

Systematic Literature Review Model PBL Untuk Penguatan Kemampuan STEM Pada Pembelajaran IPA SMP

Dhea Anggun Puspita Sari¹, Sri Wahyuni^{2*}, Sri Rejeki Dwi Astuti³, Siti Shofa Assyifa'ul Qulbi Barid⁴

Program Studi Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember, Jalan Kalimantan Nomor 37, Jember, Jawa Timur 68121, Indonesia

¹ dheaanggunpuspitasari417@gmail.com; ² sriwahyuni.fkip@unej.ac.id* ; ³ srirejeki.fkip@unej.ac.id;

⁴ sitishofa@unej.ac.id

ARTICLE HISTORY

Received: 2 December 2025

Revised: 22 January 2026

Accepted: 13 February 2026

ABSTRAK

Problem-Based Learning (PBL) adalah model pembelajaran yang mengarahkan peserta didik untuk mempelajari konsep melalui pemecahan masalah nyata yang disajikan di awal pembelajaran. Penelitian ini bertujuan mengkaji implementasi PBL dalam memperkuat kemampuan STEM pada pembelajaran IPA di tingkat SMP. Berdasarkan temuan empiris terkini, kajian ini menyoroti efektivitas PBL dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, kreativitas, kolaborasi, dan literasi sains dalam konteks pendidikan berbasis STEM. Penelitian menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) dengan panduan PRISMA. Artikel diidentifikasi melalui basis data nasional dan internasional, kemudian diseleksi menggunakan kriteria inklusi dan eksklusi. Studi yang membahas implementasi, tantangan, dan hasil penerapan PBL dalam pembelajaran IPA berbasis STEM di SMP dimasukkan, sedangkan karya konseptual dan non-empiris dikecualikan. Hasil kajian terhadap 20 artikel menunjukkan bahwa integrasi PBL berkontribusi signifikan terhadap penguatan keterampilan STEM siswa.. Empat tema utama ditemukan, yaitu kesesuaian PBL dengan kemampuan STEM seperti inkuiri, eksperimen, dan desain rekayasa; peran PBL dalam menumbuhkan kemampuan berpikir tingkat tinggi; dampak PBL terhadap kolaborasi dan komunikasi; serta tantangan implementasi terkait kesiapan guru, integrasi kurikulum, dan keterbatasan sumber daya. Secara keseluruhan, temuan menegaskan bahwa PBL merupakan model pedagogi yang efektif dalam mendukung pendidikan IPA berbasis STEM di SMP. Kajian ini terbatas pada cakupan basis data dan rentang waktu tertentu, sehingga kemungkinan terdapat studi relevan yang tidak tercakup. Penelitian lanjutan disarankan menggunakan studi longitudinal dan analisis komparatif lintas konteks. Kajian ini memberikan wawasan bagi guru, pengembang kurikulum, dan pembuat kebijakan untuk mengoptimalkan integrasi PBL melalui peningkatan kompetensi guru, penyediaan sumber belajar kontekstual, dan kolaborasi lintas disiplin.

Kata kunci: Pembelajaran IPA, pendidikan STEM, *problem-based learning*, SMP, *systematic literature review*

ABSTRACT

Systematic Literature Review of the PBL Model for Strengthening STEM Skills in Junior High School Science Learning. Problem-Based Learning (PBL) is an instructional model that guides students to understand concepts through solving real-world problems presented at the beginning of instruction. This study aims to examine the implementation of PBL in strengthening STEM ability in science learning at the junior high school level. Based on recent empirical evidence, this review highlights the effectiveness of PBL in improving critical thinking, problem-solving, creativity, collaboration, and scientific literacy within STEM-oriented education. The study employs a Systematic Literature Review (SLR) guided by PRISMA. Articles were identified through national and international databases and selected using clear inclusion and exclusion criteria. Studies focusing on the implementation, challenges, and outcomes of PBL in STEM-based science learning at the junior high school level were included, while conceptual and non-empirical works were excluded. The review of 20 articles indicated that the integration of PBL significantly contributes to the enhancement of students' STEM skills. Four main themes emerged: the alignment of PBL with STEM ability such as inquiry, experimentation, and engineering design; the role of PBL in fostering higher-order thinking and problem-solving; the impact of PBL on collaboration and communication in STEM projects; and implementation challenges related to teacher readiness, curriculum alignment, and limited resources. Overall, the results confirm that PBL is an effective pedagogical model for supporting STEM-based science education in junior high schools. This review is limited by its database scope and

time range, which may exclude relevant studies. Future research is recommended to employ longitudinal designs and cross-context comparisons. This study provides insights for teachers, curriculum developers, and policymakers to optimize PBL integration through professional development, contextual learning resources, and interdisciplinary collaboration.

Keywords: problem-based learning, junior high school, science learning, STEM education, systematic literature review

Pendahuluan

Pendidikan abad ke-21 menuntut adanya transformasi paradigma pembelajaran yang tidak hanya menekankan pada penguasaan konten, tetapi juga pada keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, kolaborasi, komunikasi, kreativitas, dan literasi teknologi. Transformasi ini sejalan dengan kebutuhan global akan sumber daya manusia yang memiliki kompetensi STEM yang kuat. Integrasi STEM dalam kurikulum sains, khususnya pada tingkat sekolah SMP, menjadi strategi penting dalam menyiapkan peserta didik menghadapi tantangan era revolusi industri 4.0 dan masyarakat 5.0 (Ilma *et al.*, 2023).

Salah satu pendekatan pedagogis yang terbukti efektif dalam mendukung penguatan kemampuan STEM adalah PBL. PBL menekankan pada penyajian masalah nyata sebagai stimulus pembelajaran, sehingga mendorong peserta didik untuk mengkonstruksi pengetahuan, mengembangkan keterampilan berpikir kritis, dan mempraktikkan kolaborasi dalam penyelesaian masalah Wahyuni *et al.*, (2023). Model ini sejalan dengan karakteristik pembelajaran STEM yang menuntut integrasi lintas disiplin ilmu, penerapan konsep ilmiah dalam konteks kehidupan nyata, serta pengembangan keterampilan inovasi (Cahyanti *et al.*, 2024).

Di Indonesia, penerapan PBL dalam konteks pembelajaran IPA berbasis STEM masih menghadapi berbagai tantangan, baik dari segi kesiapan guru, integrasi kurikulum, maupun ketersediaan sumber daya (Herliantari, 2024). Guru seringkali terbatas dalam merancang perangkat ajar yang mampu mengintegrasikan keempat komponen STEM sekaligus dalam satu model pembelajaran. Selain itu, kurikulum yang cenderung padat materi membuat guru kesulitan mengalokasikan waktu untuk implementasi PBL secara optimal (Hermanto *et al.*, 2024). Meski demikian, beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan PBL mampu meningkatkan kemampuan literasi sains, pemecahan masalah, serta motivasi belajar siswa dalam konteks STEM (Pranata *et al.*, 2023).

Urgensi penerapan PBL untuk penguatan STEM juga diperkuat oleh kebijakan nasional dalam Merdeka Belajar dan Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran berbasis proyek, kolaboratif, serta kontekstual. Hal ini memberi ruang yang lebih luas bagi guru IPA SMP untuk mengintegrasikan PBL dalam proses pembelajaran. Namun, efektivitas penerapannya masih bervariasi, tergantung pada kompetensi pedagogis guru, dukungan institusi sekolah, serta kesiapan peserta didik (Saragih, *et al.*, 2025). Oleh karena itu, kajian sistematis diperlukan untuk mengidentifikasi sejauh mana penelitian di Indonesia maupun internasional telah menelaah efektivitas model PBL dalam penguatan kompetensi STEM pada pembelajaran IPA SMP.

Model pembelajaran PBL dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang sistematis. (1) Mengorientasi peserta didik pada masalah, agar siswa terdorong memahami dan terlibat dalam permasalahan yang disajikan. (2) Mengorganisasi peserta didik untuk meneliti atau belajar, sehingga mereka mampu merencanakan langkah-langkah pemecahan masalah. (3) Membantu investigasi mandiri maupun kelompok, guna mendorong kolaborasi serta keterlibatan aktif siswa. (4) Mengembangkan dan menyajikan hasil karya atau artefak dalam bentuk *exhibit* sebagai wujud

nyata dari solusi yang ditemukan. (5) Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah, yang bertujuan untuk merefleksikan pengalaman belajar serta meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS) (Sanuaka *et al.*, 2022).

Metode *Systematic Literature Review* (SLR) menjadi penting dalam konteks ini karena memungkinkan peneliti untuk menyintesis berbagai hasil penelitian secara terstruktur, objektif, dan komprehensif. Melalui pendekatan SLR, penelitian ini berupaya mengumpulkan bukti empiris terkait dampak, tantangan, serta peluang implementasi PBL dalam pembelajaran IPA berbasis STEM di SMP. Beberapa penelitian terdahulu telah melakukan SLR pada topik serupa, misalnya Cahyanti *et al.*, (2024) yang meninjau implementasi STEM dalam pembelajaran sains, serta Ilma *et al.*, (2023) yang mengkaji tren penelitian STEM di Indonesia. Namun, kajian yang secara spesifik mengaitkan model PBL dengan penguatan kemampuan STEM dalam konteks pembelajaran IPA SMP masih terbatas.

Hasil-hasil awal menunjukkan bahwa PBL berkontribusi pada empat aspek utama dalam penguatan STEM: (1) peningkatan kemampuan inkuiri ilmiah, (2) penguatan keterampilan pemecahan masalah berbasis eksperimen dan rekayasa, (3) peningkatan kolaborasi dan komunikasi dalam tim, serta (4) peningkatan motivasi dan sikap positif terhadap sains (Illah & Susetyarini, 2024). Namun, terdapat pula catatan mengenai hambatan implementasi, seperti keterbatasan fasilitas laboratorium, kesiapan guru dalam merancang masalah autentik, serta kurangnya pelatihan profesional berkelanjutan (Putra & Maheswara, 2024).

Dengan demikian, penelitian ini berangkat dari kebutuhan untuk menyusun gambaran komprehensif mengenai bagaimana PBL dapat menjadi model pembelajaran yang efektif dalam memperkuat kemampuan STEM pada pembelajaran IPA SMP. Melalui SLR, penelitian ini berupaya menjawab pertanyaan berikut: (1) Bagaimana tren penelitian mengenai PBL dan STEM pada pembelajaran IPA SMP dalam lima tahun terakhir? (2) Apa saja dampak positif PBL terhadap penguatan kompetensi STEM siswa SMP? (3) Tantangan apa saja yang dihadapi dalam implementasi PBL-STEM, dan bagaimana strategi solusinya?

Dari sisi teoritis, penelitian ini memperkaya literatur mengenai hubungan antara model PBL dan pendidikan STEM, khususnya dalam konteks pembelajaran IPA SMP. Dari sisi praktis, penelitian ini memberikan rekomendasi bagi guru, pengembang kurikulum, dan pembuat kebijakan pendidikan untuk mendesain strategi pembelajaran yang lebih inovatif dan kontekstual. Pada akhirnya, hasil penelitian ini dapat mendukung pencapaian tujuan pendidikan nasional dalam membentuk generasi yang adaptif, kreatif, dan siap menghadapi tantangan global.

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) dengan mengacu pada panduan PRISMA. Metode ini dipilih untuk memperoleh gambaran komprehensif mengenai implementasi model PBL dalam penguatan kompetensi STEM pada pembelajaran IPA di tingkat SMP. Desain penelitian berupa kajian literatur sistematis yang bertujuan mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis hasil-hasil penelitian terdahulu yang relevan. Kajian ini mengintegrasikan berbagai sumber ilmiah, baik dari jurnal nasional terindeks SINTA, jurnal internasional bereputasi (Scopus, *Web of Science*), maupun prosiding seminar yang dapat diakses melalui basis data terbuka.

Data penelitian diperoleh dari beberapa basis data daring yang kredibel, yaitu SINTA, Garuda Ristekdikti, dan *Google Scholar* untuk sumber nasional, serta Scopus, *Web of Science*,

ERIC, dan ResearchGate untuk sumber internasional. Selain itu, artikel tambahan ditelusuri menggunakan *snowballing technique* dengan memanfaatkan daftar pustaka dari penelitian relevan. Untuk menjamin kualitas dan relevansi, ditetapkan kriteria inklusi dan eksklusi. Artikel yang dipilih merupakan penelitian empiris atau *systematic review* yang terbit antara tahun 2021–2025, membahas model PBL dalam konteks pembelajaran IPA SMP dengan fokus pada penguatan kompetensi STEM, terbit di jurnal nasional terakreditasi SINTA atau jurnal internasional bereputasi (Scopus Q1–Q4), tersedia dalam bentuk *full-text*, dan ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris. Sementara itu, artikel konseptual murni tanpa data empiris, penelitian di luar konteks IPA atau STEM, artikel duplikat dari basis data berbeda, serta laporan tesis atau skripsi yang tidak dipublikasikan tidak dimasukkan dalam kajian.

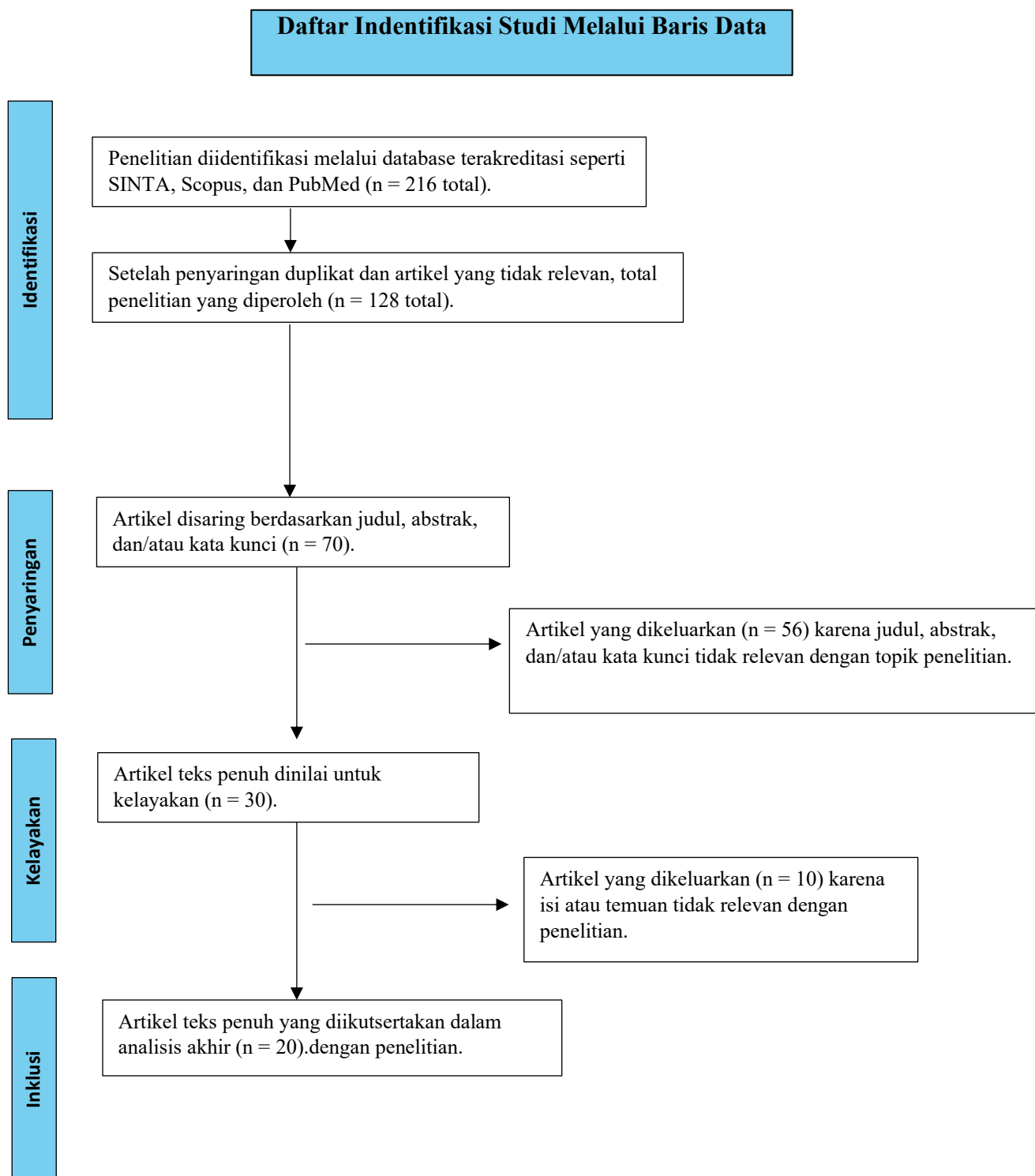
Proses pencarian menggunakan kombinasi kata kunci seperti “*Problem-Based Learning*”, “*PBL*”, “*STEM Education*”, “*Science Learning*”, “*SMP*”, “*Systematic Review*”, dan “*Indonesia*”, yang disesuaikan dengan operator *Boolean* (*AND*, *OR*) sesuai standar tiap basis data. Selanjutnya, seleksi artikel mengikuti alur PRISMA dengan empat tahap. Tahap identifikasi menghasilkan 216 artikel. Setelah melalui penyaringan (*screening*) berdasarkan abstrak, sebanyak 128 artikel dieliminasi karena tidak relevan. Pada tahap kelayakan (*eligibility*), 56 artikel diperiksa lebih lanjut dengan menggunakan kriteria inklusi dan eksklusi. Akhirnya, tahap inklusi (*included studies*) menghasilkan 20 artikel yang layak untuk dianalisis lebih mendalam.

Hasil proses seleksi artikel dalam penelitian ini digambarkan secara sistematis melalui diagram alur PRISMA yang ditunjukkan pada Gambar 1. Diagram ini digunakan untuk memperjelas alur seleksi literatur sekaligus menunjukkan konsistensi penerapan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) sesuai dengan panduan PRISMA. Diagram alur PRISMA tersebut menampilkan secara ringkas namun sistematis jumlah artikel pada setiap tahapan seleksi, mulai dari tahap identifikasi hingga tahap inklusi. Informasi yang disajikan mencerminkan proses pengambilan keputusan yang dilakukan peneliti dalam menentukan artikel yang layak dianalisis, termasuk tahapan eliminasi artikel pada proses penyaringan dan evaluasi kelayakan.

Dengan adanya penyajian diagram PRISMA ini, proses seleksi literatur menjadi lebih transparan, sistematis, dan mudah ditelusuri, sehingga pembaca dapat memahami secara jelas dasar pemilihan artikel yang digunakan dalam kajian ini. Diagram tersebut membantu menggambarkan alur pengambilan keputusan peneliti pada setiap tahap seleksi, mulai dari identifikasi hingga inklusi, serta menunjukkan konsistensi penerapan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Selain itu, diagram PRISMA berfungsi sebagai bukti bahwa proses seleksi artikel dilakukan secara terstruktur, akuntabel, dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah, sesuai dengan standar metodologi kajian literatur sistematis yang diakui secara internasional.

Teknik analisis data dalam penelitian ini dilakukan secara kualitatif melalui beberapa tahapan. Pertama, dilakukan ekstraksi data, di mana setiap artikel dikodekan berdasarkan identitas penulis, tahun publikasi, nama jurnal, tujuan penelitian, metode, sampel, konteks pendidikan, serta hasil utama yang diperoleh. Selanjutnya, dilakukan kategorisasi dengan mengelompokkan temuan penelitian ke dalam tema-tema besar, yaitu efektivitas PBL dalam penguatan kompetensi STEM, dampak PBL terhadap keterampilan abad ke-21 (*critical thinking, problem-solving, collaboration, dan creativity*), tantangan implementasi PBL-STEM pada pembelajaran IPA SMP, serta strategi dan rekomendasi pengembangan. Tahap berikutnya adalah sintesis temuan yang dilakukan menggunakan teknik *thematic synthesis* untuk mengidentifikasi pola-pola utama, menemukan kesenjangan penelitian, serta merumuskan implikasi teoretis maupun praktis bagi pengembangan model PBL-STEM dalam pembelajaran IPA di tingkat SMP.

Hasil sintesis tersebut selanjutnya disajikan secara deskriptif-analitis untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai kecenderungan temuan penelitian dan arah pengembangan PBL-STEM yang relevan dengan konteks pembelajaran IPA SMP.



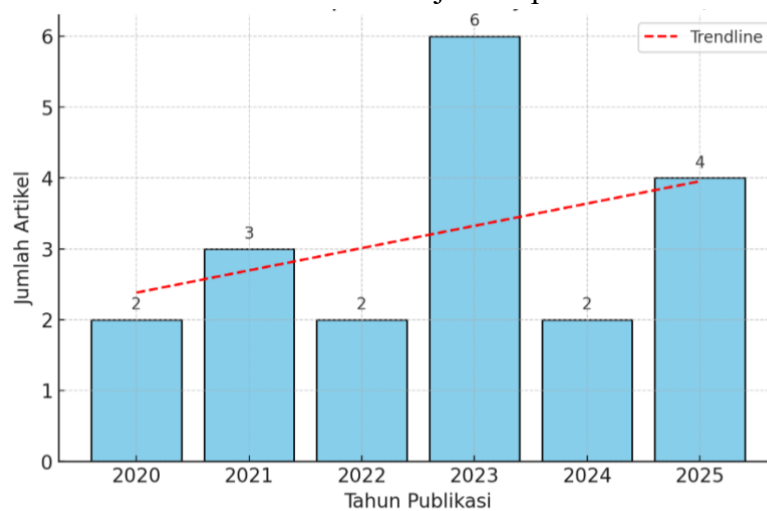
Gambar 1. Alur Penyaringan Kerangka PRISMA

Hasil dan Pembahasan

Hasil tinjauan sistematis terhadap 20 artikel nasional dan internasional yang dipublikasikan pada rentang tahun 2021–2025 menunjukkan tren yang meningkat terkait

implementasi PBL yang diintegrasikan dengan pendekatan STEM dalam pembelajaran sains, khususnya pada mata pelajaran IPA tingkat SMP. Pemilihan periode waktu lima tahun terakhir bertujuan untuk menangkap perkembangan mutakhir yang relevan dengan konteks pendidikan di Indonesia, terutama setelah diberlakukannya Kurikulum Merdeka.

Secara umum, penelitian tentang STEM di Indonesia masih didominasi oleh jenjang SMA. Widiyatmoko & Darmawan, (2023) menemukan bahwa dari 48 artikel yang mereka telaah, sebagian besar implementasi STEM dilakukan di SMA (48%), sementara pada SMP persentasenya jauh lebih rendah. Hal ini menunjukkan adanya *research gap* yang signifikan, sebab jenjang SMP merupakan fase penting dalam membangun keterampilan berpikir tingkat tinggi dan literasi sains. Meski demikian, beberapa penelitian terbaru mulai memberi perhatian khusus pada konteks SMP, misalnya Nurhayati *et al.*, (2024) yang menelaah literasi sains siswa SMP melalui penerapan model PBL dalam pembelajaran IPA. Sebaran dan perkembangan jumlah artikel penelitian tersebut secara visual ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Distribusi Artikel PBL STEM Pada Pembelajaran IPA SMP (2021-2025)

Gambar 2 menggambarkan sebaran artikel penelitian mengenai penerapan PBL terintegrasi STEM pada pembelajaran IPA SMP selama periode 2021–2025. Distribusi tersebut menunjukkan bahwa jumlah penelitian masih relatif terbatas dan belum merata pada setiap tahun, meskipun terdapat kecenderungan peningkatan pada tahun-tahun terakhir. Temuan ini mengindikasikan bahwa kajian PBL-STEM pada jenjang SMP masih memiliki peluang besar untuk dikembangkan melalui penelitian lanjutan guna memperkuat penerapan pembelajaran IPA berbasis STEM. Kondisi ini sekaligus mencerminkan bahwa integrasi PBL dan STEM pada pembelajaran IPA SMP masih berada pada tahap awal pengembangan dan belum menjadi arus utama dalam praktik maupun penelitian pendidikan sains.

Dari segi model pembelajaran, PjBL masih lebih dominan digunakan (87,5%) dibandingkan PBL (8,3%) Widiyatmoko & Darmawan, (2023). Namun, meskipun porsinya kecil, PBL secara konsisten dilaporkan efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis, literasi sains, dan pemecahan masalah Anggraeni *et al.*, (2023); Nurhayati *et al.*, (2024). Temuan-temuan tersebut memperkuat argumentasi bahwa PBL memiliki potensi strategis untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai alternatif model pembelajaran STEM yang kontekstual dan relevan bagi karakteristik peserta didik SMP. Ringkasan karakteristik dan

temuan utama dari 20 artikel yang dikaji dalam penelitian ini disajikan secara sistematis pada Tabel 1.

Tabel 1. *Literature Review* 20 Artikel

No	Indeks	Penulis	Tujuan	Hasil
1	Q1	McLure <i>et al.</i> , (2023)	Menganalisis karakteristik STEM projects pada SMP dan SMA serta sejauh mana mencerminkan karakteristik STEM efektif	Menemukan dominasi integrasi bidang <i>Engineering and Science</i> , namun keterkaitan konteks siswa masih lemah dan kurang detail dalam integrasi keterampilan STEM
2	Q1	Portillo-Blanco <i>et al.</i> , (2023)	Menganalisis prinsip dan karakteristik pendidikan STEM/STEAM dalam literatur	Ditemukan konsensus pada <i>prinsip integration, inquiry, design, teamwork, real-world problems</i> ; namun masih ada perbedaan tafsir konseptual
3	Q1	Al-Kamzari & Alias, (2023)	Mengidentifikasi landasan teori, prinsip desain, dan implementasi PjBL di fisika menengah	85% studi tidak bahas landasan teori; sebagian mengintegrasikan elemen penuh PjBL; mayoritas efektif tingkatkan keterampilan 4C siswa
4	Q1	Zhang & Ma, (2023)	Menilai efektivitas PjBL terhadap hasil belajar siswa dengan meta-analisis 66 studi	PjBL signifikan meningkatkan hasil akademik, sikap, dan keterampilan berpikir; lebih efektif di Asia Tenggara, kelompok kecil, dan periode 9–18 minggu
5	Q2	Merritt <i>et al.</i> , (2021)	Menilai efektivitas PBL pada K–8 dalam matematika dan sains	PBL efektif meningkatkan pencapaian akademik IPA, retensi pengetahuan, dan sikap positif siswa meskipun definisi PBL masih bervariasi
6	Q1	Simamora, (2024)	Meninjau hubungan STEM dan PjBL dalam satu dekade terakhir	STEM-PjBL efektif tingkatkan keterampilan abad 21, terutama kreativitas, kolaborasi, dan <i>problem solving</i> ; paling banyak diteliti di AS, tapi juga berkembang di Asia
7	Q2	Chistyakov <i>et al.</i> , (2023)	Mengkaji efektivitas PjBL pada sains dan STEAM	PjBL terbukti meningkatkan hasil belajar IPA, melatih berpikir kritis, dan meningkatkan motivasi belajar
8	Q1	Anggraeni <i>et al.</i> , (2023)	Meninjau peran PBL dalam melatih keterampilan berpikir kritis	PBL efektif menumbuhkan <i>critical thinking</i> di berbagai negara Asia, dengan Indonesia paling banyak kontribusi
9	Q1	Suciana & Sausan, (2023)	Menganalisis pengaruh PBL terintegrasi STEM pada hasil belajar	PBL-STEM berpengaruh signifikan (<i>effect size</i> = 1,28, kategori tinggi) terhadap hasil belajar di berbagai jenjang dan mata pelajaran
10	Q1	Cao <i>et al.</i> , (2025)	Mengkaji dampak pendidikan STEM terhadap hasil belajar	STEM berdampak moderat terhadap hasil belajar, paling kuat di SMA pada ranah kognitif; pengaruh dipengaruhi level akademik, durasi eksperimen, dan metode ajar
11	Nasional (SINTA 4)	Dina, (2025)	Mendeskripsikan pembelajaran matematika berbasis STEAM yang terintegrasi pada SD–SMA	Strategi pembelajaran STEAM meningkatkan keterampilan siswa, meski ada tantangan internal dan eksternal yang memerlukan perencanaan matang dan pelatihan guru.
12	Nasional (SINTA 2)	Saragih <i>et al.</i> , (2025)	Mengaji pembelajaran Biologi terintegrasi STEM dengan model PBL dan PjBL	Integrasi STEM mendukung 4C skills, mengoptimalkan hasil belajar, dan mengatasi masalah pembelajaran Biologi berbasis fenomena nyata.
13	Nasional (SINTA 5)	Nurhayati <i>et al.</i> , (2024)	Menganalisis PBL untuk meningkatkan literasi sains siswa SMP	PBL efektif meningkatkan literasi sains baik secara langsung maupun melalui integrasi dengan pendekatan lain.
14	Nasional (SINTA 1)	Widiyatmoko & Darmawan, (2023)	Mereview implementasi STEM IPA di Indonesia	STEM dominan menggunakan PjBL (87,5%), PBL (8,3%). Paling banyak di

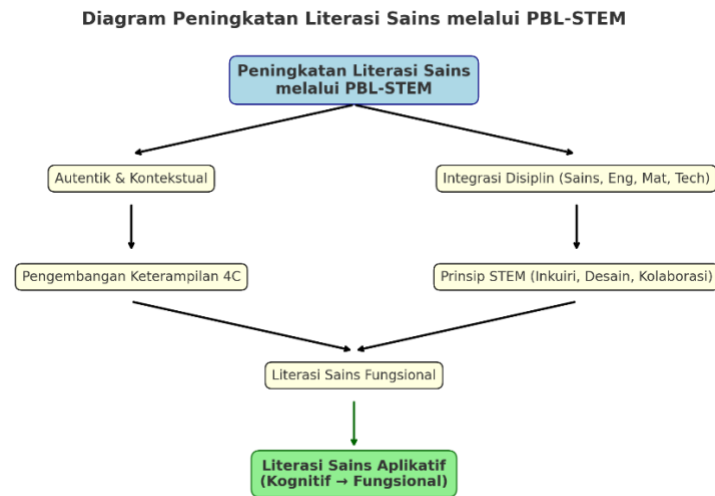
No	Indeks	Penulis	Tujuan	Hasil
15	Q1	Anggraeni <i>et al.</i> , (2023)	Mereview efektivitas PBL dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis	SMA (48%). Variabel dominan: berpikir kreatif (34%). PBL terbukti efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis. Penelitian dominan di Asia, termasuk Indonesia, menggunakan metode kuantitatif.
16	Nasional (SINTA 3)	Thovawira <i>et al.</i> , (2023)	Menganalisis manfaat dan tantangan implementasi STEM di Indonesia	STEM efektif meningkatkan berpikir kreatif, literasi matematis, dan robotika. Tantangan: kesiapan guru, sarana, serta adaptasi kurikulum.
17	Nasional (SINTA 2)	Pranata <i>et al.</i> , (2023)	Mereview strategi penerapan STEM dalam pembelajaran sains	STEM mampu meningkatkan hasil belajar, kreativitas, dan motivasi siswa melalui strategi inovatif.
18	Nasional (SINTA 2)	Cahyanti <i>et al.</i> , (2024)	Menganalisis implementasi STEM di SMA Indonesia	STEM berdampak positif pada hasil belajar dan motivasi, namun masih ada hambatan berupa fasilitas, pelatihan guru, dan kesenjangan akses teknologi.
19	Nasional (SINTA 2)	Ilma <i>et al.</i> , (2023)	Mengaji tren penelitian STEM/STEAM di Indonesia	PBL, PjBL, dan <i>Inquiry</i> dominan digunakan. Tema utama: berpikir kritis, literasi sains, hasil belajar. Masih perlu riset empiris untuk STEAM.
20	Q1	Smith <i>et al.</i> , (2022)	Mengidentifikasi prinsip utama PBL dalam pendidikan STEM berbasis riset dan masukan pakar	Menemukan prinsip PBL-STEM: masalah autentik, inkuiri berkelanjutan, kontekstualitas, pilihan siswa, produk publik, dan refleksi; prinsip ini efektif memperkuat literasi sains dan keterampilan 4C.

1. Peningkatan Literasi Sains melalui Integrasi PBL-STEM

Salah satu manfaat paling konsisten dari penerapan PBL-STEM adalah peningkatan literasi sains siswa. Nurhayati *et al.*, (2024) menunjukkan bahwa penggunaan model PBL dalam pembelajaran IPA SMP berkontribusi signifikan terhadap literasi sains, karena menempatkan siswa pada situasi pemecahan masalah nyata yang relevan dengan fenomena sehari-hari. Hal ini menjadikan konsep IPA tidak hanya dipelajari secara abstrak, tetapi juga diaplikasikan secara kontekstual. Hasil serupa ditunjukkan Ilma *et al.*, (2023), yang menekankan bahwa integrasi PBL dengan STEM memperkuat pemahaman konsep ilmiah sekaligus keterampilan penerapan dalam menyelesaikan masalah dunia nyata. Proses peningkatan literasi sains melalui penerapan PBL-STEM tersebut secara konseptual ditunjukkan pada Gambar 3.

Gambar 3 menunjukkan bahwa proses peningkatan literasi sains melalui PBL-STEM dimulai dari pembelajaran autentik yang mengintegrasikan berbagai disiplin STEM. Siswa dihadapkan pada masalah nyata sehingga konsep IPA dipelajari secara kontekstual dan saling terhubung. Pendekatan ini mendorong berkembangnya keterampilan 4C, yaitu berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi, melalui penerapan prinsip STEM seperti inkuiri dan pemecahan masalah. McLure *et al.*, (2023) menemukan bahwa mayoritas proyek STEM menekankan integrasi bidang sains dan rekayasa, tetapi keterkaitan dengan konteks kehidupan siswa masih lemah. Portillo-Blanco *et al.*, (2023) memperkuat argumen ini dengan menunjukkan adanya konsensus global mengenai prinsip utama pendidikan STEM, yaitu integrasi, inkuiri, desain, kerja sama tim, dan pemecahan masalah dunia nyata. Prinsip-prinsip

inilah yang sebenarnya menjadi fondasi literasi sains fungsional karena menuntut siswa untuk berpikir kritis, bekerja sama, dan menghubungkan konsep ilmiah dengan solusi praktis.



Gambar 3. Diagram peningkatan literasi sains melalui PBL-STEM

Sementara itu, kajian Al-Kamzari & Alias, (2023) yang menelaah implementasi PjBL dalam fisika menengah menegaskan bahwa penerapan prinsip desain yang konsisten terutama melalui *scaffolding* dan penggunaan masalah autentik sangat efektif dalam meningkatkan keterampilan 4C (*critical thinking, creativity, collaboration, communication*). Peningkatan 4C ini merupakan prasyarat literasi sains modern, karena siswa bukan hanya memahami konsep, tetapi juga mampu mengkomunikasikan, mengevaluasi, dan mencipta solusi berbasis sains.

Literasi sains berkembang optimal ketika PBL-STEM dirancang berbasis masalah autentik, mengintegrasikan berbagai disiplin, serta memberi ruang bagi pengembangan keterampilan abad ke-21. Tantangan yang masih tersisa adalah memastikan keterhubungan konteks pembelajaran dengan kehidupan nyata siswa, agar literasi sains tidak berhenti pada level kognitif, melainkan bertransformasi menjadi keterampilan aplikatif yang berguna dalam kehidupan sehari-hari.

2. Pengembangan Keterampilan 4C (*Critical Thinking, Creativity, Collaboration, Communication*)

Model PBL-STEM terbukti memberikan kontribusi signifikan terhadap penguatan keterampilan abad ke-21 yang dikenal dengan istilah 4C: *critical thinking, creativity, collaboration, dan communication*. Penelitian yang dilakukan oleh Saragih, *et al.*, (2025) menunjukkan bahwa integrasi STEM dengan PBL dalam pembelajaran biologi mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi siswa. Dalam studi tersebut, siswa tidak hanya mempelajari konsep, tetapi juga ditantang untuk mengidentifikasi masalah nyata, mengajukan pertanyaan investigatif, serta bekerja dalam tim untuk merumuskan solusi. Proses ini menumbuhkan keterampilan analitis sekaligus sosial yang relevan dengan kebutuhan abad ke-21. Selain itu, Anggraeni *et al.*, (2023) melalui *systematic review* menemukan bahwa PBL secara konsisten mendorong siswa mengembangkan kemampuan berpikir kritis. Hal ini tercermin dari kemampuan siswa dalam menganalisis masalah, mengevaluasi alternatif solusi, hingga menciptakan gagasan inovatif. Pendekatan STEM dalam PBL menekankan

penyelidikan kolaboratif, sehingga siswa aktif sebagai pemecah masalah, bukan sekadar penerima pengetahuan.

Dukungan lebih lanjut datang dari Zhang & Ma, (2023) melalui meta-analisis 66 studi, yang menunjukkan bahwa PBL memiliki dampak signifikan terhadap hasil belajar, sikap, dan keterampilan berpikir siswa. Efektivitas PBL paling tinggi terlihat di Asia Tenggara, termasuk Indonesia, terutama pada kelas kecil dengan durasi pembelajaran 9–18 minggu. Temuan ini menegaskan potensi implementasi PBL-STEM di SMP Indonesia untuk mengembangkan keterampilan 4C secara optimal. Temuan ini sejalan dengan kajian klasik oleh Merritt *et al.*, (2021) pada jenjang K–8 (SD–SMP), yang menunjukkan bahwa PBL efektif dalam meningkatkan capaian akademik IPA, retensi pengetahuan, serta sikap positif siswa. Meskipun terdapat variasi definisi PBL di berbagai penelitian, konsistensi hasil menunjukkan bahwa model ini membantu siswa membangun pemahaman konseptual sekaligus keterampilan kolaborasi dan komunikasi.

Berdasarkan temuan tersebut, PBL-STEM efektif sebagai kerangka pedagogis untuk menumbuhkan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi siswa. Integrasi masalah nyata, kerja tim, dan proses penyelidikan ilmiah menjadikan pembelajaran tidak hanya meningkatkan pengetahuan akademik, tetapi juga membekali siswa dengan kompetensi esensial abad ke-21. Tantangan utama yang perlu diperhatikan adalah bagaimana pendidik merancang skenario pembelajaran yang otentik, berjangka menengah, dan berbasis kolaborasi agar hasil yang diperoleh lebih konsisten dan berkelanjutan.

3. Penguatan Pemecahan Masalah dan Inovasi Pembelajaran IPA SMP

Salah satu keunggulan utama penerapan PBL-STEM dalam pembelajaran IPA SMP adalah kemampuannya memperkuat keterampilan pemecahan masalah (*problem solving skills*) sekaligus mendorong inovasi dalam pembelajaran. Model ini tidak hanya berfokus pada pemahaman konsep, tetapi juga menempatkan siswa sebagai agen aktif dalam menemukan, merancang, dan menguji solusi terhadap permasalahan nyata yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari. Penerapan PBL berbasis STEM di kelas IPA SMP meningkatkan kemampuan siswa dalam merumuskan masalah, mengembangkan hipotesis, serta melakukan eksperimen untuk menguji solusi. Hal ini memperlihatkan bahwa PBL-STEM membekali siswa dengan keterampilan ilmiah dan logis yang diperlukan untuk menghadapi tantangan nyata. Penggunaan proyek berbasis masalah dalam konteks IPA mampu meningkatkan inovasi pembelajaran karena guru terdorong untuk mendesain aktivitas yang kontekstual, terintegrasi, dan kolaboratif.

Kajian literatur menunjukkan bahwa penerapan PBL atau project-based learning (PjBL) di bidang IPA dan fisika tingkat menengah efektif dalam meningkatkan keterampilan 4C, terutama pemecahan masalah (Al-Kamzari & Alias, 2023). Namun, studi ini juga menyoroti perlunya penguatan landasan teori dalam desain pembelajaran agar inovasi tidak sekadar praktis, tetapi juga memiliki pijakan akademik yang kokoh. Selaras dengan prinsip tersebut, integrasi STEM dalam PBL efektif bila menekankan masalah dunia nyata, proses desain, kerja tim, dan penyelidikan (*inquiry*), sehingga siswa tidak hanya memahami materi, tetapi juga menggunakannya untuk menciptakan solusi kontekstual (Portillo-Blanco *et al.*, (2023).

Meskipun integrasi disiplin STEM, khususnya bidang Engineering dan Science, sudah mendominasi praktik PBL di SMP dan SMA, konteks yang relevan dengan kehidupan siswa masih perlu diperkuat agar pembelajaran lebih bermakna (McLure *et al.*, 2023). Tren global menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek mendorong siswa mengembangkan keterampilan pemecahan masalah yang lebih kompleks, dan hal ini mulai berkembang di Asia, termasuk Indonesia (Simamora, 2024). Kondisi ini menjadi peluang bagi guru untuk menghadirkan permasalahan autentik yang dekat dengan pengalaman siswa, seperti isu lingkungan, energi, atau kesehatan, sambil menjaga integrasi antar-disiplin STEM secara seimbang.

Dengan demikian, PBL-STEM berperan penting tidak hanya dalam memperkuat keterampilan pemecahan masalah siswa, tetapi juga mendorong inovasi pedagogis dalam pembelajaran IPA SMP. Tantangan utama adalah bagaimana guru merancang konteks permasalahan yang otentik dan adaptif, serta bagaimana pengembangan profesional guru dan kolaborasi antar-peneliti dapat mendukung penciptaan model pembelajaran yang inovatif, relevan, dan sesuai dengan tuntutan abad ke-21.

4. Penguatan Motivasi Belajar dan Sikap Positif terhadap Sains melalui PBL-STEM

Selain meningkatkan literasi sains, keterampilan 4C, dan kemampuan pemecahan masalah, PBL-STEM juga berperan penting dalam menumbuhkan motivasi belajar dan sikap positif siswa terhadap sains. Motivasi dan sikap merupakan faktor afektif yang memengaruhi keberhasilan pembelajaran IPA di tingkat SMP. Siswa yang memiliki rasa ingin tahu tinggi, minat terhadap sains, dan keyakinan akan kemampuan mereka cenderung lebih terlibat secara kognitif dan menunjukkan performa akademik yang lebih baik. Penerapan PBL-STEM berbasis proyek lingkungan, misalnya pengelolaan sampah dan energi terbarukan, mampu meningkatkan motivasi intrinsik siswa. Siswa merasakan pembelajaran lebih bermakna karena mereka mengerjakan proyek nyata yang relevan dengan kehidupan sehari-hari, sehingga melihat hubungan langsung antara konsep IPA dengan solusi yang dapat mereka kontribusikan pada lingkungan. Pendekatan ini juga menciptakan suasana kolaboratif yang mendorong siswa lebih aktif, percaya diri, dan terbuka terhadap ide baru (Simamora, 2024).

Meta-analisis Zhang & Ma, (2023) menunjukkan bahwa PBL tidak hanya meningkatkan keterampilan akademik, tetapi juga secara konsisten memperkuat motivasi belajar dan sikap positif siswa. Efek ini paling signifikan terlihat di Asia Tenggara, termasuk Indonesia, di mana konteks budaya mendukung kerja kelompok dan pembelajaran berbasis komunitas. Selain itu, integrasi STEM dengan PBL meningkatkan keterlibatan (*engagement*) siswa secara kognitif dan afektif, membuat mereka lebih gigih dalam menyelesaikan tugas, percaya diri menghadapi tantangan, dan memiliki minat jangka panjang untuk mengeksplorasi bidang STEM (Simamora, (2024). Hal ini penting untuk memperkuat keberlanjutan pendidikan STEM di tingkat SMP menuju jenjang pendidikan berikutnya.

Dengan demikian, PBL-STEM secara konsisten meningkatkan motivasi belajar dan sikap positif terhadap sains pada siswa SMP. Melalui konteks masalah nyata dan proyek kolaboratif, siswa merasakan manfaat langsung dari pengetahuan sains, yang mendorong mereka untuk lebih termotivasi dan mengembangkan sikap ilmiah yang konstruktif. Tantangan utama adalah menyediakan lingkungan belajar yang kondusif, termasuk fasilitas, sumber daya,

dan pelatihan guru agar proyek dapat dirancang menantang sekaligus menyenangkan bagi siswa.

5. Tantangan dan Implikasi Implementasi PBL-STEM di SMP

Meskipun PBL-STEM terbukti efektif dalam meningkatkan literasi sains, keterampilan 4C, kemampuan pemecahan masalah, serta motivasi belajar siswa (Simamora, 2024; Zhang & Ma, 2023), implementasinya di SMP menghadapi beberapa tantangan. Secara pedagogis, guru masih kesulitan merancang skenario pembelajaran berbasis masalah yang kontekstual dan terintegrasi dengan karakteristik siswa (McLure *et al.*, 2023). Keterbatasan sarana laboratorium, teknologi, dan bahan ajar juga menjadi kendala, terutama di sekolah dengan infrastruktur terbatas. Selain itu, manajemen waktu dan evaluasi proyek jangka menengah menimbulkan kesulitan karena durasi jam pelajaran terbatas dan penilaian harus mencakup aspek kognitif, keterampilan proses, kolaborasi, serta sikap ilmiah siswa (Zhang & Ma, 2023; Al-Kamzari & Alias, 2023).

Tantangan ini sekaligus membuka peluang untuk inovasi pembelajaran IPA. Guru perlu dukungan pelatihan berkelanjutan agar mampu merancang dan melaksanakan PBL-STEM berbasis konteks lokal, sementara sekolah harus menyediakan fasilitas, fleksibilitas waktu, dan mendorong kolaborasi lintas mata pelajaran. Pembuat kebijakan dapat memperkuat regulasi dan pengembangan kurikulum yang mendukung pembelajaran berbasis proyek, sementara peneliti memiliki peluang untuk mengembangkan model PBL-STEM yang adaptif dan memanfaatkan teknologi digital sebagai penunjang (Portillo-Blanco *et al.*, 2023; Simamora, 2024). Dengan pendekatan kolaboratif antara guru, sekolah, pembuat kebijakan, dan peneliti, implementasi PBL-STEM di SMP dapat berjalan berkelanjutan dan memberikan dampak signifikan pada kualitas pembelajaran IPA serta penguatan kompetensi abad ke-21 siswa.

Simpulan

Berdasarkan tinjauan sistematis terhadap 20 artikel nasional maupun internasional, dapat disimpulkan bahwa PBL-STEM memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kualitas pembelajaran abad ke-21 di SMP. Model ini efektif meningkatkan literasi sains karena menempatkan siswa pada konteks nyata, sehingga konsep sains tidak hanya dipahami secara teoritis tetapi juga diterapkan secara fungsional dalam pemecahan masalah. Selain itu, PBL-STEM konsisten mengembangkan keterampilan abad ke-21, yaitu berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi, sekaligus meningkatkan motivasi belajar dan keterlibatan siswa. Proyek berbasis STEM yang autentik menumbuhkan rasa ingin tahu, kemandirian belajar, dan sikap positif terhadap sains, sehingga pembelajaran tidak hanya menekankan aspek kognitif, tetapi juga afektif dan sosial siswa. Meskipun terdapat tantangan implementasi, seperti keterbatasan fasilitas, kesiapan guru, manajemen waktu, dan kompleksitas evaluasi, PBL-STEM tetap merupakan pendekatan pedagogis yang strategis. Pendekatan ini relevan dengan tuntutan Kurikulum Merdeka dan mampu membekali siswa tidak hanya dengan pengetahuan IPA, tetapi juga keterampilan dan sikap yang menjadi kompetensi inti abad ke-21.

Referensi

Al-Kamzari, F., & Alias, N. (2023). A systematic literature review of project-based learning

- in secondary school physics: Theoretical foundations, design principles, and implementation strategies. *Education and Information Technologies*, 12 (1), 1-18. <https://doi.org/10.1057/s41599-025-04579-4>.
- Anggraeni, D. M., Prahani, B. K., Suprpto, N., Shofiyah, N., & Jatmiko, B. (2023). Systematic review of problem based learning research in fostering critical thinking skills. *Thinking Skills and Creativity*, 49(1), 101334. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101334>.
- Cahyanti, N. A., Suyanto, S., Wantara, N., A. Begimbetova, G., Unayah, H., & Khilafah, M. R. N. (2024). A Systematic Review of STEM Education Implementation in Indonesian High Schools: Opportunities, Challenges, and Policy Recommendations. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 25(3), 1428–1443. <https://doi.org/10.23960/jpmipa/v25i3.pp1428-1443>.
- Cao, X., Lu, H., Wu, Q., & Hsu, Y. (2025). Systematic review and meta-analysis of the impact of STEM education on students' learning outcomes. *Frontiers in Psychology*, 16, 1579474. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1579474>.
- Chistyakov, A. A., Zhdanov, S. P., Avdeeva, E. L., Dyadichenko, E. A., Kunitsyna, M. L., & Yagudina, R. I. (2023). Exploring the characteristics and effectiveness of project-based learning for science and STEAM education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(5), em2256. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13128>.
- Dina, A. S. (2025). Systematic Literature Review: Strategi Pembelajaran Terintegrasi dengan STEAM dan Tantangannya. *SCIENCE: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 5(2), 658–671. <https://doi.org/10.51878/science.v5i2.5162>.
- Herliantari, H. (2024). Efektivitas integrasi STEM dalam pembelajaran IPA untuk meningkatkan keterampilan problem solving siswa SMP. *Jurnal Inovasi Guru Indonesia*, 1(2), 58–60. <https://doi.org/10.63202/jigi.v1i2.33>
- Hermanto, I. M., Samatowa, L., & Gimnastiar, A. N. (2024). Penerapan model problem based learning (pbl) terhadap kemampuan literasi sains siswa smp pada pembelajaran ipa (Literature Review). *Normalita (Jurnal Pendidikan)*, 11(3), 493–502.
- Illah, R., & Susetyarini, E. (2024). A systematic literature review on the development of STEM-based module. *Research and Development in Education (RaDEn)*, 4(1), 582–591. <https://doi.org/10.22219/raden.v4i1.32018>.
- Ilma, A. Z., Wilujeng, I., Widowati, A., Nurtanto, M., & Kholifah, N. (2023). A Systematic Literature Review of STEM Education in Indonesia (2016-2021): Contribution to Improving Skills in 21st Century Learning. *Pegem Egitim ve Ogretim Dergisi*, 13(2), 134–146. <https://doi.org/10.47750/pegegog.13.02.17>.
- McLure, F. I., Tang, K.-S., & Williams, P. J. (2023). What do integrated STEM projects look like in middle school and high school classrooms? A systematic literature review of empirical studies of iSTEM projects. *International Journal of STEM Education*. 9 (1), 73. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00390-8>.
- Merritt, J., Lee, M. Y., Rillero, P., & Kinach, B. M. (2021). Problem-based learning in K–8 mathematics and science education: A literature review. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 11(2), 1–13. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1674>.
- Nurhayati, N., Hermanto, I. M., Samatowa, L., & Gimnastiar, A. N. (2024). Penerapan model Problem-Based Learning terhadap kemampuan literasi sains siswa SMP pada pembelajaran IPA (literature review). *Jurnal Pendidikan IPA Nusantara*, 7(1). 1-10.

- Portillo-Blanco, A., Deprez, H., De Cock, M., Guisasola, J., & Zuza, K. (2023). A systematic literature review of integrated STEM education: Uncovering consensus and diversity in principles and characteristics. *Education Sciences*, 14 (9), 1028. <https://doi.org/10.3390/educsci14091028>.
- Pranata, R., Syahril, & Megahati S., R. R. P. (2023). Stem Education in Science Learning: Systematic Literature Review. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(8), 424–431. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i8.4655>.
- Putra, S. B., & Maheswara, R. (2024). Implementasi Pembelajaran Berbasis STEM dalam Pendidikan Biologi untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa. *Jurnal Cakrawala Pendidikan Dan Biologi*, 1(3), 1–6.
- Sanuaka, I. W. A. A., Warpala, I. W. S., & Tegeh, M. (2022). *META ANALISIS PENGARUH MODEL PROBLEM BASED E-LEARNING TERHADAP KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS Program Studi Teknologi Pembelajaran Universitas Pendidikan Ganesha Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga*. 12(2). 1028. https://doi.org/10.23887/jurnal_tp.v12i1.863.
- Saragih, D. M., Sera, N., Sitanggang, S. R. K., & Suyanto, S. (2025). Systematic literature review: STEM integrated biology learning based on 21st century learning models. *BIO-INOVED: Jurnal Biologi-Inovasi Pendidikan*, 7(1), 125–132. [10.20527/bino.v7i1.21061](https://doi.org/10.20527/bino.v7i1.21061).
- Simamora, A. M. (2024). A decade of STEM Project-Based Learning (PjBL): A systematic literature review. *Journal of Computers for Science and Mathematics Learning*, 1(1), 58–78. <https://spm-online.com/jcsml>.
- Smith, K., Maynard, N., Berry, A., Stephenson, T., Spiteri, T., Corrigan, D., ... & Smith, T. (2022). Principles of Problem-Based Learning (PBL) in STEM Education: Using Expert Wisdom and Research to Frame Educational Practice. *Education Sciences*, 12(10), 728. <https://doi.org/10.3390/educsci12100728>.
- Suciana, D., & Sausan, I. (2023). A Meta-Analysis Study: The Effect of Problem Based Learning Integrated with STEM on Learning Outcomes. *European Journal of Education and Pedagogy*, 4(2), 133–138. <https://doi.org/10.24018/ejedu.2023.4.2.619>.
- Thovawira, F. A., Safitri, I., Supartik, S., Sitompul, N. N. S., & Anggriyani, I. (2023). Systematic Literature Review: Implementasi Pendekatan STEM (Manfaat dan Tantangan) di Indonesia. *HISTOGRAM: Jurnal Pendidikan Matematika*, 4(2), 355–371. <https://doi.org/10.31100/histogram.v4i2.682>.
- Wahyuni, S., Hartono, F. V., Hafizhah, N., Slavira, L. D., Astutik, D. S., Lisnawati, W., & Izmarini, D. (2023). Penerapan Problem Based Learning (PBL) dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP melalui Lesson Study. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 13(4), 963–969. <https://doi.org/10.37630/jpm.v13i4.1242>.
- Widiyatmoko, A., & Darmawan, M. S. (2023). Implementasi STEM pada pembelajaran IPA di Indonesia: Review artikel 2018–2023. *Jurnal Pendidikan IPA*.
- Zhang, L., & Ma, Y. (2023). A study of the impact of project-based learning on student learning effects: a meta-analysis study. *Frontiers in Psychology*, 14, 1202728. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1202728>.