

## Meningkatkan Pembelajaran STEM dengan AI: Tinjauan Literatur tentang Alat dan Metode Terbaru

Paisal Ansiska<sup>1\*</sup>, Asep<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pendidikan Geografi Universitas Pattimura

\*Correspondence email: [paisal.ansiska@outlook.com](mailto:paisal.ansiska@outlook.com)

**Abstract:** This study evaluates the effectiveness of artificial intelligence (AI)-based learning tools and methods in STEM education through a literature review. AI usage has been shown to enhance concept understanding and student engagement, yielding better outcomes than traditional teaching methods, although its effectiveness depends on the quality of the tools used. Various AI-based learning approaches—such as adaptive learning, chatbots, and interactive simulations—also demonstrate significant effectiveness but face limitations related to infrastructure and contextual relevance. Teachers play a key role in successful AI implementation, where their readiness and skills enhanced through continuous training are crucial. Challenges in AI adoption include infrastructure constraints, ethical and privacy concerns, and gaps between technology design and learning needs. In conclusion, optimizing AI implementation in STEM education requires focused attention on developing high-quality tools, training teachers, and strengthening infrastructure and regulations.

**Keywords:** STEM Education, Artificial Intelligence, Learning Methods, Teacher Role

**Abstrak:** Penelitian ini mengevaluasi efektivitas alat dan metode pembelajaran berbasis kecerdasan buatan (AI) dalam pendidikan STEM melalui tinjauan literatur. Penggunaan AI terbukti meningkatkan pemahaman konsep dan keterlibatan siswa, dengan hasil yang lebih baik dibandingkan metode pembelajaran tradisional, meskipun efektivitasnya bergantung pada kualitas alat yang digunakan. Berbagai metode pembelajaran berbasis AI, seperti pembelajaran adaptif, chatbot, dan simulasi interaktif, juga menunjukkan efektivitas yang signifikan, namun memiliki keterbatasan terkait infrastruktur dan relevansi konteks. Peran guru menjadi faktor kunci dalam keberhasilan implementasi AI, di mana kesiapan dan keterampilan yang ditingkatkan melalui pelatihan berkelanjutan sangat penting. Tantangan yang dihadapi dalam penerapan AI meliputi keterbatasan infrastruktur, masalah etika dan privasi, serta kesenjangan antara desain teknologi dan kebutuhan pembelajaran. Kesimpulannya, optimalisasi penerapan AI dalam pendidikan STEM memerlukan perhatian khusus pada pengembangan alat yang berkualitas, pelatihan guru, serta penguatan infrastruktur dan regulasi.

**Kata Kunci:** Pendidikan STEM, Kecerdasan Buatan, Metode Pembelajaran, Peran Guru

## **Pendahuluan**

Penggunaan alat evaluasi berbasis kecerdasan buatan (AI) dalam pendidikan telah menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas umpan balik yang diberikan kepada siswa. Alat-alat ini mampu mengevaluasi pekerjaan siswa secara otomatis, memberikan umpan balik yang lebih mendetail dan terperinci, serta membantu siswa memperbaiki kesalahan dengan lebih cepat. Dalam konteks pendidikan STEM (Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika), di mana kesalahan konseptual dapat menghambat pemahaman yang mendalam, kemampuan AI untuk memberikan umpan balik yang akurat dan tepat waktu sangatlah penting. Namun, efektivitas alat-alat ini sangat bergantung pada kualitas data yang digunakan serta algoritma yang mendasarinya (Younas et al., 2023). Data yang digunakan oleh algoritma AI haruslah representatif dan bebas dari bias agar hasil evaluasi yang diberikan dapat diandalkan dan adil. Jika data yang digunakan untuk melatih algoritma memiliki bias, hasil yang dihasilkan oleh AI juga akan cenderung bias, yang dapat merugikan kelompok siswa tertentu. Oleh karena itu, penting untuk memastikan bahwa data yang digunakan mencakup berbagai variabel yang relevan dan mencerminkan keragaman populasi siswa. Selain itu, pengembangan algoritma juga harus mempertimbangkan potensi bias yang mungkin timbul dari proses pengambilan keputusan otomatis yang dilakukan oleh AI (Zawacki-Richter et al., 2019; Tarisayi, 2023).

Aspek etika dan privasi juga menjadi perhatian utama dalam pengembangan dan penerapan alat evaluasi berbasis AI. Dalam banyak kasus, penggunaan AI melibatkan pengumpulan dan analisis data pribadi siswa, termasuk data perilaku belajar dan kinerja akademis. Data ini sangat sensitif dan jika tidak dikelola dengan baik, dapat menimbulkan risiko terhadap privasi siswa. Oleh karena itu, pengembang dan penyedia alat evaluasi berbasis

AI harus memastikan bahwa data siswa dilindungi dengan ketat dan hanya digunakan untuk tujuan pendidikan yang sah. Kebijakan privasi yang ketat serta transparansi dalam pengelolaan data sangat penting untuk membangun kepercayaan antara siswa, orang tua, dan pendidik terhadap teknologi ini (Tapalova et al., 2022; Su & Yang, 2023). Selain itu, meskipun alat evaluasi berbasis AI telah menunjukkan hasil yang menjanjikan, terdapat kebutuhan mendesak untuk penelitian lebih lanjut yang mengeksplorasi dampak jangka panjang dari penggunaan teknologi ini terhadap keterampilan kognitif siswa. Studi-studi jangka panjang diperlukan untuk memahami bagaimana interaksi siswa dengan alat berbasis AI dapat mempengaruhi perkembangan kognitif mereka, terutama dalam konteks pendidikan STEM. Misalnya, apakah penggunaan AI dapat membantu siswa mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah yang lebih baik, atau apakah ketergantungan pada teknologi ini justru dapat menghambat perkembangan kemampuan kognitif tertentu? Pertanyaan-pertanyaan seperti ini perlu dijawab melalui penelitian yang komprehensif dan berkelanjutan (Mese, 2023; Abusahyon et al., 2023).

Sementara itu, implementasi AI di negara-negara berkembang masih minim dibahas dalam literatur, meskipun tantangan yang dihadapi di sana sangat berbeda dengan yang ada di negara-negara maju. Di banyak negara berkembang, infrastruktur teknologi yang kurang memadai serta keterbatasan sumber daya manusia menjadi hambatan utama dalam penerapan AI di bidang pendidikan. Kurangnya akses terhadap teknologi yang canggih dan mahal membuat banyak sekolah di negara-negara ini tidak dapat memanfaatkan AI secara optimal. Selain itu, keterbatasan dalam hal pelatihan guru dan dukungan teknis juga menghalangi penerapan AI yang efektif di kelas. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang lebih mendalam tentang bagaimana AI dapat diadaptasi untuk memenuhi kebutuhan khusus negara-negara berkembang, serta bagaimana tantangan-

tantangan ini dapat diatasi melalui kebijakan dan strategi yang tepat (Lydia et al., 2023; Zawacki-Richter et al., 2019).

Untuk mengatasi berbagai tantangan ini, pendekatan yang lebih holistik diperlukan. Pendekatan ini tidak hanya harus mencakup pengembangan teknologi, tetapi juga pengembangan keterampilan guru, peningkatan akses terhadap infrastruktur yang memadai, serta dukungan kebijakan yang kuat. Guru memainkan peran kunci dalam penerapan AI di kelas, oleh karena itu pelatihan yang berkelanjutan dan dukungan teknis yang memadai sangat penting untuk memastikan bahwa mereka dapat menggunakan teknologi ini dengan efektif. Selain itu, kurikulum juga harus disesuaikan untuk mengintegrasikan AI dengan cara yang mendukung pembelajaran yang bermakna, tanpa menggantikan peran penting interaksi manusia dalam proses pendidikan (Harry, 2023; Abedi et al., 2023).

Dukungan infrastruktur juga menjadi faktor penting dalam penerapan AI. Sekolah dan institusi pendidikan perlu dilengkapi dengan perangkat keras dan perangkat lunak yang memadai untuk mendukung penggunaan AI dalam pembelajaran. Ini mencakup akses ke komputer yang memadai, koneksi internet yang stabil, serta perangkat lunak yang diperbarui secara berkala. Selain itu, dukungan kebijakan dari pemerintah dan lembaga pendidikan juga diperlukan untuk memastikan bahwa semua sekolah memiliki akses yang setara terhadap teknologi ini, terlepas dari lokasi geografis atau status sosial ekonomi mereka (Su & Yang, 2023; Wang et al., 2023). Dalam jangka panjang, penelitian lebih lanjut juga diperlukan untuk memahami bagaimana AI dapat digunakan secara efektif dan etis dalam pendidikan STEM. Penelitian ini harus mencakup dampak sosial dan pedagogis dari teknologi ini, serta bagaimana penerapannya dapat memberikan manfaat yang optimal bagi siswa dan pendidik. Selain itu, penting untuk terus memantau dan mengevaluasi efektivitas alat-alat berbasis AI yang sudah ada, serta mengembangkan strategi untuk mengatasi tantangan yang mungkin

muncul di masa depan. Dengan demikian, AI dapat benar-benar menjadi alat yang powerful untuk meningkatkan kualitas pendidikan, sambil tetap menjaga prinsip-prinsip etika dan keadilan dalam penerapannya (Wang et al., 2023; Akavova et al., 2023).

Meskipun AI memiliki potensi besar untuk merevolusi pendidikan, terutama dalam disiplin ilmu STEM, keberhasilan penerapannya sangat bergantung pada bagaimana kita mengatasi tantangan-tantangan yang ada. Ini mencakup memastikan kualitas data dan algoritma yang digunakan, mempertimbangkan aspek etika dan privasi, serta mengembangkan dukungan infrastruktur dan pelatihan yang memadai bagi guru. Dengan pendekatan yang tepat, AI dapat menjadi alat yang efektif untuk meningkatkan hasil belajar siswa, mendukung pengembangan keterampilan kognitif, dan mempersiapkan mereka untuk menghadapi tantangan di masa depan. Namun, ini hanya dapat dicapai jika kita terus mengevaluasi dan menyesuaikan strategi kita berdasarkan temuan-temuan terbaru dalam penelitian dan praktik pendidikan (Akavova et al., 2023; Tzoneva, 2023).

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas alat dan metode pembelajaran berbasis AI dalam meningkatkan hasil belajar di bidang STEM, dengan mempertimbangkan peran guru dalam implementasinya serta tantangan yang dihadapi selama penerapannya. Melalui tinjauan literatur, penelitian ini akan menganalisis bagaimana berbagai alat dan metode AI telah diterapkan, mengeksplorasi dampaknya terhadap pemahaman dan keterlibatan siswa, serta menilai kesiapan dan keterampilan guru dalam mengintegrasikan teknologi tersebut. Selain itu, penelitian ini akan mengidentifikasi hambatan yang menghalangi optimalisasi penerapan AI dalam pendidikan STEM, seperti masalah infrastruktur dan pertimbangan etika, dengan tujuan memberikan rekomendasi untuk meningkatkan efektivitas penggunaan AI dalam konteks pembelajaran yang lebih luas.

## Metode

Studi ini memanfaatkan berbagai sumber literatur yang relevan untuk mengevaluasi efektivitas, metode, peran guru, serta tantangan dan hambatan dalam penerapan kecerdasan buatan (AI) dalam pendidikan STEM. Proses ini melibatkan seleksi literatur yang hati-hati, dengan fokus pada karya-karya yang diterbitkan dalam lima tahun terakhir. Pemilihan literatur yang terbaru ini bertujuan untuk memastikan bahwa analisis yang dilakukan didasarkan pada data dan temuan terkini, yang relevan dengan perkembangan teknologi AI dalam pendidikan (Su & Yang, 2023). Literatur yang dipilih berasal dari berbagai jurnal akademik, laporan penelitian, dan publikasi lainnya yang secara khusus membahas integrasi AI dalam konteks pendidikan, terutama di bidang STEM (Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika). Pencarian dilakukan menggunakan kata kunci spesifik seperti "AI in STEM education," "adaptive learning," "AI-based educational tools," dan "teacher training in AI." Kata kunci ini dirancang untuk mengarahkan pencarian pada penelitian yang paling relevan dan memberikan wawasan empiris tentang bagaimana AI telah diterapkan dan diadaptasi dalam lingkungan pendidikan STEM (Zawacki-Richter et al., 2019; Lydia et al., 2023).

Setelah literatur yang relevan teridentifikasi, proses penyaringan lebih lanjut dilakukan berdasarkan relevansi terhadap topik penelitian. Studi yang memberikan data empiris tentang efektivitas alat AI, metode pembelajaran berbasis AI, peran guru, serta tantangan dan hambatan dalam penerapan AI di pendidikan STEM diprioritaskan (Akavova et al., 2023; Harry, 2023). Literatur yang dipilih kemudian dikategorikan berdasarkan variabel penelitian yang telah ditetapkan, yang meliputi: efektivitas alat pembelajaran berbasis AI, metode pembelajaran berbasis AI, peran guru dalam implementasi AI, serta tantangan dan hambatan dalam penerapan AI. Pengelompokan ini bertujuan untuk memfasilitasi analisis yang

sistematis dan memungkinkan identifikasi pola serta tren yang signifikan dalam temuan penelitian (Abedi et al., 2023).

Analisis literatur dilakukan dengan mendalam untuk setiap kategori utama. Efektivitas alat pembelajaran berbasis AI dievaluasi dengan membandingkan hasil-hasil empiris dari berbagai studi yang mengukur dampak AI terhadap hasil belajar siswa. Dalam kategori metode pembelajaran berbasis AI, penelitian difokuskan pada cara AI digunakan untuk meningkatkan adaptasi dan personalisasi pembelajaran, yang dianggap penting dalam pendidikan STEM (Younas et al., 2023). Peran guru dalam implementasi AI juga dianalisis, mengingat pentingnya keterlibatan dan kesiapan guru dalam mengintegrasikan teknologi ini ke dalam kurikulum (Tzoneva, 2023). Tantangan dan hambatan dalam penerapan AI di pendidikan STEM juga menjadi fokus utama. Studi ini menyoroti berbagai masalah, mulai dari keterbatasan infrastruktur teknologi hingga kesenjangan keterampilan di antara guru, yang dapat menghambat implementasi AI yang efektif (Tapalova et al., 2022; Wang et al., 2023). Analisis perbandingan juga dilakukan untuk mengevaluasi konsistensi temuan dengan literatur sebelumnya dan untuk menilai implikasi praktis dari hasil-hasil tersebut. Hal ini memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang bagaimana AI dapat diimplementasikan secara lebih efektif dalam pendidikan STEM, serta apa saja langkah-langkah yang perlu diambil untuk mengatasi hambatan yang ada.

Dengan pendekatan yang sistematis ini, studi ini tidak hanya memberikan wawasan mendalam tentang penggunaan AI dalam pendidikan STEM, tetapi juga memberikan rekomendasi yang dapat membantu mengoptimalkan penerapan AI di masa depan. Temuan ini penting bagi para pendidik, pembuat kebijakan, dan pengembang teknologi yang berupaya meningkatkan kualitas pendidikan melalui integrasi teknologi canggih (Mese, 2023). Parameter yang dianalisis dalam studi literatur ini meliputi:

1. Efektivitas alat pembelajaran berbasis AI: Diukur melalui peningkatan pemahaman konsep, keterlibatan siswa, dan pencapaian akademik.
2. Metode pembelajaran berbasis AI: Dievaluasi berdasarkan efektivitas, aksesibilitas, dan konteks implementasi.
3. Peran guru: Diukur melalui tingkat kesiapan dan keterampilan guru, serta dukungan yang mereka terima dalam mengadopsi AI.
4. Tantangan dan hambatan: Dievaluasi dengan menilai infrastruktur, isu etika dan privasi, serta kesenjangan antara teknologi dan kebutuhan pembelajaran.

## **Hasil dan Pembahasan**

### **A. Efektivitas Alat Pembelajaran Berbasis AI**

Penggunaan alat pembelajaran berbasis kecerdasan buatan (AI) secara signifikan meningkatkan pemahaman konsep siswa dalam bidang STEM. Misalnya, sebuah studi oleh Jones et al. (2021) menemukan bahwa siswa yang menggunakan platform AI menunjukkan peningkatan pemahaman konsep-konsep fisika yang lebih kompleks, seperti mekanika kuantum dan termodinamika, dibandingkan dengan metode pembelajaran tradisional. Penelitian ini menunjukkan bahwa AI mampu memberikan representasi visual dan simulasi interaktif yang membantu siswa memahami konsep-konsep abstrak dengan lebih mudah. Lee dan Kim (2020) juga menemukan bahwa penggunaan AI dalam kelas matematika membantu siswa untuk lebih mudah memahami konsep-konsep abstrak seperti kalkulus dan aljabar linier. Hal ini disebabkan oleh kemampuan AI untuk memberikan umpan balik real-time dan menyesuaikan tingkat kesulitan materi sesuai dengan kebutuhan masing-masing siswa. Selain itu, Brown et al. (2022) mengungkapkan bahwa penggunaan AI tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep tetapi juga mempercepat waktu yang dibutuhkan siswa untuk memahami materi. Penelitian ini mengindikasikan bahwa alat pembelajaran berbasis AI memiliki potensi

besar untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran di bidang STEM, terutama dalam mengatasi kesulitan dalam memahami konsep yang kompleks.

Selain meningkatkan pemahaman konsep, data juga menunjukkan peningkatan keterlibatan siswa, di mana mereka lebih aktif berpartisipasi dalam kegiatan pembelajaran yang didukung oleh AI. Smith et al. (2021) menemukan bahwa siswa yang belajar dengan bantuan AI lebih sering terlibat dalam diskusi kelas dan lebih banyak mengajukan pertanyaan, yang berkontribusi pada pemahaman yang lebih mendalam. Penelitian ini menyoroti bahwa AI dapat menciptakan lingkungan belajar yang lebih interaktif dan mendukung kolaborasi antara siswa. Hal ini sejalan dengan temuan White dan Thompson (2020), yang menunjukkan bahwa platform pembelajaran berbasis AI yang interaktif membuat siswa lebih termotivasi untuk belajar, terutama dalam mata pelajaran seperti biologi dan kimia, yang biasanya dianggap sulit oleh banyak siswa. Carter et al. (2022) juga menunjukkan bahwa AI dapat menciptakan lingkungan belajar yang lebih inklusif dengan menyediakan dukungan tambahan bagi siswa yang memiliki kebutuhan khusus, seperti siswa dengan disabilitas belajar. Dukungan ini mencakup penyesuaian materi pembelajaran yang lebih personal dan umpan balik yang lebih spesifik, yang membantu siswa untuk belajar dengan cara yang paling sesuai bagi mereka. Temuan ini menyoroti peran AI dalam meningkatkan keterlibatan siswa secara keseluruhan, yang merupakan faktor kunci dalam keberhasilan akademik.

Pencapaian akademik juga menunjukkan tren positif, dengan peningkatan nilai tes dan tugas yang lebih baik pada siswa yang menggunakan alat berbasis AI dibandingkan dengan kelompok kontrol yang menggunakan metode konvensional. Miller et al. (2020) menemukan bahwa siswa yang menggunakan AI dalam persiapan ujian menunjukkan peningkatan nilai rata-rata sebesar 15% dibandingkan dengan siswa yang belajar menggunakan metode tradisional. Penelitian ini

menunjukkan bahwa AI dapat membantu siswa mengidentifikasi area yang perlu ditingkatkan dan menyediakan materi tambahan yang tepat untuk membantu mereka memperbaiki kelemahan mereka. Selain itu, Johnson dan Wang (2021) menunjukkan bahwa AI dapat membantu siswa untuk lebih terorganisir dalam mengerjakan tugas-tugas mereka, yang pada gilirannya meningkatkan kualitas pekerjaan mereka. Penelitian ini menyoroti bahwa AI dapat membantu siswa mengembangkan keterampilan manajemen waktu yang lebih baik, yang sangat penting dalam pencapaian akademik. Adams et al. (2022) menemukan bahwa penggunaan AI dalam pembelajaran juga berkontribusi pada peningkatan tingkat kelulusan, terutama dalam mata pelajaran yang sering dianggap sulit seperti fisika dan matematika. Temuan-temuan ini mendukung argumen bahwa integrasi AI dalam pendidikan dapat memberikan manfaat nyata dalam hal pencapaian akademik, terutama dalam meningkatkan hasil belajar siswa di bidang STEM.

Hasil-hasil ini sejalan dengan temuan dari penelitian sebelumnya yang juga menyoroti efektivitas AI dalam pembelajaran STEM. Sebagai contoh, penelitian oleh Roberts et al. (2019) menunjukkan bahwa AI dapat menyediakan umpan balik yang lebih cepat dan tepat, yang membantu siswa mengoreksi kesalahan mereka dengan lebih efisien. Penelitian ini menunjukkan bahwa AI dapat memproses data secara real-time dan memberikan umpan balik langsung kepada siswa, yang memungkinkan mereka untuk memperbaiki kesalahan dengan segera dan belajar dari pengalaman mereka. Green dan Martin (2020) juga menekankan bahwa AI dapat mengidentifikasi area kesulitan siswa dengan lebih akurat dibandingkan dengan metode penilaian tradisional, yang memungkinkan guru untuk memberikan intervensi yang lebih tepat waktu. Penelitian ini menunjukkan bahwa AI dapat membantu guru untuk lebih fokus pada kebutuhan individual siswa, yang pada akhirnya meningkatkan hasil belajar mereka.

Selain itu, Garcia et al. (2021) menemukan bahwa AI dapat membantu mengurangi beban kerja guru dengan mengotomatisasi tugas-tugas administratif, sehingga mereka dapat lebih fokus pada pengajaran. Namun, seperti yang dicatat oleh Lewis dan Clark (2022), kualitas alat AI yang digunakan sangat penting; alat yang dirancang dengan baik cenderung memberikan hasil yang lebih positif dibandingkan dengan yang kurang memadai. Penelitian ini menunjukkan bahwa pengembangan alat AI harus memperhatikan desain dan fungsionalitas yang sesuai dengan kebutuhan pendidikan untuk memastikan bahwa teknologi ini dapat memberikan manfaat yang optimal.

Temuan ini memiliki implikasi signifikan bagi pengembangan pendidikan STEM di masa depan. Peningkatan pemahaman konsep dan keterlibatan siswa menunjukkan bahwa AI tidak hanya dapat mempercepat proses pembelajaran, tetapi juga membuatnya lebih mendalam dan personal. Nelson et al. (2021) menggarisbawahi bahwa personalisasi pembelajaran melalui AI dapat membantu siswa untuk belajar dengan cara yang paling sesuai dengan gaya belajar mereka, yang pada akhirnya meningkatkan hasil belajar mereka. Penelitian ini menunjukkan bahwa AI dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih adaptif dan fleksibel, yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan individual setiap siswa. Selain itu, dengan adanya bukti peningkatan pencapaian akademik, integrasi AI dalam pembelajaran dapat berkontribusi pada peningkatan kualitas pendidikan secara keseluruhan (Martin et al., 2022). Studi oleh Lopez et al. (2021) juga menunjukkan bahwa AI dapat membantu mengatasi tantangan yang dihadapi sekolah-sekolah di daerah terpencil, di mana kekurangan guru berkualitas merupakan masalah yang sering ditemui. Penelitian ini menunjukkan bahwa AI dapat menyediakan dukungan belajar yang konsisten dan berkualitas tinggi, meskipun sumber daya manusia terbatas. Implikasi praktisnya meliputi potensi adopsi yang lebih luas dari teknologi ini di sekolah-sekolah, terutama di daerah yang

mengalami kekurangan tenaga pengajar berkualitas (Sanchez & Torres, 2022).

Pentingnya investasi dalam pengembangan alat AI yang efektif dan dalam pelatihan guru agar mampu memaksimalkan potensi teknologi ini juga sangat ditekankan dalam literatur. Evans et al. (2020) menunjukkan bahwa pelatihan guru dalam penggunaan AI sangat penting untuk memastikan bahwa teknologi ini dapat diterapkan dengan efektif dalam kelas. Penelitian ini menunjukkan bahwa guru yang mendapatkan pelatihan yang memadai cenderung lebih percaya diri dalam menggunakan AI dan lebih mampu memanfaatkannya untuk mendukung pembelajaran siswa. Selain itu, Henderson dan Lee (2021) menyoroti bahwa tanpa pelatihan yang memadai, guru mungkin tidak dapat memanfaatkan sepenuhnya potensi AI, yang dapat mengurangi manfaat yang bisa diperoleh siswa. Studi oleh Davis et al. (2022) juga menunjukkan bahwa investasi dalam pengembangan alat AI yang berkualitas tinggi dapat menghasilkan peningkatan yang signifikan dalam hasil belajar siswa. Penelitian ini menunjukkan bahwa alat AI yang dirancang dengan baik tidak hanya meningkatkan efektivitas pembelajaran tetapi juga meningkatkan kepuasan siswa dan guru terhadap proses belajar mengajar. Oleh karena itu, pengembangan kurikulum yang mengintegrasikan AI, serta dukungan kebijakan yang kuat untuk adopsi teknologi ini, menjadi kunci untuk mengoptimalkan manfaat AI dalam pendidikan STEM.

Dengan mempertimbangkan semua temuan ini, jelas bahwa AI memiliki potensi besar untuk merevolusi cara pembelajaran dilakukan dalam pendidikan STEM. Namun, keberhasilan penerapannya sangat bergantung pada bagaimana teknologi ini diintegrasikan ke dalam sistem pendidikan dan bagaimana para pendidik dipersiapkan untuk memanfaatkan teknologi ini. Ini mencakup memastikan bahwa alat AI yang digunakan didesain dengan baik dan disesuaikan dengan kebutuhan pendidikan, serta memberikan pelatihan yang memadai bagi

guru untuk memastikan bahwa mereka dapat menggunakan teknologi ini dengan efektif. Selain itu, penting untuk terus mengevaluasi dan menyesuaikan strategi penerapan AI berdasarkan temuan-temuan terbaru dalam penelitian dan praktik pendidikan, untuk memastikan bahwa teknologi ini dapat memberikan manfaat yang optimal bagi siswa dan pendidik. Dengan pendekatan yang tepat, AI dapat menjadi alat yang efektif untuk meningkatkan hasil belajar siswa, mendukung pengembangan keterampilan kognitif, dan mempersiapkan mereka untuk menghadapi tantangan di masa depan. Namun, ini hanya dapat dicapai jika kita terus mengevaluasi dan menyesuaikan strategi kita berdasarkan temuan-temuan terbaru dalam penelitian dan praktik pendidikan (Akavova et al., 2023; Tzoneva, 2023).

## **B. Metode Pembelajaran Berbasis AI**

Temuan dari tinjauan literatur mengungkapkan bahwa berbagai metode pembelajaran berbasis kecerdasan buatan (AI), seperti pembelajaran adaptif, chatbot pembelajaran, dan simulasi interaktif, telah diterapkan dengan hasil yang beragam dalam pendidikan STEM (Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika). Pembelajaran adaptif menunjukkan efektivitas yang tinggi dalam menyesuaikan materi pelajaran dengan kebutuhan individual siswa. Melalui analisis data secara real-time, pembelajaran adaptif dapat mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan siswa, kemudian menyesuaikan konten dan kecepatan pembelajaran untuk meningkatkan pemahaman konsep secara mendalam. Misalnya, siswa yang menggunakan platform pembelajaran adaptif mengalami peningkatan signifikan dalam pemahaman konsep matematika dibandingkan dengan metode pembelajaran tradisional (Roll & Wylie, 2021). Selain itu, pembelajaran adaptif juga meningkatkan keterlibatan siswa, karena materi yang disesuaikan membuat siswa lebih tertarik dan termotivasi untuk belajar (Gutiérrez et al., 2022). Pembelajaran adaptif juga dapat

mengurangi kecemasan belajar pada siswa dengan menyediakan tantangan yang sesuai dengan tingkat kemampuan mereka (Leelawong et al., 2021).

Di sisi lain, chatbot pembelajaran telah diterapkan sebagai alat bantu yang memberikan respons cepat dan panduan dalam menyelesaikan masalah, yang membantu siswa memahami konsep-konsep sulit dengan lebih efisien. Chatbot ini mampu menjawab pertanyaan siswa secara instan, memberikan penjelasan tambahan, dan bahkan menawarkan contoh-contoh praktis untuk membantu siswa memahami materi pelajaran. Penggunaan chatbot dalam pembelajaran fisika membantu siswa mengatasi kebingungan mereka dengan lebih cepat dibandingkan dengan menunggu bantuan dari guru (Fadhilah et al., 2021). Chatbot pembelajaran tidak hanya efektif dalam menjawab pertanyaan sederhana, tetapi juga mampu memberikan dukungan emosional kepada siswa, yang dapat meningkatkan motivasi dan kepercayaan diri mereka dalam belajar (Jia et al., 2021). Chatbot berbasis AI juga dapat memfasilitasi diskusi kelompok dan meningkatkan kolaborasi antar siswa, yang berkontribusi pada pemahaman konsep yang lebih baik (Liu et al., 2020).

Simulasi interaktif, sebagai salah satu metode pembelajaran berbasis AI, memberikan lingkungan belajar yang mendalam di mana siswa dapat mengeksplorasi konsep STEM secara praktis dan langsung. Simulasi ini memungkinkan siswa untuk terlibat secara aktif dalam eksperimen virtual, yang tidak hanya memperkuat pemahaman mereka tetapi juga meningkatkan keterlibatan dan motivasi mereka dalam pembelajaran. Simulasi interaktif dalam pembelajaran kimia membantu siswa memahami reaksi kimia yang kompleks melalui visualisasi yang intuitif (Anderson et al., 2020). Simulasi interaktif dalam pembelajaran biologi meningkatkan kemampuan siswa untuk menerapkan konsep-konsep teoretis dalam konteks praktis, seperti memahami interaksi ekosistem (Walker & Johnson, 2021). Namun, meskipun simulasi interaktif sangat efektif,

penggunaannya masih terbatas di lingkungan pendidikan dengan keterbatasan teknologi, karena membutuhkan perangkat keras dan perangkat lunak yang canggih untuk berfungsi dengan baik (Zhang et al., 2021).

Analisis literatur menunjukkan bahwa setiap metode AI memiliki kelebihan dan kekurangannya sendiri, serta konteks implementasi yang menentukan keberhasilannya. Pembelajaran adaptif sangat efektif di lingkungan di mana materi pelajaran dapat disesuaikan dengan kecepatan dan kemampuan siswa, namun metode ini memerlukan infrastruktur teknologi yang memadai dan data yang akurat untuk berfungsi optimal (Ortega et al., 2022). Chatbot pembelajaran menawarkan solusi yang cepat dan dapat diakses untuk pertanyaan siswa, tetapi terbatas pada skenario pembelajaran yang telah diprogram sebelumnya dan kurang efektif dalam menjawab pertanyaan yang kompleks atau mendalam (Huang et al., 2021). Simulasi interaktif memberikan pengalaman belajar yang kaya, tetapi membutuhkan sumber daya komputasi yang tinggi dan dapat sulit diakses di lingkungan pendidikan dengan keterbatasan teknologi. Sekolah-sekolah di daerah terpencil sering kali tidak dapat memanfaatkan simulasi interaktif secara maksimal karena keterbatasan infrastruktur teknologi (Kim et al., 2020).

Temuan ini menyoroti pentingnya pemilihan metode pembelajaran berbasis AI yang sesuai dengan konteks dan kebutuhan spesifik dalam pendidikan STEM. Setiap metode menawarkan keunggulan tertentu, namun juga memiliki keterbatasan yang perlu diperhitungkan dalam implementasinya. Dengan memahami kelebihan dan kelemahan masing-masing metode, pendidik dapat membuat keputusan yang lebih baik tentang alat mana yang paling cocok untuk mencapai tujuan pembelajaran mereka. Pemilihan metode AI harus didasarkan pada analisis kebutuhan siswa dan ketersediaan sumber daya di sekolah (Robinson et al., 2021). Secara praktis, hasil ini mendorong pengembangan dan penyempurnaan lebih lanjut dari metode AI

dalam pendidikan, terutama dalam hal meningkatkan aksesibilitas dan efektivitas di berbagai lingkungan pendidikan. Investasi dalam pengembangan teknologi pendidikan yang lebih terjangkau dapat membantu mengurangi kesenjangan dalam akses terhadap pembelajaran berbasis AI, terutama di negara-negara berkembang (Nakamura et al., 2022).

Implikasi lainnya termasuk perlunya investasi dalam infrastruktur teknologi yang memadai dan pelatihan bagi pendidik untuk mengoptimalkan penggunaan AI dalam pembelajaran STEM. Pelatihan yang komprehensif bagi guru dalam penggunaan alat AI sangat penting untuk memastikan implementasi yang sukses (Liao et al., 2021). Guru yang memahami cara kerja teknologi ini cenderung lebih efektif dalam mengintegrasikannya ke dalam kurikulum dan lebih mampu mengatasi tantangan yang muncul selama proses pembelajaran. Selain itu, investasi dalam infrastruktur teknologi tidak hanya penting untuk mendukung implementasi AI, tetapi juga untuk memastikan bahwa semua siswa memiliki akses yang setara terhadap peluang pembelajaran yang ditawarkan oleh teknologi ini. Sekolah-sekolah yang dilengkapi dengan teknologi canggih cenderung melihat peningkatan yang lebih besar dalam hasil belajar siswa setelah mengadopsi pembelajaran berbasis AI (Davis et al., 2022).

Dengan demikian, temuan ini mendukung gagasan bahwa AI memiliki potensi besar untuk meningkatkan kualitas pendidikan STEM, tetapi keberhasilan penerapannya sangat bergantung pada bagaimana teknologi ini diintegrasikan dan didukung di dalam sistem pendidikan. Ini mencakup pemilihan metode yang tepat, pengembangan infrastruktur yang memadai, serta pelatihan yang komprehensif bagi pendidik. Dengan pendekatan yang tepat, AI dapat menjadi alat yang kuat untuk meningkatkan keterlibatan dan hasil belajar siswa, serta mempersiapkan mereka untuk

menghadapi tantangan di masa depan yang semakin kompleks dan berbasis teknologi.

### **C. Peran Guru dalam Implementasi AI**

Temuan dari literatur menunjukkan bahwa pengetahuan dan keterampilan guru memainkan peran kunci dalam keberhasilan penerapan kecerdasan buatan (AI) dalam pembelajaran STEM. Guru yang telah menerima pelatihan khusus tentang penggunaan alat AI lebih cenderung untuk mengintegrasikan teknologi ini secara efektif dalam proses belajar-mengajar. Pelatihan yang berkualitas tidak hanya meningkatkan kompetensi teknis guru, tetapi juga membantu mereka memahami potensi pedagogis dari AI, sehingga mereka dapat merancang pengalaman belajar yang lebih interaktif dan personal. Namun, kesiapan guru untuk menggunakan AI sangat bervariasi tergantung pada akses terhadap pelatihan dan dukungan institusi yang tersedia (Liao et al., 2021; Davis et al., 2022; Kim et al., 2020).

Penelitian lain mendukung temuan ini, menunjukkan bahwa keterampilan dan kesiapan guru merupakan faktor penentu utama dalam penerapan teknologi AI di kelas. Guru yang merasa nyaman dan terampil menggunakan teknologi cenderung lebih inovatif dalam mengadopsi AI untuk mendukung pembelajaran, sementara guru yang kurang berpengalaman dengan teknologi cenderung menghindari penggunaannya atau menggunakannya dengan cara yang kurang optimal (Robinson et al., 2021; Nakamura et al., 2022). Literatur juga mencatat bahwa dukungan institusi, seperti penyediaan fasilitas pelatihan berkelanjutan dan akses ke sumber daya teknologi, sangat penting untuk memastikan bahwa guru dapat terus mengembangkan keterampilan mereka dalam penggunaan AI. Namun, ada perbedaan dalam tingkat dukungan yang diterima oleh guru di berbagai institusi, yang berdampak pada variasi dalam efektivitas implementasi AI (Fadhilah et al., 2021; Huang et al., 2021).

Temuan ini menekankan pentingnya pengembangan profesional yang berkelanjutan

dan dukungan institusi dalam memastikan keberhasilan integrasi AI dalam pendidikan STEM. Pengetahuan dan keterampilan guru harus terus ditingkatkan melalui pelatihan yang relevan dan berkelanjutan, sehingga mereka dapat mengikuti perkembangan teknologi dan menerapkannya secara efektif dalam pembelajaran. Dukungan institusi juga perlu diperkuat, termasuk dalam hal penyediaan sumber daya teknologi yang memadai dan akses yang lebih luas ke pelatihan (Leelawong et al., 2021; Anderson et al., 2020; Gutiérrez et al., 2022). Secara praktis, implikasi dari temuan ini adalah bahwa kebijakan pendidikan harus lebih berfokus pada pengembangan kapasitas guru untuk menggunakan AI, dengan tujuan meningkatkan kualitas pembelajaran STEM dan memastikan bahwa semua siswa dapat memperoleh manfaat dari inovasi teknologi ini. Hal ini juga menunjukkan perlunya pendekatan yang lebih holistik dalam implementasi AI, yang tidak hanya berfokus pada teknologi itu sendiri, tetapi juga pada pengembangan kompetensi guru sebagai kunci suksesnya penerapan teknologi ini dalam pendidikan (Jia et al., 2021; Liu et al., 2020).

Dengan demikian, keberhasilan implementasi AI dalam pendidikan STEM sangat bergantung pada kombinasi antara pelatihan yang tepat, dukungan institusi yang kuat, dan kebijakan pendidikan yang mendukung. Guru yang mendapatkan pelatihan berkelanjutan dan memiliki akses ke teknologi yang memadai cenderung lebih berhasil dalam mengintegrasikan AI dalam pembelajaran (Liao et al., 2021; Davis et al., 2022). Sebaliknya, tanpa dukungan yang memadai, guru sering kali merasa kewalahan oleh teknologi baru dan akhirnya tidak dapat memanfaatkannya secara efektif (Zhang et al., 2021). Ini menyoroti pentingnya pendekatan yang menyeluruh dalam penerapan AI di pendidikan STEM, di mana perhatian diberikan tidak hanya pada teknologi itu sendiri, tetapi juga pada manusia yang menggunakannya, yaitu para guru. Kesimpulannya, untuk mencapai hasil yang optimal dalam integrasi AI dalam pendidikan

STEM, diperlukan investasi yang berkelanjutan dalam pelatihan guru, dukungan institusi yang memadai, serta kebijakan pendidikan yang responsif terhadap kebutuhan akan inovasi dan teknologi di era digital ini (Liao et al., 2021; Davis et al., 2022; Robinson et al., 2021).

#### **D. Tantangan dan Hambatan dalam Penerapan AI di Pendidikan STEM**

Temuan dari berbagai penelitian mengidentifikasi beberapa tantangan utama dalam penerapan kecerdasan buatan (AI) di pendidikan STEM. Keterbatasan infrastruktur teknologi merupakan salah satu hambatan terbesar, terutama di sekolah-sekolah dengan sumber daya yang terbatas. Banyak institusi pendidikan masih menghadapi masalah seperti akses internet yang tidak memadai, kurangnya perangkat keras yang sesuai, dan minimnya dukungan teknis (Nelson et al., 2021; Garcia & Green, 2020). Selain itu, isu etika dan privasi juga menjadi perhatian yang signifikan, mengingat penggunaan AI sering kali melibatkan pengumpulan dan analisis data siswa yang sensitif. Tantangan lainnya adalah kesenjangan antara desain teknologi AI yang tersedia dan kebutuhan pembelajaran di lapangan, di mana alat-alat yang dikembangkan tidak selalu sesuai dengan konteks pembelajaran yang berbeda-beda (Smith & Johnson, 2020; Kumar & Singh, 2021).

Analisis literatur menunjukkan bahwa tantangan ini bukan hanya masalah teknis, tetapi juga mencerminkan masalah yang lebih mendasar dalam implementasi teknologi baru di pendidikan. Studi oleh Martin et al. (2021) mengonfirmasi bahwa infrastruktur yang kurang memadai dapat menghambat adopsi AI di banyak sekolah, terutama di daerah terpencil atau di negara berkembang. Selain itu, literatur memperkuat kekhawatiran tentang privasi, di mana ada kekhawatiran bahwa data yang dikumpulkan melalui AI dapat disalahgunakan atau tidak dilindungi dengan baik, yang dapat merugikan siswa (Brown & Thompson, 2021; Lee, 2021). Terkait dengan kesenjangan antara teknologi dan kebutuhan pembelajaran,

beberapa penelitian menunjukkan bahwa pengembangan teknologi AI sering kali dilakukan tanpa melibatkan pendidik secara langsung, yang menyebabkan alat-alat tersebut kurang relevan atau sulit diimplementasikan dalam lingkungan pendidikan yang nyata (Wilson & Baker, 2020; Clark et al., 2021).

Temuan ini memiliki implikasi penting bagi pengembangan dan implementasi AI di bidang pendidikan STEM. Untuk mengatasi keterbatasan infrastruktur, diperlukan investasi yang lebih besar dalam teknologi pendidikan, terutama di sekolah-sekolah dengan sumber daya terbatas (Nelson et al., 2021; Garcia & Green, 2020). Selain itu, penting bagi pembuat kebijakan untuk mengembangkan regulasi yang kuat terkait dengan etika dan privasi dalam penggunaan AI di pendidikan, guna melindungi data siswa dan mencegah potensi penyalahgunaan (Smith & Johnson, 2020; Kumar & Singh, 2021). Implikasi lainnya adalah perlunya kolaborasi yang lebih erat antara pengembang teknologi dan pendidik, untuk memastikan bahwa alat AI yang dikembangkan sesuai dengan kebutuhan praktis di lapangan dan dapat diimplementasikan secara efektif (Martin et al., 2021; Brown & Thompson, 2021). Dengan mengatasi tantangan-tantangan ini, diharapkan AI dapat memberikan kontribusi yang lebih besar terhadap peningkatan kualitas pendidikan STEM di masa depan, sekaligus memastikan bahwa manfaat teknologi ini dapat dirasakan oleh semua siswa tanpa menimbulkan risiko yang tidak diinginkan (Wilson & Baker, 2020; Clark et al., 2021).

## Kesimpulan

Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penggunaan alat pembelajaran berbasis AI secara signifikan meningkatkan pemahaman konsep dan keterlibatan siswa dalam bidang STEM. Siswa yang menggunakan teknologi ini menunjukkan peningkatan hasil belajar

dibandingkan dengan metode pembelajaran tradisional, meskipun efektivitasnya sangat bergantung pada kualitas alat yang digunakan.

2. metode pembelajaran berbasis AI, termasuk pembelajaran adaptif, chatbot, dan simulasi interaktif, telah menunjukkan efektivitas dalam konteks tertentu. Meskipun setiap metode menawarkan keunggulan spesifik, mereka juga memiliki keterbatasan yang perlu diperhatikan, seperti kebutuhan akan infrastruktur teknologi yang memadai dan relevansi dengan konteks pendidikan.
3. Kesiapan dan keterampilan guru merupakan faktor kunci dalam keberhasilan penerapan AI di kelas. Guru yang menerima pelatihan khusus lebih mampu mengintegrasikan teknologi ini dengan efektif. Dukungan institusi dan pelatihan berkelanjutan sangat penting untuk memastikan guru dapat terus mengembangkan kompetensinya dalam menggunakan AI.
4. Penerapan AI masih menghadapi beberapa tantangan, termasuk keterbatasan infrastruktur, masalah etika dan privasi data, serta kesenjangan antara desain teknologi dan kebutuhan pembelajaran. Mengatasi tantangan-tantangan ini memerlukan investasi dalam teknologi pendidikan, regulasi yang jelas, dan kolaborasi erat antara pengembang dan pendidik untuk memastikan AI dapat diimplementasikan secara efektif dan aman.

## Referensi

- Abedi, M., Alshybani, I., Shahadat, M., & Murillo, M. (2023). Beyond traditional teaching: The potential of large language models and chatbots in graduate engineering education. ArXiv. <https://doi.org/10.32388/MD04B0>
- Abusahyon, A. S. E., Alzyoud, A., Alshorman, O., & Al-Absi, B. (2023). AI-driven technology and chatbots as tools for

- enhancing English language learning in the context of second language acquisition: A review study. *International Journal of Membrane Science and Technology*. <https://doi.org/10.15379/ijmst.v10i1.2829>
- Adams, J., Brown, K., & Carter, S. (2022). Enhancing academic performance through AI-based learning tools. *Journal of Educational Technology*, 18(3), 245-258. <https://doi.org/10.1007/s41239-022-00147-w>
- Akavova, A., Temirkhanova, Z., & Lorsanova, Z. (2023). Adaptive learning and artificial intelligence in the educational space. *E3S Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345106011>
- Ali, M., & Abdel-Haq, M. (2021). Bibliographical analysis of artificial intelligence learning in higher education. *Handbook of Research on Digital Learning*. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-4846-2.CH003>
- Amin, M. Y. M. (2023). AI and Chat GPT in language teaching: Enhancing EFL classroom support and transforming assessment techniques. *International Journal of Higher Education Pedagogies*. <https://doi.org/10.33422/ijhep.v4i4.554>
- Anderson, B., Johnson, T., & Walker, M. (2020). Interactive simulations in chemistry education: Enhancing student understanding of complex concepts. *Journal of Chemical Education*, 97(4), 1083-1092. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00879>
- Brown, J., & Thompson, R. (2021). Privacy concerns in AI-driven education: Implications for policy and practice. *Journal of Educational Policy*, 35(3), 412-428. <https://doi.org/10.1080/02680939.2021.1840457>
- Carter, S., White, J., & Thompson, R. (2022). Increasing student engagement through interactive AI platforms in STEM education. *Educational Research and Reviews*, 17(6), 112-123. <https://doi.org/10.5897/ERR2022.00123>
- Clark, S., Davis, T., & Evans, M. (2021). Developing AI tools for education: Challenges and solutions. *Educational Technology Research and Development*, 69(4), 695-712. <https://doi.org/10.1007/s11423-021-09967-9>
- Davis, L., Evans, M., & Henderson, K. (2022). Teacher training and the effective use of AI in classrooms. *Journal of Teacher Education*, 72(4), 401-416. <https://doi.org/10.1177/0022487121995294>
- Evans, M., Henderson, K., & Lee, C. (2020). Implementing AI in schools: Challenges and strategies for teacher preparation. *Educational Leadership*, 77(6), 58-63. <https://doi.org/10.3102/00346543211007032>
- Fadhilah, N., Putra, Z., & Syafrizal, M. (2021). The impact of AI-powered chatbots on physics education: A case study. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 15-29. <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00257-1>
- Garcia, P., Johnson, A., & Wang, T. (2021). Reducing teacher workload through AI: A case study in STEM education. *Computers & Education*, 165, 104140. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104140>
- Garcia, M., & Green, R. (2020). The digital divide in education: A focus on infrastructure challenges in remote schools. *International Journal of Educational Development*, 78, 102242. <https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2020.102242>
- Green, R., & Martin, S. (2020). AI in STEM education: Personalized learning and student success. *Journal of Science Education and Technology*, 29(5), 634-647. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09848-8>
- Gutiérrez, F., Roll, I., & Wylie, R. (2022). Adaptive learning systems in mathematics education: An analysis of effectiveness. *Educational Technology Research and*

Development, 70(3), 675-692.

<https://doi.org/10.1007/s11423-022-10112-8>

Harry, A. (2023). Role of AI in education. *Interdisciplinary Journal and Humanity (INJURITY)*.

<https://doi.org/10.58631/injury.v2i3.52>