). Education in the Era of Generative Artificial Intelligence (AI): Understanding the Potential Benefits of ChatGPT in Promoting Teaching and Learning. *Journal of AI*, 7(1), 52–62. <https://doi.org/10.61969/jai.1337500>
- Ban, H., & Ning, J. (2021). Online English Teaching Based on Artificial Intelligence Internet Technology Embedded System. *Mobile Information Systems*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/2593656>
- Batubara, H. H., Syukur, F., Junaedi, M., Purwanti, K. L., & Shanie, A. (2025). Teachers' Perceptions and Readiness for Mobile Artificial Intelligence Integration in Elementary Education. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 19(16), 148–162. <https://doi.org/10.3991/ijim.v19i16.55711>
- Booth, A., Sutton, A., & Papaioannou, D. (2016). *Systematic approaches to a successful literature review (2nd ed.)*. SAGE Publications.
- Bujišić, L., Mišćević, G., Mandić, D., & Kostadinović, I. (2025). The Impact of an Informatics-Developmental Teaching Approach in the Subject Nature and Society on Students' Motivation. *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education*, 13(3), 563–571. <https://doi.org/10.23947/2334-8496-2025-13-3-563-571>

- Campillo-Ferrer, J. M., López-García, A., & Miralles-Sánchez, P. (2025). Student Perceptions of the Use of Gen-AI in a Higher Education Program in Spain. *Digital*, 5(3). <https://doi.org/10.3390/digital5030029>
- Cárdenas-Cobo, J., Vidal-Silva, C., & Máquez, N. (2025). Dataset on Programming Competencies Development Using Scratch and a Recommender System in a Non-WEIRD Primary School Context. *Data*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/data10060086>
- Chen, K., Tallant, A. C., & Selig, I. (2025). Exploring generative AI literacy in higher education: student adoption, interaction, evaluation and ethical perceptions. *Information and Learning Sciences*, 126(1/2), 132–148. <https://doi.org/10.1108/ILS-10-2023-0160>
- Ciampa, K., Wolfe, Z., & MacDonald, E. C. (2025). AI as a Cultural Tool: Sociocultural Scaffolding and Ethical Integration in Upper Elementary Instruction. *Computers in the Schools*. <https://doi.org/10.1080/07380569.2025.2602506>
- Cohen, J. (1960). A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37–46. <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>
- Crompton, H., Jones, M. V., & Burke, D. (2024). Affordances and challenges of artificial intelligence in K-12 education: a systematic review. *Journal of Research on Technology in Education*, 56(3), 248–268. <https://doi.org/10.1080/15391523.2022.2121344>
- European Commission: Directorate-General for Education Sport and Culture, Y. (2022). *Ethical guidelines on the use of artificial intelligence (AI) and data in teaching and learning for educators*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/doi/10.2766/153756>
- Fanoush, T., Al-Khatib, W. G., Amro, M., Alzahrani, A., & Elshafei, M. (2025). Mispronunciation Detection and Diagnosis for Young Arabic Learners Using Transfer Learning. *IEEE Access*, 13, 175047–175068. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3616335>
- Grand View Research. (2024). *Artificial intelligence in education market size, share & trends analysis report, 2024–2030*. Grand View Research.
- Grassini, S. (2023). Shaping the Future of Education: Exploring the Potential and Consequences of AI and ChatGPT in Educational Settings. *Education Sciences*, 13(7), 692. <https://doi.org/10.3390/educsci13070692>
- Gulchehra, T., Sokhiba, Z., Nilufar, I., Mokhichekhra, B., Akhmedov, B. A., Jurabekova, K., & Anvarovna, Z. D. (2025). IMPLEMENTING ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND VIRTUAL LEARNING ENVIRONMENTS IN ELEMENTARY SCHOOLS IN UZBEKISTAN. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*, 12(1), 63–70. <https://www.scopus.com/pages/publications/105006829829?origin=resultslist>
- Hwang, G.-J., Xie, H., Wah, B. W., & Gašević, D. (2020). Vision, challenges, roles and research issues of Artificial Intelligence in Education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 1, 100001. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100001>
- Jiang, Y., Cayton-Hodges, G. A., Nabors Oláh, L., & Minchuk, I. (2023). Using sequence mining to study students' calculator use, problem solving, and mathematics achievement in the National Assessment of Educational Progress (NAEP). *Computers & Education*, 193, 104680. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104680>
- Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., ... Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language

- models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>
- Kim, N. J., Belland, B. R., & Walker, A. E. (2018). Effectiveness of Computer-Based Scaffolding in the Context of Problem-Based Learning for Stem Education: Bayesian Meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 30(2), 397–429. <https://doi.org/10.1007/s10648-017-9419-1>
- Kim, S., Kim, J.-H., Hyung, W., Shin, S., Choi, M. J., Kim, D. H., & Im, C.-H. (2024). Characteristic Behaviors of Elementary Students in a Low Attention State During Online Learning Identified Using Electroencephalography. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 17, 619–628. <https://doi.org/10.1109/TLT.2023.3289498>
- Kitchenham, B. , & Charters, S. (2007). *Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering (EBSE Technical Report No. EBSE-2007-01)*.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33(1), 159. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Li, Y. (2022). Deep Learning-Based Correlation Analysis between the Evaluation Score of English Teaching Quality and the Knowledge Points. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/4102959>
- Lim, W. M., Gunasekara, A., Pallant, J. L., Pallant, J. I., & Pechenkina, E. (2023). Generative AI and the future of education: Ragnarök or reformation? A paradoxical perspective from management educators. *The International Journal of Management Education*, 21(2), 100790. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2023.100790>
- Lin, X.-F., Wang, Z., Zhou, W., Luo, G., Hwang, G.-J., Zhou, Y., Wang, J., Hu, Q., Li, W., & Liang, Z.-M. (2023). Technological support to foster students' artificial intelligence ethics: An augmented reality-based contextualized dilemma discussion approach. *Computers and Education*, 201. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104813>
- Maghsudi, S., Lan, A., Xu, J., & van der Schaar, M. (2021). Personalized Education in the Artificial Intelligence Era: What to Expect Next. *IEEE Signal Processing Magazine*, 38(3), 37–50. <https://doi.org/10.1109/MSP.2021.3055032>
- Markos, A., Prentzas, J., & Sidiropoulou, M. (2024). Pre-Service Teachers' Assessment of ChatGPT's Utility in Higher Education: SWOT and Content Analysis. *Electronics (Switzerland)*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/electronics13101985>
- Mayer, R. E. (2021). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (R. E. Mayer & L. Fiorella, Eds.; 3rd ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108894333>
- Miling Chen. (2025). The Impact of AI-assisted Personalized Learning on Student Academic Achievement. *US-China Education Review A*, 15(06). <https://doi.org/10.17265/2161-623X/2025.06.008>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Mousavinasab, E., Zarifsanaiy, N., R. Niakan Kalhori, S., Rakhshan, M., Keikha, L., & Ghazi Saedi, M. (2021). Intelligent tutoring systems: a systematic review of characteristics, applications, and evaluation methods. *Interactive Learning Environments*, 29(1), 142–163. <https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1558257>
- OECD Digital Education Outlook 2023*. (2023). OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/c74f03de-en>
- Ongoro, C. A., & Fanjiang, Y.-Y. (2024). Digital Game-Based Technology for English Language Learning in Preschools and Primary Schools: A Systematic Analysis. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 17, 202–228. <https://doi.org/10.1109/TLT.2023.3268282>

- Ouzzani, M., Hammady, H., Fedorowicz, Z., & Elmagarmid, A. (2016). Rayyan—a web and mobile app for systematic reviews. *Systematic Reviews*, 5(1), 210. <https://doi.org/10.1186/s13643-016-0384-4>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pardamean, B., Suparyanto, T., Cenggoro, T. W., Sudigyo, D., & Anugrahana, A. (2022). AI-Based Learning Style Prediction in Online Learning for Primary Education. *IEEE Access*, 10, 35725–35735. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3160177>
- Pekrun, R. (2006). The Control-Value Theory of Achievement Emotions: Assumptions, Corollaries, and Implications for Educational Research and Practice. *Educational Psychology Review*, 18(4), 315–341. <https://doi.org/10.1007/s10648-006-9029-9>
- Petticrew, M., & Roberts, H. (2006). *Systematic Reviews in the Social Sciences*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470754887>
- Ponomariovienė, J., & Jakavonytė-Staškuvienė, D. (2025). Learning Support Tools as a Prerequisite for Promoting Independent Learning in Primary School Students. *Computers in the Schools*. <https://doi.org/10.1080/07380569.2025.2595947>
- Sayed, W. S., Noeman, A. M., Abdellatif, A., Abdelrazek, M., Badawy, M. G., Hamed, A., & El-Tantawy, S. (2023). AI-based adaptive personalized content presentation and exercises navigation for an effective and engaging E-learning platform. *Multimedia Tools and Applications*, 82(3), 3303–3333. <https://doi.org/10.1007/s11042-022-13076-8>
- Selwyn, N. (2022). *Education and technology: Key issues and debates (3rd ed.)*. Bloomsbury Academic.
- Setiawan, R., Farisiyah, U., Abidin, M. Z., & Widiawanti, W. (2025). Harnessing AI-based learning media in education: A meta-analysis of its effects on student achievement. *Participatory Educational Research*, 12(1), 222–242. <https://doi.org/10.17275/per.25.12.12.1>
- Shabir, A., Herwin, H., Asriadi, A., Nurhayati, R., Diat Prasajo, L., & Che Dahalan, S. (2025). Integration of Artificial Intelligence in Virtual Reality-Based Learning. *Data and Metadata*, 4, 859. <https://doi.org/10.56294/dm2025859>
- Shen, C. X., Liu, R. D., & Xu, L. (2021). Effectiveness of multimedia instruction in science education: A meta-analysis. *Journal of Research in Science Teaching*. *Journal of Research in Science Teaching*, 59(8), 1311–1312. <https://doi.org/10.1002/tea.21706>
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Solano, A., Peláez, C. A., Ospina, J. A., Luna-García, H., Parra, J. A., Ramírez, G. M., Moreira, F., López Sotelo, J. A., & Villalba-Condori, K. O. (2024). Work Route for the Inclusion of Learning Analytics in the Development of Interactive Multimedia Experiences for Elementary Education. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(17). <https://doi.org/10.3390/app14177645>
- Su, J., Ng, D. T. K., & Chu, S. K. W. (2023). Artificial Intelligence (AI) Literacy in Early Childhood Education: The Challenges and Opportunities. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, 100124. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100124>
- Thomas, J., & Harden, A. (2008). Methods for the thematic synthesis of qualitative research in systematic reviews. *BMC Medical Research Methodology*, 8(1), 45. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-8-45>

- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. *British Journal of Management*, 14(3), 207–222. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>
- Um, H., Kim, H., Choi, D., & Oh, H. (2024). An AI-based English education platform during the COVID-19 pandemic. *Universal Access in the Information Society*, 23(3), 1233–1248. <https://doi.org/10.1007/s10209-023-01046-2>
- Vasalou, A. (2022). Reflections on Personalized Games-Based Learning: How Automation Is Shaped Within Everyday School Practices. *IEEE Technology and Society Magazine*, 41(2), 64–67. <https://doi.org/10.1109/MTS.2022.3173314>
- Wang, X., Liu, Q., Pang, H., Tan, S. C., Lei, J., Wallace, M. P., & Li, L. (2023). What matters in AI-supported learning: A study of human-AI interactions in language learning using cluster analysis and epistemic network analysis. *Computers and Education*, 194. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104703>
- Xiao, Y., & Watson, M. (2019). Guidance on Conducting a Systematic Literature Review. *Journal of Planning Education and Research*, 39(1), 93–112. <https://doi.org/10.1177/0739456X17723971>
- Yao, C., & Zheng, C. (2025). Primary education environments use mobile networks for student devices, tablets, and educational IoT systems. *Discover Applied Sciences*, 7(11). <https://doi.org/10.1007/s42452-025-07847-9>
- Zaini, N. A., Tengku Wook, T. S. M., Khalid, M. N. A., & Mohd Noah, S. A. (2025). User Requirements of Adaptive Learning Through Digital Game-Based Learning: User-Centered Design Approach to Enhance the Language Literacy Development. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 16(9), 184–197. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2025.0160919>
- 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>
- Zeng, S., Rahim, N., & Xu, S. (2025). Integrating Mobile AI in Art Education: A Study on Children’s Engagement and Self-Efficacy. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 19(11), 112–142. <https://doi.org/10.3991/ijim.v19i11.54847>
- Zhai, X., Chu, X., Chai, C. S., Jong, M. S. Y., Istenic, A., Spector, M., Liu, J.-B., Yuan, J., & Li, Y. (2021). A Review of Artificial Intelligence (AI) in Education from 2010 to 2020. *Complexity*, 2021(1). <https://doi.org/10.1155/2021/8812542>
- Zhu, Z., Wang, Z., & Bao, H. (2025). Using AI Chatbots in Visual Programming: Effect on Programming Self-Efficacy of Upper Primary School Learners. *International Journal of Information and Education Technology*, 15(1), 30–38. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2025.15.1.2215>