

Systematic Literature Review: Integrasi Artificial Intelligence dalam Pembelajaran Sains

**A. Muhammad Haerul Taufiq¹, Zhalfariani Narsan², Nur Nazhifah Adyputri³,
Adabi Darban⁴, Arifah Nofia Arifin⁵, Adnan⁶**

^{1,2,3,4}Mahasiswa Pascasarjana Pendidikan Biologi, Univeritas Negeri Makassar, Indonesia

^{5,6}Univeritas Negeri Makassar, Indonesia

Email: haerultaufiiq123@gmail.com¹, zhalfariani.narsan@gmail.com²,
nazhifahady@gmail.com³, Adabidarban854@gmail.com⁴, arifahnoviaarifin@unm.ac.id⁵,
adnan@unm.ac.id⁶

Abstrak: Penelitian ini adalah untuk menganalisis dan membahas integrasi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) dalam pembelajaran sains dengan pendekatan *sytematic literature review* dalam mengidentifikasi tren, manfaat, tantangan, serta strategi penerapan AI dalam konteks pembelajaran sains berdasarkan hasil-hasil penelitian terdahulu, sehingga dapat memberikan gambaran komprehensif mengenai peran dan potensi AI dalam meningkatkan efektivitas proses belajar mengajar di bidang sains. Metode penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) dengan menganalisis 42 artikel terindeks Scopus periode 2023–2025. Hasil analisis menunjukkan tren peningkatan signifikan publikasi mengenai integrasi AI dalam pendidikan sains. Mayoritas penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif, diikuti kualitatif dan *mixed methods*, mayoritas penulis berkolaborasi di dalam kelompoknya dengan fokus pada peningkatan efektivitas pembelajaran, etika penggunaan *Artificial Intelligence*, mendorong inovasi dalam pembelajaran, dan model AI dalam mendorong efiseinse pembelajaran. Topik “*Artificial Intelligence in education*” menjadi pusat kajian. Selain itu, kontribusi publikasi terbesar berasal dari negara-negara Eropa, Amerika Serikat, China, dan Australia. Temuan ini menegaskan bahwa integrasi AI berpotensi besar dalam meningkatkan kualitas pembelajaran sains sekaligus menghadirkan tantangan etis, privasi, dan implemnatasi dalam pembelajaran. Dengan demikian, penerapan AI dalam strategi pembelajaran sains perlu diarahkan pada keseimbangan antara inovasi teknologi, relevansi pedagogis, dan tata kelola etika yang transparan.

Kata Kunci : *Systematic Literature Review, Artificial Intelligence, Pembelajaran Sains.*

Abstract: *purpose of this study is to analyze and discuss the integration of Artificial Intelligence (AI) in science learning using a Systematic Literature Review (SLR) approach to identify trends, benefits, challenges, and implementation strategies of AI in the context of science education based on previous research findings. This study aims to provide a comprehensive overview of the role and potential of AI in improving the effectiveness of the teaching and learning process in the field of science. The research method employs a Systematic Literature Review (SLR) by analyzing 42 Scopus-indexed articles published between 2023 and 2025. The results indicate a significant increase in publications related to AI integration in science education. Most studies apply a quantitative approach, followed by qualitative and mixed methods. The majority of authors collaborate within their research groups, focusing on enhancing learning effectiveness, addressing AI ethics, promoting*

learning innovation, and developing AI models to improve learning efficiency. The topic "Artificial Intelligence in education" stands at the core of these studies, with the largest publication contributions from Europe, the United States, China, and Australia. These findings highlight that AI integration holds great potential to enhance the quality of science learning while also presenting ethical, privacy, and implementation challenges. Therefore, the application of AI should aim for a balance between technological innovation, pedagogical relevance, and transparent ethical governance.

Keywords: Systematic Literature Review, Artificial Intelligence, Science Education.

1. Pendahuluan

Pesatnya globalisasi dan digitalisasi telah membawa perubahan mendasar dalam pendidikan teknologi. Perubahan ini mencakup metode pembelajaran, kurikulum, hingga paradigma pendidikan secara luas. Pemasukan dalam pendidikan teknologi pun menjadi hal yang tidak terelakkan untuk menyesuaikan diri dengan tantangan era modern (Nasution et al., 2024). Perkembangan teknologi digital dan jaringan selama dekade terakhir telah mengubah cara bahan ajar disampaikan dan dikonsumsi. Kebutuhan untuk pembelajaran yang lebih cepat, fleksibel, dan tepat guna mendorong munculnya format-format baru di pendidikan formal maupun non-formal, termasuk *microlearning* sebagai salah satu strategi yang berkembang pesat (Sankaranarayanan et al., 2022).

Teknologi pendidikan pada dasarnya merupakan suatu pendekatan yang bersifat luas dan terbuka, dengan tujuan utama meningkatkan kualitas proses pembelajaran. Meskipun demikian, sejauh mana efektivitasnya serta indikator keberhasilan dalam mencapai tujuan pembelajaran masih belum sepenuhnya jelas. Hal ini muncul karena sebagian guru menilai bahwa praktik mengajar selama ini masih dilakukan secara asal, tanpa dasar yang kuat, serta lebih mengandalkan kebiasaan atau selera pribadi. Oleh karena itu, teknologi pendidikan hadir sebagai sebuah upaya serius untuk memperbaiki metode pembelajaran dengan menerapkan prinsip-prinsip ilmiah yang telah terbukti berhasil di bidang lain (Miasari et al., 2022). Teknologi pendidikan hampir menghilangkan masalah pengajaran massal. Banyak program yang dirancang oleh para ahli yang berbeda untuk sejumlah besar siswa dapat diakses oleh semua orang. Program-program ini mengatasi kendala ekonomi, sosial, atau geografis dan memastikan bahwa pendidikan dapat diakses oleh semua orang (Mesra et al., 2023).

Sistem pembelajaran pada era Revolusi Industri 4.0 menuntut peserta didik mengembangkan kreativitas, kemampuan berpikir kritis, kerja sama, dan keterampilan komunikasi sebagai bentuk pembentukan karakter serta penguatan aspek sosial. Setiap individu harus memiliki kemampuan berpikir kritis, pengetahuan yang relevan, dan penguasaan literasi digital, informasi, media, serta teknologi informasi dan komunikasi agar dapat beradaptasi dengan tuntutan pembelajaran (Putriani, 2021). Era Revolusi Industri 4.0 membawa dampak signifikan pada berbagai bidang, termasuk pendidikan. Konsep Pendidikan yang berfokus pada pemanfaatan ekonomi digital, kecerdasan buatan, robotika, dan *big data* akan mengubah pembelajaran dan sistem pendidikan. Dalam konteks ini, guru dituntut untuk menyesuaikan cara pandang serta mengubah metode pembelajaran agar selaras dengan kebutuhan era tersebut (Kahar et al., 2021).

Sejalan dengan hal tersebut, dalam arus globalisasi yang ditandai oleh kemajuan pesat teknologi informasi, penggunaan teknologi dan kecerdasan buatan menjadi kebutuhan penting di berbagai sektor, termasuk bidang pendidikan (Annisa et al., 2024). Lebih jauh, pemanfaatan AI dalam pendidikan juga mulai terlihat dalam konteks

pendidikan tinggi. Melalui teknologi seperti pembelajaran adaptif, analisis prediktif, sistem bimbingan belajar cerdas, pemrosesan bahasa alami, hingga gamifikasi, institusi pendidikan memiliki kemampuan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses pembelajaran. Integrasi AI berpotensi mendorong individualisasi, fleksibilitas dalam pengajaran, serta penyederhanaan tugas administratif. Penggunaan kecerdasan buatan tidak hanya memperkaya pengalaman belajar yang lebih personal, tetapi juga mendukung peningkatan kualitas pendidikan secara menyeluruh (Hermawan et al., 2024).

Kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) adalah bidang ilmu yang bertujuan untuk membuat mesin mampu meniru dan mengeksekusi proses berpikir manusia. Tiga prinsip utama AI meliputi learning (mesin terus belajar dari data baru untuk meningkatkan model), self-correction (kemampuan memperbaiki diri agar kesalahan semakin minim), dan reasoning (kemampuan memilih model terbaik untuk menarik kesimpulan dari data) (Hermawan, 2006). Dalam konteks pembelajaran sains, teknologi AI menghadirkan beragam fitur unggulan yang mampu meningkatkan kualitas pengalaman belajar siswa. Misalnya, melalui simulasi berbasis AI, siswa dapat mempelajari fenomena ilmiah seperti pergerakan planet, reaksi kimia, atau aliran energi dalam ekosistem secara visual dan interaktif. Bahkan, pada tingkat global, penggunaan kecerdasan buatan (AI) dalam bidang pendidikan telah membuktikan efektivitasnya dalam meningkatkan mutu dan kualitas pembelajaran sains (Rajwaa & Mukti, 2025).

Penerapan kecerdasan buatan dalam proses pembelajaran mampu meningkatkan capaian belajar siswa hingga 20% dibandingkan dengan metode konvensional. Negara-negara maju seperti Finlandia, Amerika Serikat, dan Singapura, telah menggunakan teknologi kecerdasan buatan untuk menggabungkan pembelajaran digital dan sains. Siswa memperoleh keterampilan berpikir kritis, kreatif, dan kolaboratif, yang memiliki peran sangat penting dalam era Revolusi Industri 4.0 (Holmes et al. 2019). Lebih jauh, siswa yang terbiasa menggunakan teknologi AI dalam pembelajaran akan lebih siap menghadapi tantangan pada masa depan, baik dalam bidang akademik maupun dunia profesional. Dengan demikian, integrasi kecerdasan buatan dalam pendidikan, khususnya pembelajaran sains, tidak hanya berperan dalam meningkatkan hasil belajar, tetapi juga membekali peserta didik dengan keterampilan abad ke-21 yang relevan dengan kebutuhan global (Rajwaa & Mukti, 2025).

2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan *Systematic Literature Review* (SLR) yang secara sistematis menganalisis dan mengevaluasi penelitian sebelumnya terkait pengembangan dan implementasi Kecerdasan Buatan (AI) dalam pembelajaran sains. Tujuan SLR ini adalah untuk mengidentifikasi tren penelitian, pola publikasi, dan perkembangan tematik terkait AI dalam konteks pembelajaran sains yang terindeks dalam basis data *Scopus*. Untuk memberikan cakupan dan fokus yang jelas, pertanyaan penelitian yang dirumuskan untuk penelitian ini adalah: "Bagaimana tren publikasi terkait tema Integrasi *Artificial Intelligence* dalam Pembelajaran Sains' pada jurnal terindeks *Scopus*?" dan "Bagaimana Integrasi *Artificial Intelligence* dalam Pembelajaran Sains?".

Pencarian pustaka dilakukan melalui basis data *Scopus* dengan menggunakan kata kunci "*Integrasi Artificial*". Setelah data dikirim dalam format .CSV dan .RIS data tersebut akan disinkronkan ke *Mendeley Reference Manager* untuk mengatur referensi. Selain itu, *VOSviewer* memungkinkan visualisasi jaringan bibliometrik seperti kepenulisan bersama, kookurensi kata kunci, dan klaster tematik. Ini membuat penyajian informasi lebih luas, komunikatif, dan mudah dipahami.

Riwayat pencarian Scopus mengikuti kueri: (TITLE-ABS-KEY("Integrasi Artificial") AND (LIMIT-TO (YEARS, "2022-2025")) AND (LIMIT-TO (SUBJECT AREA, "Sciences education")) AND (LIMIT-TO (DOKUMENT, "Artikel")) AND (LIMIT-TO (KEYWORD, " Artificial Intelligence in education and Social Sciences ") AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, "English")) AND (LIMIT-TO (OPEN ACCESS, "All open access "))). Dengan menggunakan pola pencarian ini, total 585.472 artikel awalnya diidentifikasi. Proses seleksi kemudian mengikuti kerangka kerja *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA), yang mengadaptasi alur inklusi dan eksklusi yang dijelaskan oleh (Permana, et.al, 2024).

Pemfilteran berdasarkan tahun publikasi 2022–2025 menghasilkan 222.254 artikel. Pembatasan bidang studi pada *sciences education* mempersempit kumpulan data menjadi 27.595 artikel, dan penyempurnaan lebih lanjut berdasarkan jenis dokumen (Artikel) menghasilkan 17.263 studi. Ketika difilter berdasarkan kata kunci " Integrasi Artificial & Sciences education", hasilnya direduksi menjadi 201 artikel, yang kemudian dibatasi pada publikasi berbahasa Inggris, sehingga tersisa 192 artikel. Penerapan filter akses terbuka menghasilkan 112 artikel, dan melalui analisis manual akhir yang berfokus pada penyertaan istilah "pembelajaran", 42 artikel diidentifikasi sangat relevan.

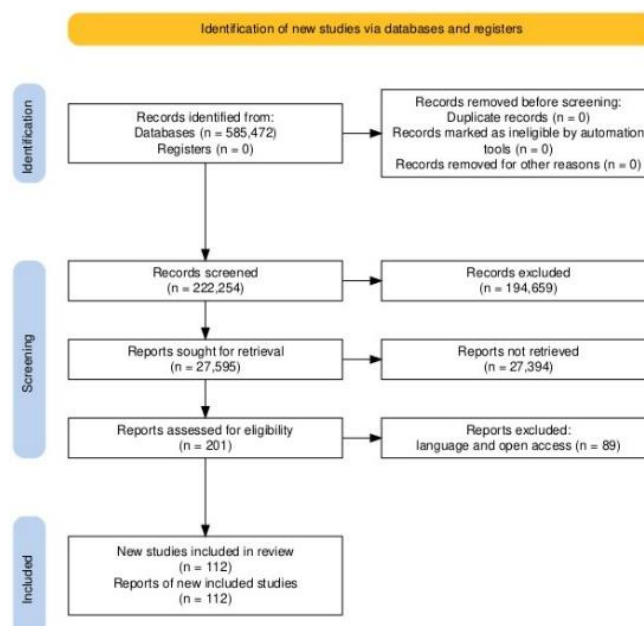
Proses inklusi dan eksklusi dirangkum dalam diagram PRISMA (Gambar 1), yang mengilustrasikan penyempurnaan langkah demi langkah dari kumpulan data awal hingga seleksi akhir. Pada akhirnya, 42 artikel penelitian akses terbuka berbahasa Inggris yang diterbitkan antara tahun 2023 dan 2025 diidentifikasi relevan dengan tema " Integrasi Artificial dalam Pembelajaran sains" dalam bidang Ilmu Sosial. Studi-studi terpilih ini menjadi dasar untuk analisis bibliometrik dan tematik lebih lanjut, yang menyoroti arah penelitian yang sedang berkembang, aplikasi pedagogis, dan integrasi teknologi AI yang semakin luas ke dalam praktik pendidikan.

Berdasarkan Gambar 1, pencarian awal di database Scopus dengan kata kunci "Artificial Intelligence" menghasilkan 585.472 artikel. Setelah dilakukan penyaringan berdasarkan tahun publikasi (2022–2025), jumlah artikel berkurang menjadi 222.254 artikel. Langkah berikutnya adalah melakukan penyaringan berdasarkan bidang ilmu (subject area) "Science Education", sehingga diperoleh 27.595 artikel.

Selanjutnya, dari jumlah tersebut kami hanya mengambil dokumen jenis artikel ilmiah (article) dan mendapatkan 17.263 artikel, sementara jenis dokumen lain seperti conference paper, book chapter, atau review dikecualikan. Setelah itu, kami melakukan penyaringan dengan kata kunci "Artificial Intelligence in Education & Science Education" dan memperoleh 201 artikel yang relevan dengan fokus penelitian ini. Kemudian kami menerapkan kriteria bahasa publikasi, yaitu hanya artikel yang berbahasa Inggris, sehingga tersisa 192 artikel dan 9 artikel dikecualikan.

Pada tahap berikutnya, kami menerapkan kriteria Open Access (akses terbuka) untuk memastikan semua artikel dapat diakses penuh. Hasilnya, terdapat 112 artikel yang memenuhi kriteria, sedangkan 80 artikel dikecualikan karena tidak bersifat akses terbuka. Tahap terakhir adalah analisis manual untuk memverifikasi kesesuaian artikel dengan tema pembelajaran (*learning*) dalam konteks pendidikan sains. Dari proses ini, ditemukan 42 artikel yang memenuhi seluruh kriteria dan relevan untuk dianalisis lebih lanjut. Dengan demikian, dari 585.472 artikel awal, hanya 42 artikel yang secara konsisten memenuhi seluruh kriteria inklusi, mulai dari tahun publikasi, bidang ilmu, jenis dokumen, bahasa, akses terbuka, hingga kesesuaian tema penelitian. untuk tinjauan

pustaka sistematis yang merinci penelusuran basis data, jumlah abstrak yang disaring, dan teks lengkap yang diambil.



Gambar 1. Diagram alir PRISMA

Berdasarkan Gambar 1, dapat dilihat bahwa pada pencarian awal kami menemukan 585.472 artikel yang teridentifikasi melalui basis data Scopus dengan kata kunci “*Artificial Intelligence*”. Selanjutnya, kami menyaring artikel berdasarkan tahun publikasi (2022–2025), sehingga jumlah artikel berkurang menjadi 222.254 artikel, yang berarti 363.218 artikel dikecualikan karena diterbitkan di luar rentang waktu tersebut. Kemudian, kami menerapkan kriteria area subjek “*Science Education*”, dan hasilnya ditemukan 27.595 artikel yang relevan, sementara 194.659 artikel dikecualikan karena berasal dari bidang lain seperti teknik, kedokteran, atau ilmu sosial umum. Selanjutnya, dari hasil tersebut kami hanya memilih dokumen yang berjenis artikel penelitian (*research article*) dan memperoleh 17.263 artikel, yang berarti 10.332 artikel dikecualikan karena berupa *conference paper*, *review*, atau *book chapter*.

Tahap berikutnya adalah penyaringan berdasarkan kata kunci “*Artificial Intelligence in Education & Science Education*”, sehingga tersisa 201 artikel yang relevan dengan topik penelitian ini. Setelah dilakukan pemeriksaan ulang terhadap kesesuaian isi artikel dengan konteks pendidikan, 17.062 artikel dikecualikan karena tidak berhubungan langsung dengan pendidikan. Selanjutnya, kami menerapkan kriteria bahasa publikasi, yaitu hanya artikel yang ditulis dalam bahasa Inggris, dan ditemukan 192 artikel yang memenuhi kriteria, sementara 9 artikel dikecualikan. Pada tahap berikutnya, kami hanya memilih artikel dengan akses terbuka (*open access*) agar dapat diakses penuh untuk analisis lanjutan.

Hasilnya, terdapat 112 artikel yang memenuhi kriteria, dan 80 artikel lainnya dikecualikan karena tidak bersifat *open access*. Tahap terakhir adalah analisis manual terhadap artikel-artikel yang telah lolos seleksi, dengan fokus pada topik learning dalam konteks *Artificial Intelligence* di pendidikan sains. Setelah proses ini, diperoleh 42 artikel yang benar-benar memenuhi semua kriteria dan siap dianalisis lebih mendalam. Dengan

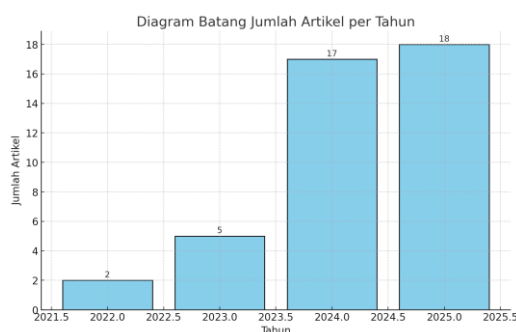
demikian, dari 585.472 artikel awal, hanya 42 artikel akhir yang dipertahankan setelah melalui proses seleksi berlapis berdasarkan tahun, bidang ilmu, jenis dokumen, bahasa, akses terbuka, dan kesesuaian topik penelitian.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil

a. Tahun Distribusi

Menunjukkan jumlah artikel yang diterbitkan per tahun dari tahun 2022 sampai dengan tahun 2025. Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa jumlah publikasi tertinggi pada tema *Artificial Intelligence* pada pembelajaran sains terdapat pada tahun 2025, yaitu 18 artikel. Pada tahun 2022 hanya ditemukan 2 artikel, tahun 2023 hanya 5 artikel, dan tahun 2024 terdapat 17 artikel. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa terdapat tren peningkatan penelitian mengenai *Artificial Intelligence* pada pembelajaran sains dalam setahun terakhir. Namun, sangat mungkin tema *Artificial Intelligence* akan meningkat, sangat mungkin jumlah artikel pada tema *Artificial Intelligence* yang dipublikasikan dan tercatat dalam basis data Scopus pada tahun 2025 akan meningkat.



Gambar 2. Tahun distribusi artikel

b. Jenis/Metode Penelitian

Tren jenis penelitian yang dianalisis dalam kajian ini disajikan dalam Tabel 1, yang memuat informasi meliputi author dan tahun publikasi, judul penelitian, hasil penelitian, halaman, serta metodologi dari total 42 jurnal yang berhasil diidentifikasi melalui proses seleksi. Berdasarkan hasil analisis terhadap ke-42 jurnal tersebut, dapat diketahui bahwa sebagian besar penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif, di mana peneliti berfokus pada pengukuran efektivitas, pengujian model, serta analisis hubungan antar variabel yang berkaitan dengan topik yang dikaji. Pendekatan kuantitatif ini banyak digunakan karena memungkinkan peneliti memperoleh data empiris dan hasil yang dapat digeneralisasikan, terutama dalam menilai dampak penerapan konsep atau teknologi tertentu terhadap hasil belajar maupun perilaku pengguna.

Meskipun demikian, terdapat pula beberapa penelitian yang menggunakan pendekatan kualitatif, dengan penekanan pada eksplorasi mendalam terhadap konteks dan pengalaman peserta penelitian. Selain itu, sejumlah penelitian lainnya mengadopsi metode campuran (*mixed methods*) untuk menggabungkan keunggulan data numerik dan naratif, sehingga memberikan gambaran yang lebih menyeluruh

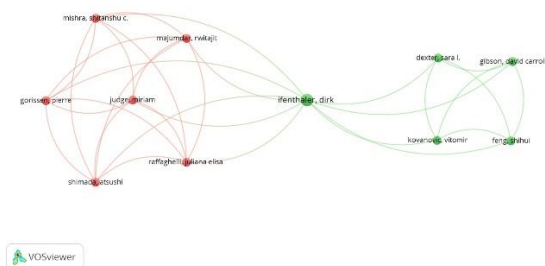
terhadap fenomena yang dikaji. Penyajian data dalam tabel yang mencakup author, tahun, judul, hasil penelitian, halaman, dan metodologi bertujuan untuk memberikan ringkasan sistematis mengenai variasi pendekatan yang digunakan dalam penelitian terdahulu. Dengan demikian, metode penelitian dalam kajian ini bersifat kualitatif deskriptif berbasis kajian literatur, di mana peneliti menelaah, membandingkan, dan mensintesis hasil penelitian dari berbagai sumber untuk mengidentifikasi pola, tren, dan arah pengembangan penelitian selanjutnya.

Tabel 1 Jenis Penelitian pada Tema *Artificial Intelligence* pada Pembelajaran Sains

No.	Jenis Penelitian	Jumlah	Nama Peneliti
1	Kuantitatif	13	Suliman Zakaria Suliman Abdalla (2025); Ben-Zion dkk. (2025); Vesna Čančer dkk. (2025); Borna dkk. (2024); Raidell Avello-Martínez dkk. (2024); Hussein Farhood dkk. (2024); Chou dkk. (2025); Wang dkk. (2023); Kumar dkk. (2023); Petrov & Atanasova (2024); López-Cortés dkk. (2023); Al-Muqbil (2022); Cahyana dkk. (2023).
2	Kualitatif	8	Annisa & Subianto (2023); Abriata (2023); Aivelo & Uitto (2023); Borrel & Fourches (2024); Bouksim (2024); Erbaş & Demirer (2024); Schmidthaler dkk. (2023); Stojišić dkk. (2023).
3	Metode Campuran	7	Abdelhamid dkk. (2025); Delgado-Rodríguez dkk. (2023); Çiloglu & Ustun (2023); Annisa & Subianto (2023); Saidin dkk. (2015); Ekundayo dkk. (2024); Cioglu & Ustun (2023).
4	Riset dan Pengembangan / Metode Lain	14	Tosin Ekundayo dkk. (2024); Damasevicius (2024); Raidell Avello-Martínez dkk. (2024); Hussein Farhood dkk. (2024); Chou dkk. (2025); Borna dkk. (2024); Vesna Čančer dkk. (2025); Ben-Zion dkk. (2025); Fuchsova & Korenova (2019); Cortés Rodríguez dkk. (2022); Nurhayati dkk. (2023); Wang dkk. (2022); Petrov & Atanasova (2024); López-Cortés dkk. (2023).

c. Penulis

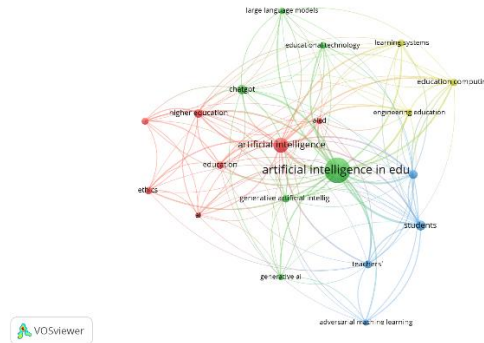
Menampilkan visualisasi jejaring kolaborasi penulis (*co-authorship network*) yang dibuat menggunakan VOSviewer. Setiap titik mewakili seorang penulis, sedangkan garis menunjukkan hubungan kolaboratif antar penulis berdasarkan publikasi bersama. Warna yang berbeda menandai klaster kolaborasi yang terpisah. Klaster merah menunjukkan kelompok penulis seperti mishra, shitanshu c., majumdar, rwitajit, dan raffaghelli, juliana elisa yang aktif berkolaborasi di dalam kelompoknya. Sementara itu, klaster hijau terdiri atas penulis seperti *dexter*, *sara l.*, *gibson*, *david carroll*, dan *kovanovic*, *vitomir*. Penulis *ifenthaler*, *dirk* yang berada di tengah berfungsi sebagai jembatan penghubung antar klaster, menunjukkan peran pentingnya dalam menjembatani kerja sama penelitian antara dua kelompok besar tersebut.



Gambar 3 Penulis dan Hubungan Antar Penulis

d. Kata Kunci

Gambar di bawah merupakan hasil analisis bibliometrik menggunakan perangkat lunak VOSviewer untuk memetakan hubungan antar kata kunci dalam penelitian tentang *Artificial Intelligence in education*. Setiap titik (node) merepresentasikan kata kunci, sedangkan ukuran titik menunjukkan frekuensi kemunculannya. Garis yang menghubungkan antar titik menandakan keterkaitan atau kemunculan bersamaan dalam satu dokumen. Warna berbeda menunjukkan kluster tema yang saling berhubungan, seperti kluster “*higher education*” dan “*ethics*” (merah), “*ChatGPT*” dan “*educational technology*” (hijau), serta “*students*” dan “*teachers*” (biru). Visualisasi ini menunjukkan bahwa topik “*Artificial Intelligence in education*” menjadi pusat kajian, dengan keterkaitan kuat terhadap teknologi pembelajaran, etika, dan penerapan AI dalam proses pendidikan.



Gambar 4. Tampilan VOS viewer berdasarkan kata kunci

e. Negara

Berdasarkan Tabel 2 Diketahui terdapat 38 negara asal penulis. Lima negara dengan publikasi bertema *Artificial Intelligence* dalam pembelajaran sains terbanyak adalah Spain (14 Artikel) Australia (13 artikel), United States (13 artikel), China (13 artikel), dan Germany (7 artikel). Berdasarkan benua, Eropa menyumbang penulis terbanyak yang mempublikasikan karya tentang *Artificial Intelligence* dalam pembelajaran sains dengan 54 penulis, diikuti oleh Asia dengan 35 penulis, dan Amerika dengan 24 penulis, Afrika dengan 3 penulis. Sementara itu, Oceania memiliki 1 penulis.

Tabel 2. Kebangsaan dan benua penulis pada tema pembelajaran sains

No	Benua	Negara
1	Eropa	Germany (7); Netherlands (4); Spain (14); Italy (3); United Kingdom (6); Norway (2); Turkey (5); Cyprus (1); Switzerland (1); Ukraine (1); Romania (1); Finland (2); Sweden (4).
2	Amerika	United States (13); Brazil (4); Mexico (3); Canada (2); Ecuador (2).
3	Afrika	Uganda (1); Lesotho (1).
4	Asia	China (13); India (3); Japan (2); Philippines (2) , Hong Kong (2); Indonesia (2); Malaysia (2); Singapore (1); Jordan (1); Saudi Arabia (1) South Korea (2) Taiwan (1); Viet Nam (2); Thailand (1).
5	Oceania	Australia (13)

f. Analisi Jurnal Tema *Artificial Intelligence* pada Pembelajaran Sains

Berdasarkan hasil analisis terhadap 42 jurnal yang terbit antara tahun 2022 hingga 2025, diperoleh data yang menunjukkan peningkatan signifikan dalam kajian terkait penerapan kecerdasan buatan di bidang pendidikan. Pada tahun-tahun awal, penelitian lebih banyak berfokus pada pengenalan potensi AI sebagai alat bantu belajar yang mampu meningkatkan pemahaman konsep dan efisiensi pembelajaran. Seiring berjalannya waktu, terutama pada periode 2024, hasil penelitian menunjukkan

kecenderungan yang lebih kuat terhadap penerapan AI untuk meningkatkan motivasi, kreativitas, dan hasil belajar peserta didik melalui pembelajaran yang bersifat personal dan interaktif. Beberapa penelitian juga mencatat kontribusi AI dalam membantu guru melaksanakan evaluasi otomatis, memberikan umpan balik cepat, dan mendukung desain pembelajaran adaptif. Di sisi lain, muncul pula temuan mengenai tantangan seperti ketergantungan siswa terhadap teknologi dan perlunya kebijakan etis yang jelas dalam penggunaannya. Secara umum, data dalam jurnal-jurnal tersebut memperlihatkan bahwa integrasi AI telah memberikan hasil positif terhadap peningkatan kualitas pembelajaran sekaligus membuka ruang kajian baru mengenai tata kelola dan etika penggunaannya di lingkungan pendidikan

Tabel 3 Analisis Jurnal pada Tema *Artificial Intelligence in Education & Science Education*

No	Peneliti dan Tahun Penelitian	Hasil Penelitian
1	Suliman Zakaria Suliman Abdalla (2025); Abdelhamid, Muhammad, Jahanzaib, Dur e Nayab, & Ayesha Raza (2025); Namatovu, A., & Kyambade, M. (2025); Kraisila Kanont, Pawarit Pingmuang, Thewawuth Simasathien, Suchaya Wisnuwong, Benz Wiwatsiripong, Kanitta Poonpirome, Noawanit Songkram, & Jintavee Khlaisang (2024); Otto, S., Ejsing-Duun, S., & Lindsay, E. D. (2025); Rahimi, A. R., & Mosalli, Z. (2025)	ChatGPT meningkatkan efektivitas dan efisiensi belajar mahasiswa, namun memerlukan etika, literasi AI, dan dukungan institusional.
2	Yang, T., Hsu, Y., & Wu, J. Y. (2025); Jinhee Kim & Sang-Soog Lee (2023); Villegas-Ch, W. E., Buenano-Fernández, D. B., Maldonado Navarro, A., & Mera-Navarrete, A. (2025); Vieriu, A. M., & Petrea, G. (2025); Vasconcelos, M. A. R., & dos Santos, R. P. (2023)	AI dan ChatGPT terbukti meningkatkan hasil belajar, kreativitas, dan motivasi peserta didik pada berbagai jenjang pendidikan.
3	Borna, H., Zhang, L., & Wei, J. (2024); Lin, C.-C., Cheng, E. S. J., Huang, A. Y. Q., & Yang, S. J. H. (2024); Hussein Farhood, Ibrahim Joudah, Alireza Beheshti, & Sebastian Muller (2024); Silva, F. D. C., Santana, A. M., & Feitosa, R. M. (2025)	AI akurat dalam memprediksi kinerja akademik dan mendukung sistem pembelajaran adaptif berbasis data.
4	Yu Fu & Zhiqiang Weng (2024); García-Peñalvo, F. J., Corell, A., Abella-García, V., & Grande, M. (2024); Mehul Mahrishi, Asad Abbas, & Mohammad Khubeb Siddiqui (2025); Wayne Holmes, Kaska Porayska-Pomsta, Ken Holstein, Emma Sutherland, Toby Baker, Simon Buckingham Shum, Olga C. Santos, Mercedes T. Rodrigo, Mutlu Cukurova, Ig Ibert Bittencourt, & Kenneth R. Koedinger (2021); Cornelia Linderorth,	Penerapan AI harus berlandaskan etika, transparansi, keadilan, dan perlindungan privasi data.

	Magnus Hultén, & Linnéa Stenliden (2024)	
5	Tosin Ekundayo, Zafarullah Khan, & Shahid Ali Chaudhry (2024); Dedy Irfan, Ronal Watrianthos, & Faizal Amin Nur Bin Yunus (2025); Prahani, B. K., Rizki, I. A., Jatmiko, B., Suprpto, N., & Amelia, T. (2022); Fadhil Ismail, Joseph Crawford, Shannon Tan, Jürgen Rudolph, Eunice Tan, Fiona Tang, Pauline Seah, Florence Ng, Laura Visser Kaldenbach, Anand Naidu, Vanessa Stafford, & Michelle Kane (2024)	Publikasi global tentang AI dalam pendidikan meningkat pesat, berfokus pada etika, ChatGPT, dan pembelajaran adaptif.
6	Damasevicius, R. (2024); Kendall Hartley, Merav Hayak, & Un Hyeok Ko (2024); Dirk Ifenthaler, Rwitajit Majumdar, Pierre Gorissen, Miriam Judge, Shitanshu Mishra, Juliana Raffaghelli, & Atsushi Shimada (2024); Rowe, L., Knight, L., Irvine, P. A., & Greenwood, J. (2023)	AI mendorong inovasi kurikulum, kebijakan pendidikan, dan pembelajaran mandiri yang adaptif.
7	Németh, R., Tátrai, A., Szabó, M., Zaletnyik, P. T., & Tamási, Á. (2025); Tatsuya Kondo, Masashi Okamoto, & Yohan Kondo (2025); Sonsoles López-Pernas, Kamila Misiejuk, Rogers Kaliisa, & Mohammed Saqr (2025); Raidell Avello-Martínez, Tomasz Gajderowicz, & Víctor G. Gómez-Rodríguez (2024); Ruwe, T., & Mayweg-Paus, E. (2024)	Model AI seperti LLM, GAN, dan NLP efektif untuk personalisasi dan efisiensi pembelajaran.
8	Topali, P., Ortega-Arranz, A., Rodríguez-Triana, M. J., Er, E., Khalil, M., & Akcapinar, G. (2025); Chou, C.-Y., Lin, P.-J., & Chen, W.-L. (2025)	Desain AI berpusat pada manusia mendorong empati, etika, dan pembelajaran bermakna.

Pembahasan

a. Tahun Distribusi

Gambar 2 menunjukkan jumlah artikel yang diterbitkan setiap tahun dari 2022 hingga 2025 pada tema *Artificial Intelligence* (AI) dalam pembelajaran sains. Berdasarkan data tersebut, terlihat adanya peningkatan signifikan dari tahun ke tahun. Pada tahun 2022 hanya ditemukan dua artikel yang membahas topik ini, menunjukkan bahwa penerapan AI dalam konteks pendidikan sains masih berada pada tahap awal dan belum menjadi fokus utama penelitian. Pada tahun 2023 jumlah publikasi meningkat menjadi lima artikel, menandakan mulai tumbuhnya minat terhadap integrasi teknologi cerdas dalam pembelajaran. Lonjakan tajam terjadi pada tahun 2024 dengan 17 artikel, yang mencerminkan meningkatnya perhatian akademisi terhadap potensi AI dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran sains.

Sementara itu, pada tahun 2025 tercatat 18 artikel, menjadikan tahun ini sebagai periode dengan jumlah publikasi tertinggi. Tren tersebut memperlihatkan bahwa riset mengenai AI dalam pembelajaran sains mengalami perkembangan pesat, sejalan dengan kemajuan teknologi serta meningkatnya kesadaran akan peran AI dalam pendidikan. Kemungkinan besar jumlah publikasi akan terus meningkat seiring dengan bertambahnya penelitian baru yang berfokus pada pemanfaatan AI untuk mendukung proses belajar-mengajar di bidang sains. Temuan ini juga sejalan dengan hasil studi Jia, Sun, dan Looi (2023) menemukan bahwa topik AI dalam pendidikan sains mengalami pertumbuhan signifikan terutama setelah tahun 2020, dengan fokus riset yang bergeser dari sekadar penerapan algoritma menuju pengembangan sistem pembelajaran adaptif dan personalisasi belajar berbasis AI.

Penelitian ke depan akan berfokus pada pengembangan AI generatif dan sistem pembelajaran otonom yang mampu menyesuaikan pengalaman belajar berdasarkan data perilaku siswa. Studi ini juga menyoroti pentingnya aspek etika, transparansi algoritma, dan perlindungan data dalam penerapan AI di lingkungan pendidikan. Keseluruhan temuan dari berbagai sumber tersebut memperkuat indikasi adanya tren global yang konsisten menuju pemanfaatan AI secara lebih luas dan mendalam dalam pembelajaran sains (Gyeonggeon Lee, et.al. 2025).

b. Jenis/Metode Penelitian

Berdasarkan hasil analisis terhadap 42 artikel ilmiah internasional yang tercantum dalam Tabel 1, terlihat bahwa penelitian mengenai *Artificial Intelligence in Education (AIED)* pada periode 2022–2025 didominasi oleh pendekatan kuantitatif. Sebagian besar studi menggunakan metode survei, eksperimen, dan analisis data sekunder untuk menilai efektivitas penerapan teknologi AI, terutama dalam konteks peningkatan hasil belajar, prediksi kinerja mahasiswa, serta penilaian berbasis kecerdasan buatan. Pendekatan kuantitatif ini memungkinkan peneliti memperoleh data empiris yang dapat digeneralisasikan secara luas dan memberikan dasar kuat bagi pengembangan model pembelajaran berbasis AI. Prahani et al. (2022) yang menemukan bahwa dalam satu dekade terakhir, penelitian AI di bidang pendidikan didominasi oleh pendekatan kuantitatif dan bibliometrik, dengan peningkatan penggunaan analisis data besar (*big data analytics*) dan *learning analytics*.

Hal yang sama dikemukakan oleh Suryani dan Lestari (2023) dalam konteks penelitian pendidikan di Indonesia, bahwa metode kuantitatif masih menjadi pilihan utama karena memberikan kejelasan hubungan sebab-akibat, namun penggunaan *mixed methods* semakin meningkat karena dianggap mampu menjawab pertanyaan penelitian yang lebih kompleks dan kontekstual. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa mayoritas penelitian AIED antara 2022–2025 berorientasi pada, diikuti oleh pendekatan kualitatif eksploratif dan metode campuran pendekatan kuantitatif eksperimental dan survei. Kombinasi ketiganya menunjukkan kematangan metodologis dalam penelitian global tentang AI di pendidikan, yang tidak hanya berfokus pada hasil numerik, tetapi juga pada pemahaman kontekstual dan pengalaman pengguna.

c. Penulis

Berdasarkan hasil visualisasi jejaring kolaborasi penulis menggunakan VOSviewer, terlihat dua klaster utama yang saling terhubung melalui peran sentral

ifenthaler, *dirk* sebagai jembatan kolaborasi. Klaster merah menunjukkan kelompok penulis seperti *mishra*, *shitanshu c.*, *majumdar*, *rwitajit*, dan *raffaghelli*, *juliana elisa* yang membentuk kolaborasi intens di bidang serupa, sementara klaster hijau terdiri dari *dexter*, *sara l.*, *gibson*, *david carroll*, dan *kovanovic*, *vitomir* yang juga berkolaborasi erat dalam lingkup penelitian lain. Pola ini sejalan dengan temuan Munoz, Queupil, dan Fraser (2016) yang menunjukkan bahwa jejaring kolaborasi ilmiah sering didominasi oleh beberapa aktor kunci yang berperan sebagai penghubung antar institusi dan kelompok riset.

Selain itu, Kumar (2015) menyoroti bahwa struktur jaringan co-authorship umumnya terdiri atas beberapa klaster dengan tingkat konektivitas yang bervariasi, di mana individu atau kelompok kecil berfungsi sebagai “hub” penting dalam memperkuat integrasi antar komunitas ilmiah. Dengan demikian, pola jejaring pada visualisasi ini menggambarkan dinamika kolaborasi ilmiah yang tidak hanya berpusat pada kelompok tertentu, tetapi juga bergantung pada keberadaan penulis penghubung yang strategis dalam mengintegrasikan berbagai fokus penelitian

d. Kata Kunci

Gambar menunjukkan tren kata kunci yang paling sering digunakan dalam penelitian bertema *Artificial Intelligence in education* (AIED). Berdasarkan visualisasi tersebut, terlihat bahwa kata kunci “*Artificial Intelligence in education*” menjadi pusat keterkaitan utama yang memiliki hubungan erat dengan berbagai kata kunci lainnya seperti *Artificial Intelligence*, *students*, *teachers*, *ChatGPT*, *educational technology*, *higher education*, dan *learning systems*. Keterhubungan antara *Artificial Intelligence* dengan *education*, *higher education*, dan *ethics* menunjukkan bahwa penelitian dalam bidang ini tidak hanya berfokus pada penerapan teknologi AI dalam proses pembelajaran, tetapi juga memperhatikan aspek etika dan tanggung jawab penggunaannya di lingkungan pendidikan tinggi. Selain itu, hubungan kuat antara *students*, *teachers*, dan *learning systems* mencerminkan fokus penelitian pada bagaimana AI dapat meningkatkan interaksi antara peserta didik dan pendidik melalui sistem pembelajaran cerdas yang adaptif. Kata kunci seperti *educational technology*, *engineering education*, dan *education computing* memperkuat pandangan bahwa pengembangan AI di bidang pendidikan diarahkan untuk mendukung pembelajaran berbasis teknologi dan komputasi.

Sementara itu, kemunculan kata kunci seperti *ChatGPT*, *generative Artificial Intelligence*, dan *large language models* menunjukkan adanya tren baru dalam penelitian, yaitu pemanfaatan AI generatif untuk mendukung pembelajaran personalisasi, otomatisasi tugas akademik, serta pengembangan konten pendidikan yang lebih interaktif dan kontekstual. Secara keseluruhan, hubungan antarkata kunci tersebut menggambarkan bahwa penelitian mengenai *Artificial Intelligence in education* berorientasi pada integrasi teknologi AI dalam sistem pembelajaran modern yang tidak hanya meningkatkan efektivitas pembelajaran, tetapi juga memperhatikan aspek etika, pedagogis, dan pengalaman pengguna. Dengan demikian, *Artificial Intelligence in education* menjadi konsep sentral yang menghubungkan inovasi teknologi, strategi pedagogis, dan adaptasi etis dalam konteks pendidikan abad ke-21.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Diantama (2024) yang menjelaskan bahwa pemanfaatan *Artificial Intelligence* dalam dunia pendidikan, khususnya melalui penggunaan ChatGPT, menawarkan potensi besar dalam meningkatkan

efisiensi pembelajaran, memberikan dukungan individual bagi siswa, dan membantu pengajar menyampaikan pembelajaran yang lebih personal. Namun, di balik manfaat tersebut, muncul pula tantangan yang perlu diwaspadai, seperti isu privasi data, bias hasil yang dihasilkan AI, serta tanggung jawab pengguna dalam menerapkan teknologi ini secara bijak. Sejalan dengan hal tersebut, penelitian Ali *et al.* (2024) juga menegaskan bahwa ChatGPT mampu meningkatkan interaktivitas dan personalisasi pembelajaran melalui kemampuan *natural language processing*, membantu guru dan siswa dalam pembuatan soal, penilaian otomatis, penyusunan materi, serta pemberian umpan balik secara *real time*. Teknologi ini juga berpotensi mendukung pembelajaran yang lebih inklusif dan adaptif dengan menyesuaikan kebutuhan individu peserta didik.

e. Negara

Terdapat 38 negara asal penulis yang menerbitkan artikel, sebagian besar berasal dari Eropa, negara yang jumlah publikasi terbanyak adalah Spain (Eropa). Jika ditinjau berdasarkan kawasan, Eropa menjadi kontributor utama dengan 54 penulis, diikuti oleh Asia dengan 35 penulis dan Amerika dengan 24 penulis. Hal ini menunjukkan bahwa Eropa memiliki perhatian yang besar terhadap pengembangan riset berbasis AI di bidang pendidikan, sejalan dengan kebijakan Uni Eropa yang menekankan penggunaan teknologi digital secara etis dan bertanggung jawab.

Sementara itu, Afrika dan Oceania masih menunjukkan partisipasi yang terbatas, masing-masing dengan tiga dan satu penulis, yang dapat disebabkan oleh keterbatasan sumber daya penelitian serta akses terhadap teknologi canggih. Secara keseluruhan, data ini memperlihatkan bahwa riset mengenai *Artificial Intelligence in science education* masih didominasi oleh negara-negara dengan kapasitas teknologi tinggi, tetapi memiliki potensi untuk berkembang menjadi kolaborasi global yang lebih merata di masa mendatang.

Hal ini sejalan Berutu *et al.* (2024) menyampaikan Di kawasan Eropa, kecerdasan buatan telah diterapkan dalam berbagai aspek proses pembelajaran, seperti melalui sistem pembelajaran adaptif, chatbot pendidikan, analisis data akademik berbasis AI, dan beragam aplikasi lain yang dirancang untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih personal dan efisien. Penerapan teknologi AI di bidang pendidikan menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan pemahaman peserta didik, memperkuat efektivitas proses belajar mengajar, serta mempersiapkan mereka menghadapi dunia kerja yang semakin berorientasi pada teknologi.

AI juga dapat membantu dalam mengidentifikasi pola perilaku siswa dan memberikan rekomendasi untuk meningkatkan kinerja akademik mereka. Dengan menggunakan analisis data yang dilakukan oleh AI, sistem pendidikan dapat lebih mudah menemukan komponen yang mempengaruhi kesuksesan siswa dan mengambil tindakan yang tepat untuk membantu siswa mencapai potensi terbaik mereka (Istikomah, 2024). AI juga membantu guru dan lembaga pendidikan dalam membuat materi pelajaran yang dibutuhkan siswa melalui analisis data yang mendalam. Selain itu, penggunaan AI dalam pembelajaran di perguruan tinggi dapat meningkatkan kualitas, efektivitas, dan relevansi pendidikan, memberikan mahasiswa akses yang lebih besar ke sumber daya dan informasi (Musthafa 2024).

f. Analisi Jurnal Tema *Artificial Intelligence* pada Pembelajaran Sains

Berdasarkan hasil analisis terhadap 42 artikel terindeks Scopus pada tabel 2, ditemukan bahwa tren publikasi mengenai integrasi *Artificial Intelligence* (AI)

dalam pembelajaran sains menunjukkan peningkatan yang signifikan dari tahun 2023 hingga 2025. Pada periode awal 2023, penelitian lebih berfokus pada eksplorasi konseptual dan pengembangan model pembelajaran berbasis AI untuk mendukung pemahaman konsep sains. Memasuki tahun 2023–2024, fokus penelitian mulai beralih ke penerapan sistem pembelajaran adaptif dan *learning analytics* berbasis AI untuk menyesuaikan proses belajar sesuai kebutuhan siswa. Data menunjukkan bahwa tema seperti *AI-based assessment*, *adaptive learning*, dan integrasi AI dalam pembelajaran mendominasi publikasi pada dua tahun terakhir. Sejumlah artikel menyoroti peran AI dalam membantu guru menganalisis kebutuhan belajar siswa serta memberikan rekomendasi pembelajaran yang sesuai. Namun, beberapa studi juga menegaskan adanya tantangan dalam hal kesiapan guru, keterbatasan infrastruktur digital, dan pemahaman etis terhadap penerapan AI di sekolah. Dengan demikian, hasil analisis data dalam tabel menunjukkan bahwa riset terkait integrasi AI dalam pembelajaran sains tidak hanya tumbuh dari sisi jumlah publikasi, tetapi juga semakin mendalam dari sisi konteks penerapannya di berbagai jenjang pendidikan.

Integrasi perangkat kecerdasan buatan (AI) seperti ChatGPT ke dalam pengajaran dan pembelajaran sains menghadirkan peluang transformatif untuk meningkatkan hasil pendidikan dan praktik penelitian. Studi ini menunjukkan bahwa AI berpotensi mempersonalisasi pembelajaran, meningkatkan keterlibatan siswa, dan menyederhanakan konsep ilmiah yang kompleks, sehingga lebih mudah diakses oleh peserta didik. Dengan mengintegrasikan AI secara cermat ke dalam metodologi pengajaran tradisional, pendidik dapat menciptakan lingkungan belajar yang lebih efektif, inklusif, dan menarik, mendorong kemajuan yang berarti dalam pendidikan sains (Mustofa, dkk, 2025). Dengan demikian, keberadaan perangkat AI merupakan sebuah inovasi dalam pembelajaran, yang berfungsi sebagai media sekaligus kemajuan pedagogis. Integrasi teknologi AI dalam pendidikan sains di Indonesia dapat mengikuti empat langkah, yaitu merumuskan kebijakan, mengembangkan kurikulum sains yang terintegrasi dengan teknologi AI, mengembangkan pedoman pedagogis bagi guru sains agar mampu mengajar sains yang efektif dengan teknologi AI, dan terakhir, program pelatihan yang berkelanjutan dan terarah agar hasil yang diharapkan, yaitu kompetensi sains siswa Indonesia, dapat bersaing secara global (Harianti, dkk, 2024).

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil tinjauan literatur sistematis, dapat disimpulkan bahwa integrasi *Artificial Intelligence* dalam pembelajaran sains menunjukkan tren pertumbuhan yang pesat dalam beberapa tahun terakhir. AI terbukti memberikan kontribusi penting dalam meningkatkan efektivitas, personalisasi, serta efisiensi pembelajaran, terutama melalui pendekatan *microlearning*. Mayoritas penelitian berfokus pada potensi AI dalam mendukung interaksi adaptif, analisis prediktif, serta pengembangan sistem pembelajaran yang lebih inklusif. Namun demikian, tantangan utama yang muncul meliputi aspek etika, keadilan akses, transparansi algoritma, serta perlindungan data. Oleh karena itu, keberhasilan penerapan AI dalam pendidikan tidak hanya ditentukan oleh kecanggihan teknologinya, tetapi juga sejauh mana teknologi tersebut dapat diintegrasikan dengan prinsip pedagogis dan tata kelola etika yang kuat. Dengan langkah ini, AI berpotensi

menjadi instrumen strategis dalam membentuk generasi pembelajar abad ke-21 yang lebih kritis, kreatif, dan siap menghadapi tantangan global

Saran

Berdasarkan hasil kajian literatur yang telah dilakukan, disarankan agar pengintegrasian *Artificial Intelligence* (AI) dalam pembelajaran sains terus dikembangkan secara berkelanjutan dengan memperhatikan aspek pedagogis, etika, dan kesiapan teknologi di lingkungan pendidikan. Peneliti selanjutnya disarankan untuk melakukan penelitian empiris guna menguji efektivitas penerapan AI dalam meningkatkan pemahaman konsep, keterampilan berpikir kritis, dan kemampuan pemecahan masalah siswa. Selain itu, diperlukan pengembangan model pembelajaran berbasis AI yang kontekstual dan adaptif terhadap kebutuhan peserta didik, serta pelatihan bagi guru agar mampu memanfaatkan teknologi ini secara optimal. Pemerintah dan lembaga pendidikan juga diharapkan mendukung penyediaan infrastruktur digital yang memadai untuk menunjang penerapan AI dalam pembelajaran sains di berbagai jenjang pendidikan.

Daftar Pustaka

- Annisa, N., Nurdin, N., & Syahid, A. (2024). Prosiding Kajian Islam dan Integrasi Ilmu di Era Society 5.0(KIIIES 5.0)Pascasarjana Universitas Islam Negeri Datokarama Palu 2024 Integrasi Teknologi dan Kecerdasan Buatan Manusia dalam Meningkatkan Pendidikan Islam. (<https://jurnal.uindatokarama.ac.id/index.php/kiiies50/issue/view/173>), 1–322. <https://jurnal.uindatokarama.ac.id/index.php/kiiies50/issue/archive>
- Abdalla, S. Z. S. (2025). Understanding ChatGPT adoption for data analytics learning: A UTAUT perspective among social science students in Oman. *Social Sciences and Humanities Open*, 11. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.101310>
- al Ghazo, R., Fatima, G., Malik, M., Abdelhamid, S. E., Jahanzaib, M., Nayab, D. E., & Raza, A. (2025). Exploring ChatGPT's Role in Higher Education: Perspectives from Pakistani University Students on Academic Integrity and Ethical Challenges. *Education Sciences*, 15(2). <https://doi.org/10.3390/educsci15020158>
- Ali, D., Fatemi, Y., Boskabadi, E., Nikfar, M., Ugwuoke, J., & Ali, H. (2024). ChatGPT in teaching and learning: A systematic review. *Education Sciences*, 14(6), 643
- Avello-Martínez, R., Gajderowicz, T., & Gómez-Rodríguez, V. G. (2024). Is ChatGPT helpful for graduate students in acquiring knowledge about digital storytelling and reducing their cognitive load? An experiment.; ¿ChatGPT es útil para que los estudiantes de posgrado adquieran conocimientos sobre narración digital y reduzcan su carga cognitiva? Un experimento. *Revista de Educacion a Distancia*, 24(78). <https://doi.org/10.6018/red.604621>
- Ben-Zion, Y., Yakov, S., Abramovitch, E., Balter, G., & Davidovitch, N. (2025). AI-based teaching evaluations: How well do they reflect student perceptions? *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 9. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100448>
- Berutu, S. H., Sianipar, S., Rahmadani, S., & Joharis, M. (2025). Dari Eropa Ke Indonesia:“Pembelajaran AI Untuk Mahasiswa”. *Journal of Law, Education and Business*, 3(1), 391-400.
- Borna, M. R., Saadat, H., Hojjati, A. T., & Akbari, E. (2024). Analyzing click data with AI: implications for student performance prediction and learning assessment. *Frontiers in Education*, 9. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1421479>
- Čančer, V., Tominc, P., & Rozman, M. (2025). Measuring Students' Use of Digital

- Technology to Support Their Studies. *Education Sciences*, 15(7).
<https://doi.org/10.3390/educsci15070842>
- Chou, C.-Y., Chan, T., Chen, Z., Liao, C. C. Y., Shih, J., Wu, Y., Chang, B., Yeh, C. Y. C., Hung, H., & Cheng, H. N. H. (2025). Defining AI companions: a research agenda— from artificial companions for learning to general artificial companions for Global Harwell. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 20.
<https://doi.org/10.58459/rptel.2025.20032>
- Damasevicius, R. (2024). Commentary on Artificial Intelligence and graduate employability: What should we teach Generation AI? *Journal of Applied Learning and Teaching*, 7(2), 22–27. <https://doi.org/10.37074/jalt.2024.7.2.39>
- Diantama, S. (2024). Pemanfaatan Artificial intelegent (AI) dalam dunia pendidikan. *DEWANTECH Jurnal Teknologi Pendidikan*, 2(1), 11-17.
<https://doi.org/10.61434/dewantech.v1i1.8>
- Ekundayo, T., Khan, Z., & Ali Chaudhry, S. (2024). ChatGPT's Integration in GCC Higher Education: Bibliometric Analysis of Trends. *Educational Process: International Journal*, 13(3), 69–84. <https://doi.org/10.22521/edupij.2024.133.4>
- Farhood, H., Joudah, I., Behehsti, A., & Muller, S. (2024). Advancing student outcome predictions through generative adversarial networks. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100293>
- Fu, Y., & Weng, Z. (2024). Navigating the ethical terrain of AI in education: A systematic review on framing responsible human-centered AI practices. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100306>
- García-Peñalvo, F. J., Alier Forment, M. F., Pereira, J. A., & Casany, M. J. (2024). Safe, Transparent, and Ethical Artificial Intelligence: Keys to Quality Sustainable Education (SDG4); Inteligencia Artificial Segura, Transparente y Ética: Claves para una Educación Sostenible de calidad (ODS4). *International Journal of Educational Research and Innovation*, 2024(22). <https://doi.org/10.46661/ijeri.11036>
- Gibson, D. C., Kovanović, V., Ifenthaler, D., Dexter, S. L., & Feng, S. (2023). Learning theories for Artificial Intelligence promoting learning processes. *British Journal of Educational Technology*, 54(5), 1125–1146. <https://doi.org/10.1111/bjet.13341>
- Giray, L. (2024). Ten Myths About Artificial Intelligence in Education. *Higher Learning Research Communications*, 14(2). <https://doi.org/10.18870/hlrc.v14i1.1508>
- Gyeonggeon Lee, Minji Yun, Xiaoming Zhai, & Kent Crippen. 2025. Artificial Intelligence in Science Education Research: Current States and Challenges. *Journal of Science Education and Technology*.
- Hapsari, D. D., Ramadhani, G. Y., & Ikramullah, N. I. (2024). Literature review: Pengaruh Artificial Intelligence (AI) terhadap motivasi belajar peserta didik. *Jurnal Empati*, 13(4), 313-324. <https://doi.org/10.14710/empati.2024.46697>
- Harianti. Anwar & Kadarorahman. 2024. The Intersection of AI and Science Education in Indonesia: A Path. *Journal of Science Education Research*. Vol 9(1)
- Hartley, K. W., Hayak, M., & Ko, U. H. (2024). Artificial Intelligence Supporting Independent Student Learning: An Evaluative Case Study of ChatGPT and Learning to Code. *Education Sciences*, 14(2). <https://doi.org/10.3390/educsci14020120>
- Hermawan, A. (2006). Jaringan Saraf Tiruan: Teori dan Aplikasi. Penerbit Andi.
- Hermawan, A., Ratnawati, D., & Hariadi, D. (2024). Integrasi Artificial Intelligence dalam Proses Belajar Mengajar. *Proceeding Technology of Renewable Energy and Development Conference*, 4(1), 19–27.

- <https://jurnalfitijayabaya.ac.id/index.php/TREnD/article/view/325>
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). Artificial Intelligence in education promises and implications for teaching and learning. Center for Curriculum Redesign.
- Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, K., Sutherland, E., Baker, T., Buckingham Shum, S. J., Santos, O. C., Rodrigo, M. M. T., Cukurova, M., & Bittencourt Santa Pinto, I. I. (2022). Ethics of AI in Education: Towards a Community-Wide Framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32(3), 504–526. <https://doi.org/10.1007/s40593-021-00239-1>
- Humble, N., Boustedt, J., Holmgren, H., Milutinovic, G., Seipel, S., & Östberg, A. S. (2024). Cheaters or AI-Enhanced Learners: Consequences of ChatGPT for Programming Education. *Electronic Journal of E-Learning*, 22(2 Special Issue), 16–29. <https://doi.org/10.34190/ejel.21.5.3154>
- Ifenthaler, D., Majumdar, R., Gorissen, P., Judge, M., Mishra, S. C., Raffaghelli, J. E., & Shimada, A. (2024). Artificial Intelligence in Education: Implications for Policymakers, Researchers, and Practitioners. *Technology, Knowledge and Learning*, 29(4), 1693–1710. <https://doi.org/10.1007/s10758-024-09747-0>
- Irfan, D., Watrionthos, R., & Nur Bin Yunus, F. A. (2025). AI in Education: A Decade of Global Research Trends and Future Directions. *International Journal of Modern Education and Computer Science*, 17(2), 135–153. <https://doi.org/10.5815/ijmeecs.2025.02.07>
- Ismail, F., Crawford, J. A., Tan, S., Rudolph, J., Tan, E., Seah, P., Tang, F. X., Ng, F., Visser Kaldenbach, L., & Naidu, A. (2024). Artificial Intelligence in higher education database (AIHE V1): Introducing an open-access repository. *Journal of Applied Learning and Teaching*, 7(1), 140–148. <https://doi.org/10.37074/jalt.2024.7.1.35>
- Istikomah, E., Suryadi, D., Prabawanto, S., & Nurlaelah, E. (2024). Masa depan pembelajaran di abad 21: keterampilan berpikir kreatif dan matematis di tengah maraknya Artificial Intelligence (AI).
- Jia, F., Sun, D., & Looi, C.-K. (2023). Artificial Intelligence in Science Education (2013–2023): Research Trends in Ten Years. *Research in Science Education*. Retrieved from <https://eric.ed.gov/?id=EJ1409431>
- Kahar, M. I., Cika, H., Nur Afni, & Nur Eka Wahyuningsih. (2021). Pendidikan Era Revolusi Industri 4.0 Menuju Era Society 5.0 Di Masa Pandemi Covid 19. *Moderasi: Jurnal Studi Ilmu Pengetahuan Sosial*, 2(1), 58–78. <https://doi.org/10.24239/moderasi.vol2.iss1.40>
- Kumar, S. (2015). Co-authorship networks: A review of the literature. *Aslib Journal of Information Management*, 67(1), 55–73. <https://doi.org/10.1108/AJIM-09-2014-0116>
- Miasari, R. S., Indar, C., Pratiwi, P., Purwoto, P., Salsabila, U. H., Amalia, U., & Romli, S. (2022). Teknologi Pendidikan Sebagai Jembatan Reformasi Pembelajaran Di Indonesia Lebih Maju. *Jurnal Manajemen Pendidikan Al Hadi*, 2(1), 53. <https://doi.org/10.31602/jmpd.v2i1.6390>
- Kanont, K., Pingmuang, P., Simasathien, T., Wisnuwong, S., Wiwatsiripong, B., Poonpirome, K., Songkram, N., & Khlaisang, J. (2024). Generative-AI, a Learning Assistant? Factors Influencing Higher-Ed Students' Technology Acceptance. *Electronic Journal of E-Learning*, 22(6 Special Issue), 18–33. <https://doi.org/10.34190/ejel.22.6.3196>
- Kim, J., & Lee, S. (2023). Are Two Heads Better Than One?: The Effect of Student-AI Collaboration on Students' Learning Task Performance. *TechTrends*, 67(2), 365–375. <https://doi.org/10.1007/s11528-022-00788-9>
- Kondo, T., Okamoto, M., & Kondo, Y. (2025). Pilot Study on Using Large Language Models

- for Educational Resource Development in Japanese Radiological Technologist Exams. *Medical Science Educator*, 35(2), 919–927. <https://doi.org/10.1007/s40670-024-02251-1>
- Li, Z., Wang, C., & Bonk, C. J. (2024). Exploring the Utility of ChatGPT for Self-Directed Online Language Learning. *Online Learning Journal*, 28(3), 157–180. <https://doi.org/10.24059/olj.v28i3.4497>
- Lin, C., Cheng, E. S. J., Huang, A. Y. Q., & Yang, S. J. H. (2024). DNA of learning behaviors: A novel approach of learning performance prediction by NLP. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 6. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100227>
- Linderöth, C., Hultén, M., & Stenliden, L. (2024). Competing visions of Artificial Intelligence in education—A heuristic analysis on sociotechnical imaginaries and problematizations in policy guidelines. *Policy Futures in Education*, 22(8), 1662–1678. <https://doi.org/10.1177/14782103241228900>
- López-Pernas, S., Misiejuk, K., Kaliisa, R., & Saqr, M. (2025). Capturing the Process of Students' AI Interactions When Creating and Learning Complex Network Structures. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 18, 556–568. <https://doi.org/10.1109/TLT.2025.3568599>
- Mahrishi, M., Abbas, A., & Siddiqui, M. K. (2025). Global Initiatives Towards Regulatory Frameworks for Artificial Intelligence (AI) in Higher Education. *Digital Government: Research and Practice*, 6(2). <https://doi.org/10.1145/3672462>
- Mesra, R., Pratiwi, D., Handayani, R., Wiguna, I. B. A. A., Suyitno, M., Sampe, F., Halim, A. D., Mayasari, Saptadi, N. T. S., Purwati, Ridhani, J., Munandar, H., Tandirerung, V. A., Hamdani, H., & Aina, M. (2023). *Teknologi Pendidikan*. Banten: PT Sada Kurnia Pustaka.
- Munoz, J. C., Queupil, J. P., & Fraser, P. (2016). Assessing collaboration networks in educational research: A co-authorship-based social network analysis approach. *International Journal of Educational Management*, 30(3), 416–433. <https://doi.org/10.1108/IJEM-11-2014-0154>
- Mustofa, H. A. 2024. Integration of Artificial Intelligence (ChatGPT) into Science Teaching and Learning. *International Journal of Ethnoscience and Technology in Education (IJETE)*. Vol 2(1)
- Namatovu, A., & Kyambade, M. (2025). Leveraging AI in academia: university students' adoption of ChatGPT for writing coursework (take home) assignments through the lens of UTAUT2. *Cogent Education*, 12(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2025.2485522>
- Nasution, M.D., Sari, I. P., Manurung, A. A., Hasibuan, A. R., Syafrayani, P. R., Lubis, T. A., Khairani, S., Andani, S. M., Shahnaz, B. A., Fadillah, L., & Azhari, M. (2024). *Perkembangan Teknologi dan Transformasi Digital dalam Dunia Pendidikan*. Umsu Press. https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=wBc1EQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA59&dq=perkembangan+teknologi+digital+dalam+dunia+pendidikan&ots=Gz7lBvAGHX&sig=7WqvVxjvhf3juR8CCwBYf5PwT7c&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Németh, R., Tátrai, A., Szabó, M., Zaletnyik, P. T., & Tamási, Á. (2025). Exploring the use of retrieval-augmented generation models in higher education: A pilot study on Artificial Intelligence-based tutoring. *Social Sciences and Humanities Open*, 12. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.101751>
- Otto, S., Ejsing-Duun, S., & Lindsay, E. D. (2025). Disruptive tensions and emerging practices: an exploratory inquiry into student perspectives on generative Artificial Intelligence in a problem-based learning environment. *Education and Information Technologies*, 30(13), 19111–19140. <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13533-5>

- Prahani, B. K., Rizki, I. A., Jatmiko, B., Suprpto, N., & Amelia, T. (2022). Artificial Intelligence in Education Research During the Last Ten Years: A Review and Bibliometric Study. *Journal of Physics: Conference Series*, 175. <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i08.29833>
- Pursnani, V., Sermet, Y., Kurt, M., & Demir, I. (2023). Performance of ChatGPT on the US fundamentals of engineering exam: Comprehensive assessment of proficiency and potential implications for professional environmental engineering practice. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 5. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100183>
- Putriani, J. D. (2021). EDUKATIF : JURNAL ILMU PENDIDIKAN Penerapan Pendidikan Indonesia di Era Revolusi Industri 4 . 0. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 3(3), 831–838.
- Rahimi, A. R., & Mosalli, Z. (2025). Language learners' surface, deep, and organizing approaches to ChatGPT-assisted language learning: What contextual, individual, and ChatGPT-related factors contribute? *Smart Learning Environments*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-025-00368-3>
- Rajwaa, D. N. E., & Mukti, W. A. H. (2025). Inovasi Pembelajaran Ipa Berbasis Kecerdasan Buatan : Meningkatkan Literasi Sains Di Sekolah. *JUSI (Jurnal Studi Ilmiah)*, 1(1), 1–6.
- Rowe, L., Knight, L., Irvine, P. A., & Greenwood, J. (2023). Communities of practice for contemporary leadership development and knowledge exchange through work-based learning. *Journal of Education and Work*, 36(6), 494–510. <https://doi.org/10.1080/13639080.2023.2255149>
- Ruwe, T., & Mayweg-Paus, E. (2024). Embracing LLM Feedback: the role of feedback providers and provider information for feedback effectiveness. *Frontiers in Education*, 9. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1461362>
- Sankaranarayanan, R., Leung, J., Abramenska-Lachheb, V., Seo, G., & Lachheb, A. (2022). Microlearning in diverse contexts: A bibliometric analysis. *TechTrends*, 67(2), 260–276. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11528-022-00794->
- Silva, F. D. C., Santana, A. M., & Feitosa, R. M. (2025). An Investigation Into Dropout Indicators in Secondary Technical Education Using Explainable Artificial Intelligence. *Revista Iberoamericana de Tecnologias Del Aprendizaje*, 20, 105–114. <https://doi.org/10.1109/RITA.2025.3566095>
- Suryani, E., & Lestari, D. (2023). Tren Metodologi Penelitian Pendidikan di Era Digital: Kajian Bibliometrik dan Analisis Tematik. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Pembelajaran*, 8(2), 97–110.
- Topali, P., Ortega-Arranz, A., Rodríguez-Triana, M. J., Er, E., Khalil, M., & Akcapinar, G. (2025). Designing human-centered learning analytics and Artificial Intelligence in education solutions: a Systematic Literature Review. *Behaviour and Information Technology*, 44(5), 1071–1098. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2024.2345295>
- Vasconcelos, M. A. R., & dos Santos, R. P. (2023). Enhancing STEM learning with ChatGPT and Bing Chat as objects to think with: A case study. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(7). <https://doi.org/10.29333/ejmste/13313>
- Vieriu, A. M., & Petrea, G. (2025). The Impact of Artificial Intelligence (AI) on Students' Academic Development. *Education Sciences*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/educsci15030343>
- Villegas-Ch, W. E., Buenano-Fernández, D. B., Maldonado Navarro, A., & Mera-Navarrete, A. (2025). Adaptive intelligent tutoring systems for STEM education: analysis of the learning impact and effectiveness of personalized feedback. *Smart Learning*

Environments, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-025-00389-y>
Yang, T., Hsu, Y., & Wu, J. Y. (2025). The effectiveness of ChatGPT in assisting high school students in programming learning: evidence from a quasi-experimental research. *Interactive Learning Environments*, 33(6), 3726–3743.
<https://doi.org/10.1080/10494820.2025.2450659>