

Pembelajaran IPA Berbasis STEM–PjBL: Tinjauan Kritis Implementasi dan Integrasi Teknologi *Deep Learning* untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif Siswa

STEM–PjBL-Based Science Learning: A Critical Review of Implementation and Deep Learning Technology Integration to Enhance Students’ Critical and Creative Thinking Skills

Rezekinta Syahputra Sembiring*

BRC-INBIO, Malang, Jawa Timur & Magister Ilmu Administrasi, Universitas Islam Syekh Yusuf, Tangerang, Banten. e-mail: kintasembiring96@gmail.com

*Corresponding Author

Abstrak. Penelitian ini menggunakan metode *systematic literature review* (SLR) dengan protokol PRISMA untuk menelaah implementasi Science, Technology, Engineering, and Mathematics–Project-Based Learning (STEM–PjBL) dalam pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) pada jenjang pendidikan menengah. Kajian dilakukan terhadap 11 artikel yang dipublikasikan pada rentang tahun 2018–2025 dan diidentifikasi melalui basis data Google Scholar, ERIC, ScienceDirect, DOAJ, serta jurnal nasional terindeks SINTA. Artikel yang disertakan memenuhi kriteria inklusi, yaitu secara eksplisit membahas penerapan STEM–PjBL dalam pembelajaran IPA pada tingkat dasar atau menengah serta melaporkan temuan empiris terkait keterampilan berpikir kritis dan/atau kreatif. Artikel yang tidak menyediakan data empiris yang relevan dikecualikan melalui proses screening. Hasil analisis tematik menunjukkan bahwa penerapan STEM–PjBL secara konsisten berkontribusi signifikan terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa melalui pembelajaran berbasis proyek yang kontekstual, multidisipliner, dan berorientasi pada pemecahan masalah nyata. Pendekatan ini mendorong keterlibatan aktif siswa, penguatan pemahaman konseptual, serta pengembangan keterampilan metakognitif. Dalam kajian ini, teknologi *Deep Learning* diposisikan sebagai potensi pengembangan konseptual yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung pemantauan proses belajar dan pemberian umpan balik adaptif secara real-time, mengingat sebagian besar studi yang ditinjau belum mengimplementasikan teknologi tersebut secara empiris. Oleh karena itu, penelitian ini merekomendasikan integrasi strategis antara pedagogi STEM–PjBL dan kecerdasan buatan sebagai arah inovatif untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran IPA, khususnya dalam konteks implementasi Kurikulum Merdeka.

Kata kunci: STEM–PjBL; Pembelajaran IPA; Keterampilan Berpikir Kritis; Keterampilan Berpikir Kreatif; *Deep Learning* dalam Pendidikan.

Abstract. This study employed a *systematic literature review* (SLR) method following the PRISMA protocol to examine the implementation of Science, Technology, Engineering, and Mathematics–Project-Based Learning (STEM–PjBL) in science education at the secondary education level. A total of 11 articles published between 2018 and 2025 were reviewed, sourced from Google Scholar, ERIC, ScienceDirect, DOAJ, and nationally accredited SINTA-indexed journals. The included studies met the inclusion criteria by explicitly addressing STEM–PjBL implementation in primary or secondary science learning and reporting empirical findings related to students’ critical and/or creative thinking skills. Studies lacking relevant empirical data were excluded through a rigorous screening process. Thematic analysis

revealed that STEM-PjBL consistently contributes to the enhancement of students' critical and creative thinking skills through contextual, multidisciplinary, and problem-oriented project-based learning activities. This approach promotes active student engagement, strengthens conceptual understanding, and supports the development of metacognitive skills. In this review, Deep Learning technology is positioned primarily as a conceptual recommendation with strong potential to support learning process monitoring and real-time adaptive feedback, as most of the reviewed studies have not yet empirically integrated such technology within STEM-PjBL-based science instruction. Therefore, this study recommends a strategic integration of STEM-PjBL pedagogy and artificial intelligence as an innovative direction to address implementation challenges and improve the effectiveness of science learning in the context of the Merdeka Curriculum.

Keywords: STEM-PjBL; Science Learning; Critical Thinking Skills; Creative Thinking Skills; Deep Learning in Education.

 <https://doi.org/10.32678/ibtidai.v12i2.11783>

How to cite: Sembiring, R. S. (2025). Pembelajaran IPA Berbasis STEM-PjBL: Tinjauan Kritis Implementasi dan Integrasi Teknologi Deep Learning untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif Siswa. *Ibtida'i : Jurnal Kependidikan Dasar*, 12(2), 233–248. <https://doi.org/10.32678/ibtidai.v12i2.11783>

Dikirimkan: 27 Juni 2025

Direvisi: 30 Nov 2025

Diterbitkan: 31 Des 2025

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital yang sangat pesat serta dinamika sosial-ekonomi global pada abad ke-21 menuntut peserta didik tidak hanya menguasai pengetahuan faktual, tetapi juga memiliki keterampilan berpikir tingkat tinggi (*higher order thinking skills*). Keterampilan tersebut mencakup kemampuan menganalisis, mengevaluasi, dan mencipta, yang melampaui aktivitas mengingat dan mereproduksi informasi secara mekanis. Dalam konteks ini, kerangka keterampilan abad ke-21 yang dikenal dengan 4C—*critical thinking, creativity, collaboration*, dan *communication*—menjadi rujukan utama dalam perumusan kebijakan dan praktik pendidikan di berbagai negara, termasuk Indonesia. Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) memiliki posisi strategis dalam pengembangan keterampilan tersebut karena karakteristiknya yang menekankan proses ilmiah, penalaran logis, pengujian hipotesis, serta penerapan konsep untuk memahami dan memecahkan persoalan nyata di lingkungan sekitar. Oleh karena itu, pembelajaran IPA berpotensi besar menjadi wahana yang efektif untuk menumbuhkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa secara terintegrasi.

Namun demikian, realitas praktik pembelajaran IPA di sekolah masih menunjukkan adanya kesenjangan antara tuntutan ideal dan implementasi di lapangan. Pembelajaran sering kali masih didominasi oleh pendekatan transmisi

pengetahuan yang bersifat satu arah, dengan guru sebagai sumber utama informasi dan siswa sebagai penerima pasif. Fokus pembelajaran yang kuat pada pencapaian target materi dan penilaian berbasis hafalan menyebabkan keterbatasan ruang bagi siswa untuk melakukan penyelidikan ilmiah, mengeksplorasi ide secara mandiri, serta terlibat dalam pemecahan masalah otentik yang menuntut pemikiran tingkat tinggi. Kondisi ini berdampak pada belum optimalnya pengembangan keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa, sehingga peran strategis IPA sebagai sarana pembentukan kompetensi abad ke-21 belum sepenuhnya terealisasi. Permasalahan mendasar ini menimbulkan pertanyaan mengenai model dan strategi pembelajaran yang mampu menjembatani tuntutan kurikulum dengan kebutuhan pengembangan keterampilan berpikir siswa.

Sebagai respons terhadap permasalahan tersebut, pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) yang dipadukan dengan Project-Based Learning (PjBL) berkembang sebagai salah satu alternatif pedagogis yang dinilai relevan dengan tuntutan abad ke-21. Pendekatan STEM-PjBL menempatkan siswa sebagai subjek aktif dalam proses pembelajaran melalui keterlibatan langsung pada proyek-proyek berbasis masalah kontekstual. Dalam implementasinya, siswa tidak hanya mempelajari konsep IPA secara teoritis, tetapi juga mengintegrasikannya dengan aspek teknologi, rekayasa, dan matematika untuk merancang, menguji, serta mengevaluasi solusi terhadap permasalahan nyata. Proses ini secara inheren menuntut penerapan berpikir kritis dalam menganalisis masalah, kreativitas dalam merancang solusi, kolaborasi dalam kerja kelompok, serta komunikasi dalam mempresentasikan hasil, sehingga selaras dengan pengembangan keterampilan 4C secara holistik.

Sejumlah penelitian empiris di Indonesia telah melaporkan dampak positif implementasi STEM-PjBL dalam pembelajaran IPA terhadap pengembangan keterampilan abad ke-21. Aribowo (2024), misalnya, menunjukkan bahwa penerapan PjBL berbasis STEM pada jenjang SMP mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif siswa secara signifikan dibandingkan pembelajaran konvensional. Sementara itu, Widiyatmoko dan Darmawan (2023) melaporkan bahwa sekitar 87,5% studi pembelajaran IPA berbasis STEM di Indonesia mengintegrasikan model PjBL, dengan fokus utama pada pengembangan kreativitas dan kemampuan pemecahan masalah siswa. Temuan-temuan tersebut mengindikasikan bahwa STEM-PjBL memiliki potensi besar

sebagai strategi pedagogis untuk mentransformasi pembelajaran IPA agar lebih bermakna, kontekstual, dan relevan dengan kebutuhan peserta didik di abad ke-21. Meskipun demikian, hasil-hasil penelitian tersebut masih tersebar dan memerlukan sintesis sistematis untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif.

Di sisi lain, implementasi STEM-PjBL di sekolah tidak terlepas dari berbagai tantangan praktis yang cukup kompleks. Guru sering menghadapi keterbatasan waktu pembelajaran untuk memfasilitasi proses pengerjaan proyek secara mendalam dan berkelanjutan, terutama di tengah tuntutan administrasi dan penyelesaian capaian kurikulum yang relatif padat. Ketersediaan sarana dan prasarana pendukung kegiatan proyek dan eksperimen juga belum merata, khususnya di sekolah-sekolah dengan keterbatasan sumber daya. Selain itu, penilaian keterampilan berpikir kritis dan kreatif melalui proyek menuntut proses evaluasi yang autentik, berkelanjutan, dan berbasis proses, yang tidak selalu mudah dilakukan secara manual oleh guru, terutama dalam kelas dengan jumlah siswa yang besar. Tantangan-tantangan ini memunculkan kebutuhan akan dukungan teknologi yang mampu membantu guru dalam mengelola pembelajaran dan penilaian secara lebih efektif.

Dalam konteks tersebut, pemanfaatan kecerdasan buatan (artificial intelligence), khususnya teknologi *Deep Learning*, mulai dipertimbangkan sebagai alternatif solusi yang potensial. *Deep Learning* merupakan cabang machine learning yang menggunakan jaringan saraf tiruan berlapis untuk memproses dan menganalisis data dalam jumlah besar dan kompleks secara otomatis. Berbagai studi menunjukkan bahwa teknologi ini dapat dimanfaatkan untuk menganalisis pola belajar siswa, memprediksi capaian akademik, serta menyediakan umpan balik adaptif berbasis data secara real-time. Dalam pembelajaran IPA berbasis proyek, *Deep Learning* berpotensi mendukung guru dalam memantau proses pengerjaan proyek, menganalisis portofolio digital siswa, serta memberikan rekomendasi perbaikan yang lebih personal dan objektif, sehingga kualitas pembelajaran dan penilaian dapat ditingkatkan.

Meskipun demikian, pemanfaatan teknologi *Deep Learning* pada jenjang pendidikan dasar dan menengah masih tergolong baru dan menghadapi berbagai keterbatasan. Infrastruktur teknologi yang belum merata, perbedaan tingkat literasi digital guru dan siswa, serta isu keamanan dan privasi data menjadi

tantangan serius yang perlu diperhatikan. Di Indonesia, kajian yang secara khusus dan terpadu mengulas implementasi STEM-PjBL dalam pembelajaran IPA sekaligus mengeksplorasi potensi integrasi *Deep Learning* masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian berfokus pada efektivitas pedagogi STEM-PjBL atau pada pengembangan teknologi secara terpisah, sehingga terdapat research gap berupa kurangnya telaah komprehensif yang mengaitkan keduanya dalam satu kerangka analisis yang sistematis dan kontekstual.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini diarahkan untuk menjawab dua pertanyaan utama, yaitu: bagaimana kontribusi implementasi STEM-PjBL dalam pembelajaran IPA terhadap pengembangan keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa, serta bagaimana potensi integrasi teknologi *Deep Learning* dapat dimanfaatkan secara realistis untuk mendukung pelaksanaan pembelajaran tersebut di jenjang pendidikan menengah. Oleh karena itu, artikel ini bertujuan untuk: (1) memetakan secara sistematis kontribusi STEM-PjBL terhadap keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa berdasarkan temuan penelitian terkini; dan (2) mengeksplorasi bentuk, peluang, serta prasyarat integrasi *Deep Learning* sebagai dukungan inovatif bagi pembelajaran IPA berbasis STEM-PjBL. Kontribusi penelitian ini diharapkan dapat mengisi research gap yang ada dengan menyediakan landasan empiris dan konseptual bagi guru, pengembang kurikulum, serta peneliti dalam merancang pembelajaran IPA yang adaptif terhadap tuntutan abad ke-21 sekaligus kontekstual dengan kondisi riil sekolah di Indonesia.

METODE PENULISAN

Penelitian ini menggunakan metode *systematic literature review* (SLR) dengan mengacu pada protokol *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA). Pendekatan ini dipilih untuk memperoleh gambaran yang terstruktur, transparan, dan dapat direplikasi mengenai implementasi STEM-PjBL dalam pembelajaran IPA, khususnya terkait pengembangan keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa. Selain itu, metode ini digunakan untuk memetakan secara sistematis potensi integrasi teknologi *Deep Learning* sebagai dukungan inovatif dalam konteks pembelajaran IPA berbasis proyek, sesuai dengan tujuan dan pertanyaan penelitian yang telah dirumuskan.

Penelusuran literatur dilakukan melalui basis data Google Scholar, ERIC, ScienceDirect, DOAJ, serta jurnal nasional terindeks SINTA dengan rentang tahun publikasi 2018–2025. Strategi pencarian menggunakan kombinasi kata kunci dalam bahasa Indonesia dan Inggris, antara lain “STEM–PjBL”, “STEM project-based learning”, “pembelajaran IPA”, “science education”, “*critical thinking*”, “creative thinking”, “keterampilan berpikir kritis”, “keterampilan berpikir kreatif”, dan “*Deep Learning*”. Pencarian dibatasi pada artikel jurnal ilmiah yang telah melalui proses peer-review untuk menjamin kualitas akademik sumber. Dokumen selain artikel jurnal, seperti prosiding, laporan penelitian tidak terindeks, tesis/disertasi, dan dokumen non-ilmiah, dikeluarkan dari kajian guna menjaga konsistensi dan validitas data.

Tahapan seleksi artikel mengikuti alur PRISMA yang meliputi identifikasi, screening, dan eligibility. Pada tahap identifikasi, artikel yang relevan diseleksi berdasarkan kesesuaian judul dan kata kunci. Selanjutnya, pada tahap screening, abstrak artikel ditelaah untuk memastikan keterkaitannya dengan fokus penelitian, yaitu implementasi STEM–PjBL dalam pembelajaran IPA pada jenjang pendidikan dasar atau menengah serta hubungannya dengan keterampilan berpikir kritis dan/atau kreatif. Artikel yang hanya membahas STEM atau PjBL secara umum tanpa konteks IPA, atau tidak menyinggung keterampilan berpikir tingkat tinggi, dieliminasi. Pada tahap eligibility, teks penuh artikel ditelaah untuk memastikan adanya laporan temuan empiris, baik kuantitatif, kualitatif, maupun campuran, yang relevan dengan tujuan kajian. Artikel konseptual murni, ulasan kebijakan tanpa data empiris, atau studi yang tidak menjelaskan desain pembelajaran serta indikator keterampilan berpikir kritis dan kreatif dikeluarkan pada tahap ini.

Setelah seluruh tahapan seleksi dilalui, sebanyak 11 artikel dinyatakan memenuhi kriteria inklusi dan dianalisis lebih lanjut. Kriteria inklusi meliputi: (1) artikel jurnal *peer-reviewed* yang terindeks pada basis data yang ditentukan; (2) fokus pada implementasi STEM–PjBL atau PjBL–STEM dalam pembelajaran IPA di jenjang pendidikan dasar atau menengah; (3) pelaporan temuan empiris terkait keterampilan berpikir kritis dan/atau kreatif siswa; dan (4) artikel ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris. Adapun kriteria eksklusi mencakup: (1) artikel konseptual tanpa data empiris; (2) studi yang membahas STEM atau PjBL di luar konteks pembelajaran IPA; (3) artikel yang tidak menjelaskan indikator atau

instrumen pengukuran keterampilan berpikir kritis dan kreatif; serta (4) dokumen non-jurnal, termasuk prosiding, laporan internal, dan *grey literature*.

Analisis data dilakukan menggunakan pendekatan analisis tematik untuk mengidentifikasi pola dan kecenderungan temuan antar studi. Pada tahap awal, penulis mengekstraksi informasi utama dari setiap artikel, meliputi konteks penelitian, jenjang pendidikan, desain dan tahapan pembelajaran STEM-PjBL, indikator keterampilan berpikir yang diukur, serta hasil utama yang dilaporkan. Selanjutnya, dilakukan proses coding untuk mengelompokkan temuan ke dalam tema-tema utama, yaitu: (1) kontribusi STEM-PjBL terhadap keterampilan berpikir kritis; (2) kontribusi STEM-PjBL terhadap keterampilan berpikir kreatif; (3) strategi dan bentuk evaluasi keterampilan berpikir dalam pembelajaran berbasis proyek; dan (4) bentuk pemanfaatan atau potensi integrasi teknologi *Deep Learning* dalam pembelajaran IPA.

Hasil *coding* kemudian disintesis secara naratif untuk menyoroti kesamaan, perbedaan, dan kecenderungan temuan antar studi, sekaligus mengidentifikasi celah penelitian yang masih terbuka. Meskipun penyajiannya bersifat deskriptif-naratif, kajian ini diposisikan sebagai *systematic literature review* karena seluruh tahapan pencarian, seleksi, dan analisis artikel dilakukan secara eksplisit, sistematis, dan terdokumentasi, sehingga memungkinkan untuk direplikasi oleh peneliti lain sesuai dengan prinsip PRISMA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Ringkasan artikel yang dianalisis

Berdasarkan prosedur seleksi yang telah dijelaskan pada bagian metode, sebanyak 11 artikel dinyatakan memenuhi kriteria inklusi dan dianalisis secara mendalam dalam kajian ini. Dari jumlah tersebut, tujuh artikel secara langsung mengkaji implementasi STEM-PjBL atau PjBL-STEM dalam pembelajaran IPA pada jenjang pendidikan dasar dan menengah. Sementara itu, empat artikel lainnya berperan sebagai sumber pendukung yang memberikan konteks teoretis dan empiris terkait integrasi STEM, pengembangan perangkat pembelajaran, atau tren penelitian STEM dalam pendidikan sains yang relevan dengan fokus kajian ini. Pembagian ini menunjukkan bahwa meskipun jumlah studi empiris yang secara langsung meneliti STEM-PjBL pada konteks IPA relatif terbatas, terdapat

dukungan literatur yang cukup untuk memperkaya analisis tematik secara konseptual.

Rangkuman karakteristik utama dan temuan pokok dari artikel yang secara langsung mengimplementasikan PjBL-STEM dalam pembelajaran IPA disajikan pada Tabel 1. Tabel tersebut memuat informasi mengenai model pembelajaran yang digunakan, keterampilan abad ke-21 yang menjadi fokus utama, serta temuan ringkas yang dilaporkan masing-masing studi. Adapun empat artikel pendukung (misalnya Li et al., 2020; Margot & Kettler, 2019; Nurhasnah et al., 2023; Sumanti & Suhandoko, 2025) tidak disajikan secara rinci dalam tabel karena tidak seluruhnya berfokus pada jenjang pendidikan dasar atau menengah maupun konteks pembelajaran IPA secara langsung. Meskipun demikian, artikel-artikel tersebut digunakan untuk memperkaya analisis tematik, khususnya dalam mengidentifikasi tren pemanfaatan teknologi dan implikasi integrasi STEM dalam pendidikan sains.

Tabel 1

Hasil analisis artikel mengenai penerapan pendekatan Project-Based Learning berbasis STEM (PjBL-STEM) dalam pembelajaran IPA

Penulis & Tahun	Judul (disingkat)	Model	Keterampilan abad 21 utama	Temuan utama ringkas
Ariowo (2024)	Efektivitas PjBL-STEM Meningkatkan Keterampilan Abad 21	PjBL-STEM	Berpikir kritis, kreatif	PjBL-STEM meningkatkan berpikir kritis dan kreatif siswa SMP.
Widiyatmoko & Darmawan (2023)	Implementasi STEM pada Pembelajaran IPA di Indonesia	PjBL, PBL, Discovery	Berpikir kreatif, penguasaan konsep	87,5% studi STEM IPA menggunakan PjBL; 34% fokus pada berpikir kreatif.
Herliantari (2024)	Efektivitas Integrasi STEM dalam Pembelajaran IPA	PjBL-STEM	Problem solving, berpikir kritis	Integrasi STEM efektif meningkatkan pemahaman konsep dan kemampuan <i>problem solving</i> .
Wicaksono (2020)	Penyelenggaraan Pembelajaran	PjBL-STEM	Kritis, kreativitas,	STEM membantu penerapan konsep IPA

Fajarwati et al. (2025)	IPA Berbasis STEM Inovasi IPA dengan STEM dan Pembelajaran Berdiferensiasi	STEM + diferensiasi	problem solving Motivasi, keterlibatan, kolaborasi	dalam isu energi terbarukan. STEM-diferensiasi meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa secara signifikan.
Muttaqiin (2023)	STEM dalam Pembelajaran IPA untuk Keterampilan Abad 21	Beragam (umum)	Berpikir tingkat tinggi, integrasi	STEM berkontribusi positif pada keterampilan abad 21 dan integrasi disiplin.
Kade et al. (2023)	Mengoptimalkan Literasi Sains dengan PjBL-STEM	PjBL-STEM	Literasi sains, percaya diri guru	PjBL-STEM efektif meningkatkan literasi sains siswa dan kepercayaan diri guru.

Hasil Deskriptif: Kontribusi STEM-PjBL terhadap Keterampilan Siswa

Secara deskriptif, hampir seluruh artikel yang mengimplementasikan STEM-PjBL melaporkan adanya peningkatan yang konsisten pada berbagai indikator keterampilan abad ke-21. Indikator yang paling dominan dilaporkan meliputi keterampilan berpikir kritis, berpikir kreatif, pemecahan masalah, literasi sains, serta peningkatan motivasi dan partisipasi aktif siswa dalam pembelajaran IPA. Proyek-proyek yang dikembangkan dalam studi-studi tersebut umumnya bersifat kontekstual dan berbasis permasalahan nyata, seperti pengelolaan limbah, pemanfaatan energi alternatif, dan isu konservasi lingkungan. Konteks proyek semacam ini mendorong siswa untuk mengaitkan konsep-konsep IPA dengan situasi kehidupan sehari-hari, sekaligus menumbuhkan rasa tanggung jawab dan kepemilikan terhadap proses belajar yang mereka jalani.

Beberapa artikel menekankan bahwa penggunaan proyek sebagai wahana utama pembelajaran memberikan ruang yang lebih luas bagi siswa untuk terlibat dalam aktivitas ilmiah yang autentik. Aktivitas tersebut meliputi merumuskan pertanyaan, mengembangkan dan menguji hipotesis, menganalisis data, serta merefleksikan hasil percobaan atau produk yang dihasilkan. Dampak dari aktivitas ini tercermin baik pada peningkatan skor tes keterampilan berpikir kritis dan kreatif, maupun pada indikator kualitatif seperti kemampuan siswa dalam

menjelaskan alasan ilmiah secara logis dan menghasilkan lebih banyak alternatif solusi. Selain itu, pembelajaran berbasis proyek juga dilaporkan berkontribusi terhadap peningkatan kepercayaan diri siswa dalam menyampaikan gagasan, berargumentasi secara ilmiah, dan bekerja sama secara efektif dengan teman sebaya dalam kelompok.

Hasil Deskriptif: Evaluasi dan Penilaian dalam STEM-PjBL

Artikel-artikel yang ditinjau menunjukkan bahwa praktik evaluasi dalam pembelajaran STEM-PjBL cenderung mengombinasikan penilaian terhadap produk dan proses belajar. Guru menggunakan berbagai teknik penilaian, seperti rubrik kinerja, portofolio, laporan proyek, presentasi hasil, serta observasi aktivitas siswa selama proses pembelajaran berlangsung. Pendekatan penilaian ini memungkinkan guru untuk menilai tidak hanya hasil akhir berupa produk proyek, tetapi juga proses berpikir dan keterlibatan siswa selama pelaksanaan proyek. Namun demikian, hasil kajian menunjukkan bahwa belum banyak studi yang mengembangkan atau menggunakan instrumen penilaian yang terstandar dan teruji secara psikometrik secara khusus untuk konteks STEM-PjBL dalam pembelajaran IPA. Akibatnya, indikator dan kriteria penilaian yang digunakan masih bervariasi antar penelitian, sehingga menyulitkan perbandingan hasil secara langsung.

Hasil Terkait Pemanfaatan Deep Learning

Berdasarkan analisis terhadap 11 artikel yang memenuhi kriteria inklusi, tidak ditemukan penelitian yang secara empiris mengimplementasikan arsitektur *Deep Learning*, seperti convolutional neural networks (CNN) atau recurrent neural networks (RNN), secara langsung dalam pembelajaran IPA berbasis STEM-PjBL pada jenjang pendidikan dasar atau menengah. Referensi mengenai *Deep Learning* dalam artikel-artikel tersebut umumnya muncul dalam konteks pembahasan tren pemanfaatan kecerdasan buatan dalam pendidikan secara umum, bukan sebagai bagian dari desain intervensi pembelajaran yang diuji di kelas IPA.

Meskipun demikian, beberapa artikel pendukung (misalnya Li et al., 2020; Herlita et al., 2023) mengindikasikan adanya peluang pemanfaatan analitik pembelajaran berbasis kecerdasan buatan untuk memonitor proses belajar dan memberikan umpan balik adaptif. Secara konseptual, temuan ini selaras dengan kebutuhan penilaian dalam pembelajaran STEM-PjBL yang bersifat kompleks dan berkelanjutan. Oleh karena itu, dalam kajian ini, teknologi *Deep Learning*

diposisikan sebagai potensi integratif yang masih bersifat prospektif dan memerlukan pengujian empiris lebih lanjut dalam konteks pembelajaran IPA di sekolah.

Pembahasan

Konsistensi dan Variasi Temuan Penelitian

Hasil kajian ini menunjukkan konsistensi temuan antar studi dalam menyimpulkan bahwa STEM-PjBL memberikan dampak positif terhadap pengembangan keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa dalam pembelajaran IPA. Konsistensi ini selaras dengan teori konstruktivisme dan pembelajaran berbasis pengalaman (*experiential learning*), yang menekankan bahwa pengetahuan dibangun secara aktif melalui keterlibatan langsung siswa dalam pemecahan masalah kontekstual. Dalam konteks STEM-PjBL, proyek berfungsi sebagai sarana bagi siswa untuk mengintegrasikan konsep lintas disiplin, sehingga mendorong proses analisis, sintesis, dan evaluasi yang menjadi inti dari berpikir tingkat tinggi.

Namun demikian, kajian ini juga menemukan adanya variasi yang cukup signifikan dalam desain pembelajaran, durasi intervensi, dan fokus keterampilan yang diukur. Beberapa penelitian menerapkan STEM-PjBL hanya dalam beberapa pertemuan, sementara penelitian lain mengintegrasikannya dalam satu unit pembelajaran atau tema penuh. Variasi ini berimplikasi pada perbedaan kedalaman dampak yang dihasilkan, terutama terhadap perubahan pola berpikir siswa. Temuan ini menunjukkan bahwa efektivitas STEM-PjBL sangat dipengaruhi oleh konsistensi implementasi dan kualitas desain proyek yang digunakan.

Keterbatasan Umum Penelitian STEM-PjBL

Analisis terhadap artikel-artikel yang di-*review* mengungkap sejumlah keterbatasan metodologis yang relatif serupa. Mayoritas penelitian menggunakan desain pra-eksperimen atau kuasi-eksperimen dengan jumlah sampel terbatas dan tanpa tindak lanjut jangka panjang. Kondisi ini menyebabkan dampak jangka panjang STEM-PjBL terhadap keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa belum terdokumentasi secara memadai. Selain itu, pengukuran keterampilan berpikir sering kali hanya dilakukan pada akhir intervensi melalui tes atau penilaian produk proyek, tanpa pemantauan proses belajar secara berkelanjutan.

Keterbatasan lain yang cukup menonjol adalah minimnya pelaporan mengenai validitas dan reliabilitas instrumen penilaian yang digunakan. Padahal, pengukuran keterampilan berpikir kritis dan kreatif menuntut instrumen yang sensitif terhadap proses dan konteks pembelajaran. Temuan ini menguatkan urgensi pengembangan instrumen penilaian yang lebih baku dan kontekstual untuk pembelajaran IPA berbasis STEM-PjBL.

Posisi dan Implikasi Integrasi Deep Learning

Tidak ditemukannya studi empiris yang mengintegrasikan *Deep Learning* secara langsung dalam pembelajaran IPA berbasis STEM-PjBL menunjukkan adanya research gap yang jelas. Pada satu sisi, kebutuhan akan sistem penilaian dan pemantauan proses belajar yang berkelanjutan dalam pembelajaran berbasis proyek semakin meningkat. Di sisi lain, potensi teknologi *Deep Learning* untuk mengotomatisasi analisis data belajar siswa belum dimanfaatkan secara optimal pada jenjang pendidikan dasar dan menengah.

Secara teoretis, pemanfaatan *Deep Learning* sejalan dengan konsep learning analytics dan assessment for learning, yang menekankan penggunaan data untuk mendukung pembelajaran adaptif. Dalam konteks STEM-PjBL, *Deep Learning* berpotensi membantu guru mengidentifikasi pola kesulitan siswa, memberikan umpan balik yang lebih personal, serta meningkatkan objektivitas penilaian proyek. Namun, realisasi potensi ini memerlukan kesiapan infrastruktur, peningkatan literasi digital pendidik, serta kebijakan yang jelas terkait keamanan dan privasi data peserta didik.

Kontribusi dan Keterbatasan Kajian

Kontribusi utama kajian ini terletak pada penyediaan sintesis sistematis mengenai implementasi STEM-PjBL dalam pembelajaran IPA dan kaitannya dengan pengembangan keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa, sekaligus memetakan peluang integrasi *Deep Learning* sebagai arah pengembangan inovatif. Dengan demikian, kajian ini mengisi research gap berupa kurangnya telaah terpadu yang mengaitkan pedagogi STEM-PjBL dengan potensi pemanfaatan kecerdasan buatan dalam konteks pendidikan sains di Indonesia.

Meskipun demikian, kajian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, basis data yang digunakan, meskipun mencakup sumber nasional dan internasional utama, masih memungkinkan adanya studi relevan di basis data lain yang belum

terjangkau. Kedua, dominasi artikel dari konteks Indonesia dan penggunaan bahasa Indonesia berpotensi menimbulkan bias konteks dan bahasa. Ketiga, fokus kajian dibatasi pada pembelajaran IPA di jenjang pendidikan dasar dan menengah, sehingga temuan tidak secara langsung merepresentasikan implementasi STEM-PjBL di pendidikan tinggi atau mata pelajaran lain. Keterbatasan ini perlu dipertimbangkan dalam interpretasi hasil dan menjadi peluang bagi penelitian selanjutnya.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil *systematic literature review* terhadap 11 artikel yang memenuhi kriteria inklusi, dapat disimpulkan bahwa implementasi STEM-PjBL dalam pembelajaran IPA secara konsisten memberikan kontribusi positif terhadap pengembangan keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa pada jenjang pendidikan dasar dan menengah. Kontribusi tersebut juga disertai dengan penguatan literasi sains, kemampuan pemecahan masalah, serta peningkatan motivasi dan keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran. Temuan ini menunjukkan bahwa desain pembelajaran berbasis proyek yang kontekstual dan multidisipliner mampu mendorong siswa untuk mengaitkan konsep IPA dengan permasalahan nyata, melakukan refleksi ilmiah, dan membangun pemahaman konseptual secara lebih bermakna.

Selain itu, kajian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi *Deep Learning* dalam pembelajaran IPA berbasis STEM-PjBL pada jenjang pendidikan dasar dan menengah masih sangat terbatas dan belum banyak diuji secara empiris. Dalam konteks penelitian ini, *Deep Learning* diposisikan sebagai potensi integratif yang prospektif untuk memperkuat implementasi STEM-PjBL, terutama dalam mendukung pemantauan proses belajar yang berkelanjutan, analisis data belajar yang kompleks, serta penyediaan umpan balik adaptif yang lebih personal dan berbasis data. Ketiadaan bukti empiris terkait integrasi tersebut menegaskan adanya *research gap* yang perlu dijawab melalui penelitian lanjutan.

Sejalan dengan temuan tersebut, penelitian selanjutnya disarankan untuk secara eksplisit menguji integrasi *Deep Learning* dalam desain pembelajaran IPA berbasis STEM-PjBL, misalnya melalui pengembangan sistem *learning analytics*, penilaian portofolio digital berbasis kecerdasan buatan, atau pemodelan data proses belajar siswa. Selain itu, diperlukan pengembangan instrumen penilaian yang lebih baku

dan valid untuk mengukur keterampilan berpikir kritis dan kreatif dalam konteks pembelajaran berbasis proyek, serta kajian longitudinal untuk menelaah dampak jangka panjang penerapan STEM-PjBL berbantuan teknologi pada berbagai jenjang pendidikan dan konteks sekolah yang beragam.

SARAN

Bagi praktisi pendidikan dan guru, pembelajaran IPA berbasis STEM-PjBL disarankan dirancang melalui proyek-proyek kontekstual yang terdokumentasi secara sistematis dalam bentuk digital, seperti portofolio elektronik, jurnal refleksi daring, atau dokumentasi proses eksperimen siswa. Pendekatan ini tidak hanya mempermudah guru dalam memantau perkembangan keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa secara berkelanjutan, tetapi juga menjadi fondasi awal bagi pemanfaatan data pembelajaran yang lebih lanjut, termasuk peluang integrasi dengan sistem analitik pembelajaran berbasis kecerdasan buatan pada tahap pengembangan berikutnya.

Bagi pembuat kebijakan dan pengelola pendidikan, diperlukan dukungan kebijakan yang mendorong penguatan kompetensi guru dalam merancang dan mengimplementasikan pembelajaran IPA berbasis STEM-PjBL secara berkelanjutan. Program pengembangan profesional guru perlu diarahkan tidak hanya pada aspek pedagogis STEM-PjBL, tetapi juga pada peningkatan literasi kecerdasan buatan, termasuk pemahaman dasar mengenai *Deep Learning*, pengelolaan data pembelajaran, serta isu etika dan perlindungan privasi peserta didik. Selain itu, penyediaan infrastruktur teknologi minimal, platform pembelajaran yang mendukung dokumentasi dan analitik data, serta insentif bagi inovasi pembelajaran IPA menjadi faktor penting untuk mendukung implementasi yang realistis dan merata di sekolah.

Bagi peneliti, penelitian selanjutnya disarankan mengarah pada studi empiris, seperti penelitian eksperimen atau design-based research, yang secara eksplisit menguji integrasi *Deep Learning* dalam pembelajaran IPA berbasis STEM-PjBL. Integrasi tersebut dapat difokuskan pada analisis aktivitas belajar siswa, penilaian portofolio digital, atau identifikasi pola kesulitan belajar selama proses proyek. Penelitian lanjutan perlu disertai evaluasi menyeluruh terhadap efektivitas pedagogis, kelayakan teknis, serta aspek etis penggunaan data pembelajaran, sehingga temuan yang dihasilkan dapat menjadi rujukan

implementasi STEM-PjBL berbantuan teknologi yang bertanggung jawab pada jenjang pendidikan dasar dan menengah.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustian, A., & Sanusi, W. (2024). Literature review: Implementasi strategi pembelajaran berbasis proyek (PBL) dalam konteks siswa abad ke-21. *Al-Ibanah*, 9(1), 45–56.
- Aini, M., Ridianingsih, D. S., & Yunitasari, I. (2022). Efektivitas model pembelajaran project based learning (PjBL) berbasis STEM terhadap keterampilan berpikir kritis siswa. *Jurnal Kiprah Pendidikan*, 1(4), 247–253.
- Ardiyansah, E., Rinto, R., & Fatnah, N. (2024). Pengaruh model PjBL-STEM menggunakan Algodoo terhadap pembelajaran IPA dalam peningkatan keterampilan berpikir kritis dan kreatif. *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, 13(2), 160–167.
- Aribowo, L. A. (2024). Literature review: Efektivitas PjBL-STEM dalam meningkatkan keterampilan abad ke-21 pada pembelajaran IPA di SMP. *Science Education and Development Journal Archives*, 2(2), 61–67.
- Bakirci, H., Kirici, M. G., & Kara, Y. (2022). The effectiveness of STEM-supported inquiry-based learning approach on conceptual understanding of seventh graders: Force and energy unit. *Journal of Science Learning*, 5(3), 452–468. <https://doi.org/10.17509/jsl.v5i3.46968>
- Çeliker, H. D. (2020). The effects of scenario-based STEM project design process with pre-service science teachers: 21st century skills, integrative STEM teaching intentions, and STEM attitudes. *Journal of Educational Issues*, 6(2), 451–477. <https://doi.org/10.5296/jei.v6i2.17373>
- Fajarwati, L., Nuryantini, A. Y., & Windayani, N. (2025). Inovasi pembelajaran IPA dengan pendekatan STEM pada materi pesawat sederhana melalui pembelajaran berdiferensiasi. *LENSA (Lentera Sains): Jurnal Pendidikan IPA*, 15(1), 9–16.
- Herliantari, H. (2024). Efektivitas integrasi STEM dalam pembelajaran IPA untuk meningkatkan keterampilan problem solving siswa SMP. *Jurnal Inovasi Guru Indonesia*, 1(2), 58–60.
- Herlita, F., Yamtinah, S., & Wati, I. K. (2023). The effect of the PjBL-STEM model on students' critical thinking ability in science learning. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 9(2), 192–202. <https://doi.org/10.21831/jipi.v9i2.56944>
- Kade, A., Ningsih, P., Mubarik, M., Zaki, M., Khair, F., & Amalia, M. (2023). Mengoptimalkan literasi sains melalui implementasi STEM-project based learning model dalam pembelajaran IPA. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Nusantara*, 4(4), 3770–3776.
- Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: A systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, 7, Article 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6>

- Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6(1), Article 2. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>
- Muttaqiin, A. (2023). Pendekatan STEM (science, technology, engineering, mathematics) pada pembelajaran IPA untuk melatih keterampilan abad ke-21. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 13(1), 34–45.
- Nurhasnah, N., Festiyed, F., & Yerimadesi, Y. (2023). A review analysis: Implementation of STEAM project-based learning in natural science learning. *Science Education Journal*, 7(1), 1–13. <https://doi.org/10.21070/sej.v7i1.1895>
- Ristiana, P. A. (2023). Independent curriculum learning management to improve students' literacy and numerical competence in schools. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 11(4), 946–963. <https://doi.org/10.46328/ijemst.3261>
- Siadah, K., Tobing, V. M. T. L., & Isman, S. (2024). Pengaruh penerapan model pembelajaran project based learning (PjBL) terintegrasi STEM terhadap kemampuan berpikir kritis dan kreativitas siswa. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(23), 883–897.
- Simatupang, K. H., Fauzi, M. A., & Dewi, I. (2023). The effect of project-based learning model with STEM approach on students' critical thinking skill in human excretion system. *Jurnal Pelita Pendidikan*, 11(4), 109–120.
- Sumanti, V., & Suhandoko, A. D. J. (2025). Pengembangan perangkat pembelajaran berbasis STEM–project based learning untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi siswa SD. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 6(1), 1–12.
- Suryani, Y. (2024). E-LKM berbasis PjBL terintegrasi etno-STEM pada materi IPA dalam menumbuhkan karakter peduli lingkungan mahasiswa. *Harmoni Media dan Metode dalam Pembelajaran IPA*, 99–108.
- Wicaksono, A. G. (2020). Penyelenggaraan pembelajaran IPA berbasis pendekatan STEM dalam menyongsong era revolusi industri 4.0. *LENSA (Lentera Sains): Jurnal Pendidikan IPA*, 10(1), 54–62.
- Widiyatmoko, A., & Darmawan, M. S. (2023). Implementasi STEM pada pembelajaran IPA di Indonesia: Review artikel tahun 2018–2023. Dalam *Prosiding Seminar Nasional IPA* (hlm. 45–52).
- Winarni, E. W., Karpudewan, M., Karyadi, B., & Gumono, G. (2022). Integrated PjBL-STEM in scientific literacy and environmental attitude for elementary school. *Asian Journal of Education and Training*, 8(2), 43–50. <https://doi.org/10.20448/edu.v8i2.3735>