



Tren Penelitian Problem Based Learning Terintegrasi STEM dalam Pembelajaran IPA: Systematic Literature Review

Efimah Sidabutar¹, Novia Nababan², Mentari Manalu³

^{1,2,3} Universitas Negeri Medan, Indonesia

Corresponding Author : ✉ efimah.4233151010@mhs.unimed.ac.id

ABSTRACT

Science learning in the 21st century requires students to develop higher-order thinking skills such as critical thinking, creativity, collaboration, and problem solving. However, science learning in many schools is still dominated by teacher-centered approaches that limit students' active participation. One approach that can address this issue is the integration of Problem Based Learning (PBL) with the STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) approach. This study aims to analyze research trends related to the implementation of PBL integrated with STEM in science learning through a Systematic Literature Review (SLR). Data were obtained from scientific articles indexed in Google Scholar using the Publish or Perish application with keywords including Problem Based Learning, STEM Education, PBL STEM, and STEM Problem-Based Learning. The article selection process followed the PRISMA stages of identification, screening, eligibility, and inclusion. From 200 initial articles, 30 articles were selected for analysis. The results show that most studies focus on learning outcomes, problem solving skills, and critical thinking skills. These findings indicate that PBL integrated with STEM has strong potential to support meaningful and contextual science learning.

Problem Based Learning, STEM Education, Science Learning, Critical Thinking, Systematic Literature Review.

Keywords



This work is licensed under a
[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

PENDAHULUAN

Melalui pembelajaran IPA, peserta didik diharapkan mampu memahami berbagai fenomena alam secara sistematis serta mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Dalam konteks global, kemampuan literasi sains menjadi kompetensi penting yang harus dimiliki peserta didik untuk menghadapi berbagai permasalahan kompleks di era modern. Literasi sains tidak hanya mencakup kemampuan memahami konsep-konsep ilmiah, tetapi juga kemampuan menjelaskan fenomena ilmiah, merancang penyelidikan, serta menafsirkan data secara kritis dalam pengambilan keputusan yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari. Kerangka PISA 2025 menekankan bahwa literasi sains diperlukan agar peserta didik mampu berpartisipasi secara

aktif dalam menghadapi tantangan global seperti perubahan lingkungan, perkembangan teknologi, dan isu keberlanjutan. (Simatupang et al., 2025)

Dalam konteks pendidikan abad ke-21, pembelajaran tidak hanya menekankan pada penguasaan konsep, tetapi juga pada pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi seperti kreativitas, kolaborasi, komunikasi, dan kemampuan memecahkan masalah.

Namun demikian, praktik pembelajaran IPA di sekolah masih sering berpusat pada guru (teacher-centered). Pada kondisi tersebut, guru berperan sebagai sumber utama informasi sedangkan peserta didik cenderung berperan sebagai penerima pengetahuan secara pasif. Hal ini menyebabkan keterlibatan peserta didik dalam proses pembelajaran menjadi terbatas sehingga kemampuan berpikir kritis dan kemampuan pemecahan masalah belum berkembang secara optimal. Oleh karena itu, diperlukan model pembelajaran yang mampu mendorong peserta didik untuk lebih aktif dalam proses pembelajaran.

Salah satu model pembelajaran yang dapat digunakan untuk meningkatkan keterlibatan peserta didik adalah Problem Based Learning (PBL). Model pembelajaran ini menempatkan masalah sebagai titik awal dalam proses pembelajaran sehingga peserta didik didorong untuk menganalisis permasalahan, mencari informasi yang relevan, serta merancang solusi terhadap masalah yang diberikan. Menurut Hmelo-Silver (2004), pembelajaran berbasis masalah dapat membantu peserta didik mengembangkan kemampuan berpikir kritis serta keterampilan pemecahan masalah melalui proses investigasi dan diskusi kelompok.

Selain penerapan model pembelajaran inovatif, perkembangan pendidikan modern juga mendorong integrasi pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) dalam pembelajaran. Pendekatan STEM menekankan keterpaduan antara berbagai disiplin ilmu untuk menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan kehidupan nyata. Pendekatan ini memungkinkan peserta didik untuk memahami konsep sains secara lebih kontekstual serta mampu menerapkan konsep tersebut dalam berbagai situasi yang relevan dengan kehidupan sehari-hari (Bybee, 2013).

Integrasi antara Problem Based Learning dengan pendekatan STEM dipandang mampu menciptakan proses pembelajaran yang lebih bermakna bagi peserta didik. Dalam pembelajaran PBL-STEM, peserta didik dihadapkan pada permasalahan nyata yang berkaitan dengan konsep sains kemudian diminta untuk merancang solusi dengan memanfaatkan konsep sains, teknologi, rekayasa, dan matematika. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa integrasi PBL-STEM dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis serta kemampuan pemecahan masalah peserta didik (Parno et al., 2021).

Seiring dengan meningkatnya perhatian terhadap pembelajaran berbasis STEM, penelitian mengenai penerapan PBL terintegrasi STEM dalam pembelajaran IPA juga semakin berkembang. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pendekatan tersebut tidak hanya berdampak pada peningkatan hasil belajar peserta didik tetapi juga mampu meningkatkan keterampilan abad ke-21 seperti kemampuan berpikir kritis, kreativitas, dan kolaborasi (Topsakal et al., 2022).

Meskipun demikian, penelitian mengenai penerapan PBL-STEM masih menunjukkan variasi dalam fokus penelitian, metode penelitian, serta variabel yang dikaji. Oleh karena itu, diperlukan kajian yang mampu mengidentifikasi perkembangan penelitian yang telah dilakukan serta mengkaji tren penelitian terkait penerapan PBL-STEM dalam pembelajaran IPA. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tren penelitian terkait penerapan Problem Based Learning terintegrasi STEM dalam pembelajaran IPA melalui pendekatan Systematic Literature Review (SLR).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR). Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, serta menganalisis berbagai penelitian yang relevan dengan topik tertentu secara sistematis dan terstruktur. Melalui pendekatan ini, peneliti dapat memperoleh gambaran yang komprehensif mengenai perkembangan penelitian terkait penerapan Problem Based Learning terintegrasi STEM dalam pembelajaran IPA.

Sumber data dalam penelitian ini berupa artikel ilmiah yang diperoleh dari database Google Scholar dengan menggunakan aplikasi Publish or Perish (PoP). Proses pencarian artikel dilakukan menggunakan beberapa kata kunci yang berkaitan dengan topik penelitian, yaitu Problem Based Learning, STEM Education, PBL STEM, dan STEM Problem-Based Learning. Penggunaan kata kunci tersebut bertujuan untuk memperoleh artikel yang relevan dengan penelitian mengenai integrasi Problem Based Learning dan pendekatan STEM dalam pembelajaran sains.

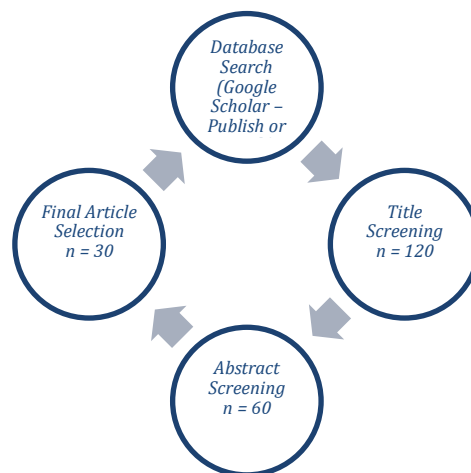
Proses seleksi artikel dilakukan secara bertahap dengan menggunakan tahapan PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Tahapan tersebut meliputi tahap identification, screening, eligibility, dan inclusion. Pada tahap identification diperoleh sebanyak 200 artikel yang berkaitan dengan topik penelitian melalui pencarian pada database Google Scholar. Selanjutnya dilakukan tahap screening dengan cara menyeleksi artikel berdasarkan judul penelitian sehingga diperoleh 120 artikel yang relevan.

Tahap berikutnya adalah eligibility, yaitu proses penilaian kelayakan artikel berdasarkan abstrak dan isi artikel. Pada tahap ini dilakukan seleksi lebih lanjut untuk memastikan bahwa artikel tersebut membahas penerapan Problem Based Learning maupun pendekatan STEM dalam konteks pembelajaran IPA. Setelah melalui proses seleksi tersebut, diperoleh 60 artikel yang memenuhi kriteria.

Tahap terakhir adalah inclusion, yaitu pemilihan artikel yang benar-benar sesuai dengan fokus penelitian. Pada tahap ini dipilih 30 artikel yang kemudian dianalisis lebih lanjut dalam penelitian ini. Artikel-artikel tersebut digunakan sebagai sumber utama dalam proses analisis tren penelitian terkait penerapan PBL-STEM dalam pembelajaran IPA.

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan analisis deskriptif kualitatif. Artikel yang telah dipilih dianalisis dengan mengidentifikasi berbagai informasi penting seperti fokus penelitian, metode penelitian yang digunakan, variabel penelitian, serta hasil utama yang diperoleh dari masing-masing penelitian. Hasil analisis kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan deskripsi untuk memberikan gambaran mengenai tren penelitian terkait penerapan Problem Based Learning terintegrasi STEM dalam pembelajaran IPA.

Proses seleksi artikel dalam penelitian ini dapat digambarkan melalui diagram alur berikut.



Gambar 1.

Diagram Alur Seleksi Artikel Menggunakan Metode PRISMA

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil analisis terhadap 30 artikel penelitian yang telah dipilih melalui proses seleksi menggunakan metode Systematic Literature Review. Artikel-artikel tersebut diperoleh dari pencarian awal melalui database Google Scholar dengan bantuan aplikasi Publish or Perish menggunakan kata kunci yang berkaitan dengan Problem Based Learning dan STEM dalam

pembelajaran IPA. Dari hasil pencarian awal diperoleh sebanyak 200 artikel, kemudian melalui proses seleksi judul, abstrak, serta kesesuaian isi artikel diperoleh 30 artikel yang memenuhi kriteria untuk dianalisis lebih lanjut.

Analisis terhadap artikel penelitian dilakukan dengan mengidentifikasi beberapa aspek penting, seperti fokus penelitian, metode penelitian yang digunakan, serta hasil utama dari masing-masing penelitian. Ringkasan hasil analisis artikel penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1.

Analisis Artikel Penelitian PBL-STEM dalam Pembelajaran IPA

N o	Penulis & Tahun	Judul Artikel	Fokus Penelitian	Metode	Hasil Utama	Kateg ori
1	Prayogi & Kurnia, 2023	Problem- Based Learning in Science Education	Implement asi PBL	Literatur e review	PBL meningkat kan pemahama n konsep	PBL
2	Astuti et al., 2021	STEM-Based Learning Analysis	STEM untuk problem solving	Meta- analysis	STEM meningkat kan kemampua n problem solving	STEM
3	Topsakal et al., 2022	Problem- based STEM Education	Critical thinking & problem solving	Mixed method	Meningkat kan critical thinking	PBL + STEM
4	Smith et al., 2022	Principles of PBL in STEM Education	Prinsip PBL dalam STEM	Literatur e review	PBL mendukung integrasi STEM	PBL + STEM
5	Suciana et al., 2023	Effect of PBL Integrated with STEM	Pengaruh PBL-STEM	Meta- analysis	Effect size tinggi	PBL + STEM
6	Roza et al., 2023	STEM Integrated PBL on Science Learning	Hasil belajar sains	Meta- analysis	Effect size tinggi	PBL + STEM
7	Usman et al., 2023	STEM-PBL on Biology Achievement	Prestasi belajar biologi	Quasi experim ent	Meningkat kan prestasi belajar	PBL + STEM

8	Simanjuntak & Purwaningsih, 2024	STEM Integrated PBL Implementation	Implementasi STEM-PBL	Eksperimen	Meningkatkan keterlibatan siswa	PBL + STEM
9	Funa et al., 2024	I-STEM-PBL-ESD Framework	Framework pembelajaran	Literature review	Model integrasi STEM-PBL	PBL + STEM
10	Su, 2024	Transdisciplinary PBL-STEM Activity	Efektivitas PBL-STEM	Eksperimen	Meningkatkan STEM literacy	PBL + STEM
11	Uluçinar, 2023	Effect of PBL in Science Education	Pengaruh PBL pada hasil belajar	Meta-analysis	PBL meningkatkan prestasi belajar	PBL
12	LaForce et al., 2017	PBL and Student Interest in STEM Careers	Minat karier STEM	Survey	Meningkatkan minat karier STEM	PBL + STEM
13	Merritt et al., 2017	PBL in K-8 Mathematics and Science	Implementasi PBL	Literature review	Meningkatkan pemahaman konsep	PBL
14	Pinar et al., 2025	Scientific Creativity through STEM	Kreativitas ilmiah	Meta-analysis	PBL meningkatkan kreativitas	PBL + STEM
15	AlAli, 2024	Enhancing 21st Century Skills	Keterampilan abad 21	Quasi experiment	Meningkatkan kolaborasi dan kreativitas	PBL + STEM
16	Lee & Grapin, 2022	Phenomena and Problems in STEM Education	Konsep masalah dalam STEM	Literature review	Masalah nyata meningkatkan pemahaman	STEM
17	Akcanca, 2020	STEM and PBL Attitudes	Sikap terhadap STEM	Survey	Berhubungan dengan 21st	PBL + STEM

					century skills	
18	Kim et al., 2018	Computer-Based Scaffolding in PBL-STEM	Scaffolding digital	Bayesian meta-analysis	Meningkatkan hasil kognitif	PBL + STEM
19	Sutaphan & Yuenyong, 2019	STEM Teaching Approach	Framework STEM	Literature review	Pendekatan STEM berbasis konteks	STEM
20	Parno et al., 2021	PBL-STEM with Formative Assessment	Problem solving siswa	Eksperimen	Meningkatkan problem solving	PBL + STEM
21	Akcay & Benek, 2023	PBL in Science Education in Türkiye	Tren penelitian PBL	Systematic review	PBL berdampak pada berbagai skill	PBL
22	Putri et al., 2023	PBL-STEM in Biology Learning	Critical thinking	Eksperimen	Meningkatkan berpikir kritis	PBL + STEM
23	Rahmadan i, 2017	Integrating STEM in PBL	Problem solving siswa	Literature review	Integrasi STEM meningkatkan problem solving	PBL + STEM
24	Martaning sih et al., 2022	STEM-PBL Module	Pengembangan modul	R&D	Meningkatkan problem solving	PBL + STEM
25	Blancia, 2025	Scientific Reasoning Using PBL	Scientific reasoning	Eksperimen	Meningkatkan reasoning skills	PBL
26	Kumar, 2016	Technology Supported PBL-STEM	Teknologi dalam PBL-STEM	Case study	Meningkatkan pembelajaran STEM	PBL + STEM
27	Netwong, 2018	STEM Integrated Learning	Problem solving mahasiswa	Eksperimen	Meningkatkan	STEM

					problem solving	
28	Setyorini et al., 2021	PBL-STEM in Junior High School	Critical thinking	Quasi experiment	Meningkatkan pemahaman konsep	PBL + STEM
29	Rizki & Suprpto, 2024	Project-Oriented PBL-STEM	Critical thinking energi terbarukan	Eksperimen	Meningkatkan critical thinking	PBL + STEM
30	Sari et al., 2018	STEM Instruction in PBL Environment	Sikap dan minat karier STEM	Mixed method	Meningkatkan minat karier STEM	PBL + STEM

Berdasarkan hasil analisis terhadap artikel yang dikaji, sebagian besar penelitian menunjukkan bahwa penerapan Problem Based Learning yang terintegrasi dengan pendekatan STEM memberikan dampak positif terhadap proses pembelajaran IPA. Pendekatan ini tidak hanya berfokus pada peningkatan pemahaman konsep sains, tetapi juga pada pengembangan berbagai keterampilan berpikir tingkat tinggi seperti kemampuan berpikir kritis dan kemampuan pemecahan masalah.

Selain itu, integrasi PBL dengan pendekatan STEM memungkinkan peserta didik untuk terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran melalui kegiatan investigasi ilmiah serta pemecahan masalah yang berkaitan dengan fenomena nyata. Dalam proses tersebut, peserta didik didorong untuk mengidentifikasi masalah, mengumpulkan informasi yang relevan, serta merancang solusi berdasarkan konsep ilmiah yang dipelajari. Proses pembelajaran seperti ini dapat membantu peserta didik memahami konsep sains secara lebih mendalam dibandingkan dengan pembelajaran konvensional.

Berdasarkan distribusi artikel yang dianalisis, penelitian dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori utama, yaitu penelitian yang berfokus pada Problem Based Learning, penelitian yang berfokus pada pendekatan STEM, serta penelitian yang mengkaji integrasi Problem Based Learning dengan pendekatan STEM dalam pembelajaran IPA. Distribusi penelitian tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2.
Distribusi Artikel Berdasarkan Kategori Penelitian

Kategori Penelitian	Jumlah Artikel
Problem Based Learning	6
STEM Education	3
Integrasi PBL-STEM	21

Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa sebagian besar penelitian lebih banyak berfokus pada integrasi Problem Based Learning dengan pendekatan STEM dalam pembelajaran IPA. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan PBL-STEM menjadi salah satu strategi pembelajaran yang banyak dikaji dalam penelitian pendidikan sains dalam beberapa tahun terakhir.

Selain mengelompokkan artikel berdasarkan kategori penelitian, analisis juga dilakukan untuk mengidentifikasi tema penelitian yang dominan dalam penelitian terkait penerapan PBL-STEM dalam pembelajaran IPA. Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian berfokus pada peningkatan hasil belajar serta pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik. Distribusi tema penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3.
Tema Penelitian dalam PBL-STEM

Tema Penelitian	Jumlah Artikel
Learning outcomes	9
Problem solving skills	8
Critical thinking skills	7
Scientific literacy	3
21st century skills	3

Hasil analisis menunjukkan bahwa tema penelitian yang paling dominan adalah learning outcomes, diikuti oleh problem solving skills dan critical thinking skills. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian mengenai PBL-STEM masih berfokus pada peningkatan hasil belajar peserta didik. Namun demikian, beberapa penelitian juga mulai mengkaji pengaruh penerapan PBL-STEM terhadap pengembangan keterampilan abad ke-21 seperti kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi.

Penelitian menunjukkan bahwa penerapan Problem Based Learning yang terintegrasi dengan pendekatan STEM memberikan dampak positif terhadap proses pembelajaran IPA. Pendekatan ini tidak hanya berfokus pada peningkatan pemahaman konsep sains, tetapi juga pada pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi seperti kemampuan berpikir kritis dan

kemampuan pemecahan masalah. Hasil ini sejalan dengan penelitian meta-analisis yang menunjukkan bahwa integrasi PBL-STEM memiliki efektivitas yang tinggi dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik karena pembelajaran dirancang berbasis masalah nyata yang kontekstual dan menuntut keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran (Suciana et al., 2023).

Selain itu, integrasi PBL dengan pendekatan STEM memungkinkan peserta didik untuk terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran melalui kegiatan investigasi ilmiah serta pemecahan masalah yang berkaitan dengan fenomena nyata. Dalam proses tersebut, peserta didik didorong untuk mengidentifikasi masalah, mengumpulkan informasi yang relevan, serta merancang solusi berdasarkan konsep ilmiah yang dipelajari. Aktivitas ini tidak hanya meningkatkan pemahaman konseptual, tetapi juga membentuk kemampuan analisis dan evaluasi peserta didik dalam menghadapi berbagai permasalahan. Hal ini diperkuat oleh temuan penelitian yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis PBL-STEM secara signifikan meningkatkan kecenderungan berpikir kritis serta kemampuan pemecahan masalah siswa melalui proses investigatif dan reflektif (Topsakal et al., 2022).

Lebih lanjut, distribusi artikel yang dianalisis menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian berfokus pada integrasi PBL-STEM dibandingkan dengan PBL atau STEM secara terpisah. Hal ini mengindikasikan bahwa integrasi kedua pendekatan tersebut dianggap lebih efektif dalam mendukung pembelajaran IPA yang bermakna. Pembelajaran yang menggabungkan PBL dan STEM memungkinkan peserta didik untuk tidak hanya memahami konsep secara teoritis, tetapi juga menerapkannya dalam konteks nyata melalui pendekatan interdisipliner. Dengan demikian, pembelajaran menjadi lebih kontekstual, aplikatif, dan relevan dengan kebutuhan abad ke-21.

Dari segi tema penelitian, hasil analisis menunjukkan bahwa fokus utama penelitian masih didominasi oleh aspek learning outcomes, diikuti oleh problem solving skills dan critical thinking skills. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian masih berorientasi pada hasil belajar kognitif, meskipun mulai berkembang ke arah pengembangan keterampilan abad ke-21. Padahal, pembelajaran berbasis PBL-STEM memiliki potensi besar dalam mengembangkan keterampilan lain seperti kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi yang juga sangat dibutuhkan dalam menghadapi tantangan global. Secara keseluruhan, hasil kajian terhadap berbagai penelitian menunjukkan bahwa integrasi Problem Based Learning dengan pendekatan STEM memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan kualitas pembelajaran IPA. Pendekatan ini tidak hanya membantu peserta didik memahami konsep sains secara lebih mendalam, tetapi juga dapat mengembangkan berbagai

keterampilan penting yang dibutuhkan dalam menghadapi tantangan abad ke-21.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis terhadap 30 artikel penelitian yang diperoleh melalui metode Systematic Literature Review, dapat disimpulkan bahwa integrasi Problem Based Learning (PBL) dengan pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) merupakan salah satu pendekatan pembelajaran yang banyak dikaji dalam penelitian pendidikan sains. Hasil kajian menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian berfokus pada pengaruh penerapan PBL-STEM terhadap peningkatan hasil belajar, kemampuan pemecahan masalah, serta kemampuan berpikir kritis peserta didik. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis masalah yang terintegrasi dengan pendekatan STEM memiliki potensi yang besar dalam mendukung pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi dalam pembelajaran IPA.

Selain itu, penerapan PBL-STEM juga memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran melalui kegiatan pemecahan masalah yang berkaitan dengan fenomena nyata. Proses pembelajaran seperti ini memungkinkan peserta didik untuk memahami konsep sains secara lebih mendalam serta mengembangkan berbagai keterampilan abad ke-21 seperti kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi. Dengan demikian, integrasi Problem Based Learning dengan pendekatan STEM dapat menjadi salah satu alternatif strategi pembelajaran yang efektif dalam meningkatkan kualitas pembelajaran IPA.

Namun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, antara lain jumlah artikel yang dianalisis terbatas pada artikel yang diperoleh melalui database Google Scholar serta periode publikasi tertentu. Selain itu, penelitian ini hanya menggunakan pendekatan analisis deskriptif kualitatif sehingga tidak mengukur secara kuantitatif efektivitas penerapan PBL-STEM dalam pembelajaran IPA.

Berdasarkan keterbatasan tersebut, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan kajian yang lebih luas dengan menggunakan sumber database yang lebih beragam serta jumlah artikel yang lebih banyak. Selain itu, penelitian selanjutnya juga dapat mengkaji lebih lanjut mengenai penerapan PBL-STEM pada berbagai topik pembelajaran IPA serta pengaruhnya terhadap pengembangan keterampilan abad ke-21 peserta didik secara lebih mendalam.

PENGAKUAN

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak Universitas Negeri Medan yang telah memberikan dukungan fasilitas dalam pelaksanaan penelitian ini. Terimakasih kepada kepada dosen yang telah memberikan tugas dan kesempatan dalam penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh responden yang telah berpartisipasi secara aktif dalam penelitian ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi atas dukungan pendanaan melalui program hibah penelitian tahun 2023. Selain itu, penulis juga berterima kasih kepada pihak sekolah dan peserta didik yang telah membantu kelancaran proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Akçay, H., & Benek, I. (2023). Problem-based learning in science education: A systematic review. *International Journal of Science Education*.
- Akcanca, N. (2020). Investigation of students' attitudes toward STEM education. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*.
- AlAli, R. (2024). Enhancing 21st century skills through STEM-based learning approaches. *International Journal of Educational Research*.
- Astuti, N. H., Rusilowati, A., & Subali, B. (2021). STEM-based learning analysis to improve students' problem solving abilities in science subject: A literature review. *Journal of Science Education*.
- Blancia, J. (2025). Scientific reasoning through STEM integrated problem-based learning. *Journal of Science Education*.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. Arlington, VA: NSTA Press.
- Funa, A. A., et al. (2024). I-STEM-PBL-ESD framework in science education. *Journal of STEM Education*.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235-266.
- Kim, M., Chu, H., & Shin, D. (2018). Computer-based scaffolding in STEM problem-based learning environments. *Computers & Education*.
- Kumar, S. (2016). Technology supported problem-based learning in STEM education. *Journal of Educational Technology*.
- LaForce, M., Noble, E., & Blackwell, C. (2017). Problem-based learning and student interest in STEM careers. *International Journal of STEM Education*.
- Lee, O., & Grapin, S. (2022). Integrating science, technology, engineering, and mathematics (STEM) in science education. *Science Education*.

- Martaningsih, S., Widodo, W., & Suyanto, S. (2022). Development of STEM-PBL learning modules to improve students' problem-solving skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*.
- Merritt, J., Lee, M., Rillero, P., & Kinach, B. (2017). Problem-based learning in K-8 mathematics and science education. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*.
- Netwong, T. (2018). STEM integrated learning for enhancing students' problem-solving skills. *International Journal of Instruction*.
- Parno, P., Yulianti, L., Munfaridah, N., Ali, M., & Rosyidah, F. (2021). The effect of STEM-integrated problem-based learning on students' problem-solving skills. *Journal of Physics: Conference Series*.
- Pinar, M. A., et al. (2025). Scientific creativity in STEM-based problem learning. *Journal of Science Education*.
- Prayogi, S., Rizal, S., & Muhali, M. (2023). Problem-Based Learning (PBL) in science education: A literature review study. *Lensa: Jurnal Kependidikan Fisika*.
- Putri, R., Sari, D., & Widodo, A. (2023). STEM integrated problem-based learning to improve students' critical thinking skills. *Journal of Science Learning*.
- Rahmadani, Y. (2017). Integrating STEM education into problem-based learning. *Journal of STEM Education*.
- Rizki, A., & Suprpto, N. (2024). Project-oriented STEM-PBL learning model to improve critical thinking skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*.
- Roza, M., Fadilah, N., & Rahman, A. (2023). STEM integrated problem-based learning in science education: A meta-analysis study. *International Journal of STEM Education*.
- Setyorini, A., Subali, B., & Suyanto, S. (2021). Implementation of PBL-STEM in junior high school science learning. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*.
- Simatupang, H., Suyanti, R. D., Djulia, E., Simanjuntak, M. P., Ningsih, W., Sitinjak, A. P., & Ginting, A. R. (2024). Argument driven inquiry berbantuan virtual laboratory untuk meningkatkan literasi sains dan literasi digital mahasiswa IPA. *BEST: Journal of Education Science and Technology*.
- Simatupang, H., Simanjuntak, M. P., Ningsih, W., Rahmawati, S., & Hardinata, A. (2025). Design-thinking in STEM: Cultivating PISA-2025 science literacy and sustainability awareness among prospective science teachers. *Revista on line de Política e Gestão Educacional*
- Smith, K., Maynard, N., Berry, A., & Stephenson, T. (2022). Principles of problem-based learning (PBL) in STEM education: Using expert wisdom and research to frame educational practice. *Education Sciences*.

- Su, H. (2024). Transdisciplinary STEM problem-based learning approach in science education. *Journal of STEM Education*.
- Suciana, N., et al. (2023). Effectiveness of STEM-integrated problem-based learning: A meta-analysis. *Journal of Science Education*.
- Sutaphan, S., & Yuenyong, C. (2019). STEM education teaching approach: Inquiry from the context-based learning. *International Journal of STEM Education*.
- Topsakal, İ., Yalçın, S. A., & Çakır, Z. (2022). The effect of problem-based STEM education on students' critical thinking tendencies and their perceptions of problem-solving skills. *Science Education International*.
- Uluçınar, U. (2023). The effect of problem-based learning on academic achievement in science education: A meta-analysis study. *Educational Research Review*.
- Usman, U., et al. (2023). STEM problem-based learning in biology education. *Journal of Biology Education*.