

META-SINTESIS IMPLEMENTASI *PROJECT-BASED LEARNING* (PjBL) UNTUK MENINGKATKAN KOMPETENSI SAINS ABAD 21

Lia Laelatul Sholihath¹, Zaenal Abidin²
Universitas Kuningan^{1,2}
e-mail: 20251310003@uniku.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan sains dan teknologi abad ke-21 menuntut pembelajaran sains yang berorientasi pada penguatan kompetensi berpikir tingkat tinggi dan keterampilan abad 21. Peserta didik diharapkan tidak hanya menguasai konsep, tetapi juga memiliki kemampuan berpikir kritis, kreatif, pemecahan masalah, komunikasi, kolaborasi, serta literasi dan keterampilan proses ilmiah. *Project-Based Learning* (PjBL) dipandang sebagai model pembelajaran yang relevan karena memberikan pengalaman belajar autentik melalui kegiatan proyek yang kontekstual dan berbasis investigasi. Penelitian ini bertujuan menganalisis kontribusi PjBL terhadap pengembangan kompetensi sains abad 21 melalui pendekatan meta-sintesis. Metode yang digunakan adalah *Systematic Literature Review* (SLR) dengan mengkaji dan mensintesis delapan artikel ilmiah yang relevan. Hasil meta-sintesis menunjukkan bahwa PjBL secara konsisten meningkatkan penguasaan konsep sains, penalaran ilmiah, dan kemampuan berpikir kritis melalui aktivitas eksperimen, analisis data, dan pemecahan masalah. Selain itu, PjBL efektif memperkuat keterampilan abad 21 (4C), yaitu kreativitas, kolaborasi, komunikasi, dan berpikir kritis, yang berkembang melalui kerja kelompok, perancangan proyek, serta presentasi hasil. Tahapan PjBL yang selaras dengan proses ilmiah juga berkontribusi terhadap peningkatan literasi sains dan keterampilan proses ilmiah siswa. Meskipun implementasinya menghadapi kendala, seperti keterbatasan waktu dan kesiapan guru, hambatan tersebut dapat diatasi melalui perancangan proyek yang sederhana, relevan, dan didukung penilaian autentik. Secara keseluruhan, PjBL terbukti efektif dan layak direkomendasikan sebagai pendekatan strategis dalam pembelajaran sains abad 21.

Kata Kunci: *Project-Based Learning, meta-sintesis, kompetensi abad 21, pembelajaran sains, literasi sains*

ABSTRACT

The rapid advancement of science and technology in the 21st century requires science learning to focus on the development of higher-order thinking and essential 21st-century competencies. Students are expected not only to master scientific concepts but also to demonstrate critical thinking, creativity, problem-solving abilities, communication, collaboration, as well as scientific literacy and process skills. *Project-Based Learning* (PjBL) has been widely recognized as a relevant instructional model because it offers authentic, inquiry-oriented, and context-based learning experiences through project activities. This study aims to examine the contribution of PjBL to the development of 21st-century science competencies through a meta-synthesis approach. A *Systematic Literature Review* (SLR) was employed by analyzing and synthesizing findings from eight selected scholarly articles. The results of the meta-synthesis indicate that PjBL consistently enhances students' conceptual understanding, scientific reasoning, and critical thinking through experimental activities, data analysis, and problem-solving processes. In addition, PjBL effectively strengthens 21st-century skills (4Cs), namely creativity, collaboration, communication, and critical thinking, which emerge through group work, project design, and scientific presentations. The structured stages of PjBL, aligned with

scientific inquiry, also contribute to the improvement of students' scientific literacy and science process skills. Although challenges remain in its implementation, such as time constraints and teachers' readiness in project design, these limitations can be addressed through well-planned scaffolding, contextually relevant projects, and authentic assessment strategies. Overall, the findings confirm that Project-Based Learning is an effective and appropriate instructional approach for enhancing 21st-century science competencies.

Keywords: *Project-Based Learning, meta-synthesis, 21st-century competencies, science learning, scientific literacy.*

PENDAHULUAN

Transformasi ilmu pengetahuan dan teknologi pada abad ke-21 telah mengubah secara fundamental orientasi pendidikan sains. Pembelajaran sains tidak lagi cukup menekankan penguasaan konsep secara kognitif, melainkan dituntut untuk mengembangkan seperangkat kompetensi kompleks yang mencakup berpikir kritis, kreativitas, pemecahan masalah, komunikasi, kolaborasi, literasi sains, serta keterampilan proses ilmiah. Kompetensi tersebut menjadi fondasi penting bagi peserta didik dalam menghadapi tantangan global yang ditandai oleh kompleksitas masalah, percepatan inovasi, dan kebutuhan pengambilan keputusan berbasis sains. Oleh karena itu, pendekatan pembelajaran yang kontekstual, autentik, dan berpusat pada peserta didik menjadi kebutuhan yang tidak terelakkan dalam pembelajaran sains.

Sejalan dengan tuntutan tersebut, *Project-Based Learning* (PjBL) dipandang sebagai salah satu model pembelajaran yang relevan untuk mengembangkan kompetensi sains abad ke-21. PjBL menempatkan peserta didik sebagai subjek aktif yang belajar melalui proses perencanaan, pelaksanaan, dan refleksi proyek yang berangkat dari permasalahan nyata. Model ini selaras dengan paradigma konstruktivisme dan socio-constructivist learning, di mana pengetahuan dibangun melalui pengalaman, interaksi sosial, serta proses inkuiri yang bermakna (Toma et al., 2024). Dalam konteks pendidikan sains, PjBL memungkinkan integrasi antara konsep, proses ilmiah, dan keterampilan abad ke-21 secara simultan.

Berbagai kajian empiris menunjukkan bahwa PjBL, khususnya yang terintegrasi dengan pendekatan STEM dan STEAM, memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan literasi sains dan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Studi Berliana et al. (2024) dan Yuliawati et al. (2024) mengungkapkan bahwa PjBL berbasis STEM efektif dalam meningkatkan literasi sains peserta didik melalui keterlibatan aktif dalam proyek energi alternatif dan ekosistem yang bersifat kontekstual. Temuan ini diperkuat oleh hasil penelitian Ermiyawati et al. (2025) yang menunjukkan bahwa pengembangan proyek berbasis permainan edukatif dalam kerangka PjBL mampu meningkatkan literasi sains sekaligus motivasi belajar siswa. Hal ini menegaskan bahwa PjBL tidak hanya berfungsi sebagai strategi pembelajaran, tetapi juga sebagai wahana penguatan pengalaman belajar autentik.

Dari perspektif keterampilan berpikir tingkat tinggi, sejumlah penelitian menegaskan efektivitas PjBL dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif. Al Anshori et al. (2025) serta Dewi et al. (2023) menemukan bahwa PjBL berbasis STEAM, terutama ketika dipadukan dengan simulasi visual dan proyek eksperimen, mampu mendorong siswa untuk menganalisis fenomena, mengevaluasi data, serta merumuskan solusi secara kritis. Hasil serupa juga ditunjukkan pada jenjang sekolah dasar, di mana pendekatan STEM dalam PjBL terbukti meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa secara signifikan (Yuniar et al., 2025; Vitra Nailinda et al., 2025). Kondisi ini menunjukkan bahwa PjBL bersifat adaptif lintas jenjang pendidikan.

Selain aspek kognitif, PjBL juga berperan penting dalam pengembangan kompetensi sosial dan afektif yang menjadi bagian dari karakteristik 4C. Talaen et al. (2025) menegaskan bahwa implementasi Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran berbasis proyek mampu memperkuat komunikasi, kolaborasi, kreativitas, dan berpikir kritis peserta didik. Integrasi nilai karakter dan kewirausahaan dalam kegiatan proyek, sebagaimana disintesis oleh Kholid dan Hargina (2025), memperluas peran PjBL sebagai sarana pembentukan sikap tanggung jawab, kemandirian, dan orientasi pemecahan masalah. Hal ini sejalan dengan temuan Rohman et al. (2022) yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis STEAM memberikan dampak positif terhadap kesiapan siswa menghadapi tantangan abad ke-21 secara holistik.

Dari sisi kerangka teoretis dan pengembangan model, Aguilera et al. (2024) melalui model IDEARR menegaskan pentingnya tahapan inkuiri, desain, eksperimen, refleksi, dan revisi dalam pembelajaran STEM berbasis proyek. Kerangka ini memperkuat posisi PjBL sebagai pendekatan sistematis yang mendukung pengembangan literasi sains dan keterampilan proses ilmiah. Sementara itu, meta-analisis dan kajian sistematis yang dilakukan oleh Aripin et al. (2025), Imaduddin et al. (2021), serta Zakhrofa dan Setiaji (2023) menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek dan STEM secara konsisten memberikan pengaruh positif terhadap literasi sains, aktivitas belajar, dan keterampilan abad ke-21, meskipun dengan variasi konteks dan desain pembelajaran.

Meskipun demikian, berbagai penelitian juga mengidentifikasi tantangan dalam implementasi PjBL, seperti kesiapan guru dalam merancang proyek yang bermakna, keterbatasan sarana pendukung, serta pengelolaan waktu pembelajaran yang lebih kompleks. Selain itu, penguatan kompetensi guru dalam merancang pembelajaran berbasis STEM dan PjBL, termasuk integrasi TPACK, menjadi aspek krusial agar implementasi PjBL berjalan optimal (Sari & Mega, 2022). Oleh karena itu, diperlukan sintesis komprehensif terhadap temuan-temuan penelitian yang tidak hanya menyoroti efektivitas PjBL, tetapi juga pola implementasi, kontribusi terhadap kompetensi sains abad ke-21, serta implikasi praktisnya bagi pembelajaran.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan melakukan meta-sintesis terhadap berbagai hasil penelitian terkait implementasi *Project-Based Learning* dalam pembelajaran sains. Fokus utama penelitian diarahkan untuk menjawab pertanyaan: bagaimana dan sejauh mana PjBL mampu meningkatkan kompetensi sains abad ke-21 peserta didik. Melalui pendekatan meta-sintesis, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan pemahaman yang komprehensif dan terintegrasi sebagai landasan teoretis sekaligus rekomendasi praktis bagi pendidik, peneliti, dan pengambil kebijakan dalam mengoptimalkan pembelajaran sains berbasis proyek.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan meta-sintesis melalui desain *Systematic Literature Review* (SLR) untuk memperoleh pemahaman komprehensif mengenai implementasi *Project-Based Learning* (PjBL) dalam meningkatkan kompetensi sains abad ke-21. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan peneliti mengintegrasikan dan menafsirkan temuan-temuan empiris dari berbagai studi secara konseptual dan tematik, sehingga menghasilkan gambaran menyeluruh tentang pola, kecenderungan, serta kontribusi PjBL terhadap pengembangan literasi sains, keterampilan berpikir tingkat tinggi, dan kompetensi abad ke-21. Meta-sintesis tidak hanya menekankan pengumpulan hasil penelitian, tetapi juga analisis makna dan keterkaitan antar temuan dalam konteks pendidikan sains lintas jenjang.

Prosedur penelitian dilakukan secara sistematis melalui beberapa tahapan, yaitu penelusuran artikel ilmiah pada basis data bereputasi, seleksi studi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi, serta analisis isi secara mendalam. Artikel yang dipilih merupakan penelitian primer dan kajian sistematis yang relevan dengan implementasi PjBL, STEM, atau STEAM dalam pembelajaran sains. Selanjutnya, data dianalisis dengan teknik pengelompokan tematik untuk mengidentifikasi kontribusi PjBL terhadap aspek kompetensi abad ke-21, seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, komunikasi, literasi sains, dan keterampilan proses ilmiah. Hasil analisis kemudian disintesis secara naratif-analitis guna menghasilkan pemahaman terpadu yang dapat dijadikan dasar konseptual dan rekomendasi praktis bagi pengembangan pembelajaran sains berbasis proyek.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Tabel. Hasil Studi Literatur Implementasi *Project-Based Learning* (PjBL) dalam Meningkatkan Kompetensi Sains Abad 21

No	Penulis & Konteks/Jenjang Tahun	Fokus Penelitian	Temuan Utama	Kontribusi terhadap Kompetensi Abad 21
1	Berliana et al. (2024) SMP	PjBL-STEM pada energi alternatif	PjBL-STEM meningkatkan literasi sains dan pemahaman konsep energi	Scientific literacy, critical thinking
2	Yuliawati et al. (2024) SMP	STEM-PjBL proyek ekosistem	Terjadi peningkatan signifikan literasi sains dan kemampuan inkuiri	Scientific inquiry, problem solving
3	Ermiyawati et al. (2025) SMP	PjBL berbasis game edukatif	Game berbasis proyek meningkatkan motivasi dan literasi sains	Creativity, motivation, digital literacy
4	Aripin et al. (2025) SMA	Meta-analisis PBL & literasi sains	PBL efektif meningkatkan literasi sains dan 4C	Critical thinking, collaboration
5	Utami et al. (2025) SMA	STEAM-ESD berbasis proyek	Proyek kontekstual meningkatkan literasi energi dan kepedulian lingkungan	Scientific literacy, creativity
6	Al Anshori et al. (2025) SMA	PjBL-STEAM optika	PjBL meningkatkan berpikir kritis melalui simulasi visual	Analytical thinking, problem solving

No	Penulis & Tahun	Konteks/Jenjang	Fokus Penelitian	Temuan Utama	Kontribusi terhadap Kompetensi Abad 21
7	Talaen et al. (2025)	SMA	SLR Kurikulum Merdeka & 4C	Kurikulum berbasis proyek memperkuat karakteristik 4C	Communication, collaboration
8	Kholid & Hargina (2025)	SD	Integrasi karakter & kewirausahaan	Proyek meningkatkan tanggung jawab dan kreativitas siswa	Creativity, responsibility
9	Imaduddin et al. (2021)	SD	SLR STEM-PjBL	STEM-PjBL konsisten meningkatkan proses sains dan keaktifan	Scientific process skills
10	Yuniar et al. (2025)	SD	STEM berpikir kritis-kreatif	STEM & STEM efektif meningkatkan HOTS siswa	Critical thinking, creativity
11	Afifah et al. (2019)	SMP	PjBL-STEM biologi	PjBL meningkatkan penguasaan konsep dan berpikir kritis	Conceptual understanding
12	Aguilera et al. (2024)	Umum	Model IDEARR STEM	Kerangka STEM berbasis proyek mendukung inquiry autentik	Scientific inquiry
13	Patras et al. (2024)	SD	STEM kompetensi abad 21	Pembelajaran & proyek meningkatkan berpikir kritis siswa SD	Critical thinking
14	Hafiz et al. (2024)	SD	Kurikulum keterampilan abad 21	Kurikulum proyek mendukung pengembangan 4C	4C competencies
15	Manalu & Chang (2025)	SD	Sikap siswa terhadap STEM	PjBL meningkatkan minat STEM dan self-efficacy	Self-efficacy, motivation
16	Dewi et al. (2023)	SMP	PjBL-STEM IPA	Hasil belajar dan berpikir kritis meningkat signifikan	Analytical thinking
17	Annisa et al. (2018)	SMA	PjBL-STEAM kimia	PjBL meningkatkan kreativitas ilmiah	Creativity

No	Penulis & Tahun	Konteks/Jenjang	Fokus Penelitian	Temuan Utama	Kontribusi terhadap Kompetensi Abad 21
18	Astuti et al. (2019)	SMP	PjBL–STEM biologi	Aktivitas belajar dan pemahaman konsep meningkat	Scientific activity
19	Haerani et al. (2022)	SD	PjBL–STEM IPA	PjBL meningkatkan hasil belajar IPA	Scientific understanding
20	Rohman al. (2022)	SD/MI	STEAM abad 21	keterampilan abad 21 secara menyeluruh	4C competencies
21	Sari & Mega (2022)	PT/Calon Guru	STEM–TPACK	PjBL melatih perencanaan pembelajaran abad 21	Pedagogical competence
22	Syarifah & Rahayu (2022)	SMP	STEM kreativitas matematis	& Pendekatan STEM meningkatkan kreativitas siswa	Creativity
23	Toma et al. (2024)	Umum	Model socio-constructivist STEM	STEM berbasis proyek memperkuat konstruksi pengetahuan	Collaboration, inquiry
24	Vitra Nailinda al. (2025)	SD	STEM & HOTS	STEM meningkatkan berpikir kritis dan kreatif	HOTS
25	Zakhrofa & Setiaji (2023)	Umum	Meta-analisis STEM	STEM berpengaruh signifikan terhadap aktivitas belajar	Active learning

Merujuk pada sintesis temuan dalam tabel 1, dapat dipahami bahwa pembelajaran berbasis proyek menempati posisi strategis dalam upaya penguatan kompetensi sains abad ke-21 pada berbagai konteks pendidikan. Beragam penelitian menunjukkan bahwa keterlibatan peserta didik dalam aktivitas proyek yang terstruktur dan kontekstual mampu memperluas pemahaman konseptual sekaligus melatih cara berpikir ilmiah yang reflektif dan analitis. Integrasi PjBL dengan pendekatan STEM dan STEAM memperkaya pengalaman belajar karena peserta didik tidak hanya berfokus pada hasil akhir, tetapi juga pada proses eksplorasi, kolaborasi, dan pemecahan masalah nyata. Dampak yang dihasilkan tidak terbatas pada ranah kognitif, melainkan juga menjangkau aspek afektif dan sosial, seperti meningkatnya motivasi, minat terhadap sains dan teknologi, rasa tanggung jawab, serta kepercayaan diri dalam menghadapi tantangan belajar. Variasi desain dan jenjang implementasi memperlihatkan bahwa PjBL bersifat lentur dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan kurikulum serta karakteristik

peserta didik. Dengan demikian, pembelajaran berbasis proyek dapat dipandang sebagai pendekatan pedagogis yang efektif untuk menumbuhkan keterampilan berpikir tingkat tinggi dan kompetensi abad ke-21 secara menyeluruh dan berkelanjutan.

Pembahasan

Hasil meta-sintesis menunjukkan bahwa Project-Based Learning (PjBL) memiliki kontribusi yang signifikan dan konsisten dalam meningkatkan kompetensi sains abad ke-21 pada berbagai jenjang pendidikan. Temuan ini memperkuat pandangan bahwa pembelajaran sains tidak lagi efektif jika hanya berorientasi pada transmisi pengetahuan konseptual, melainkan harus mengintegrasikan proses inkuiri, pemecahan masalah, serta keterampilan berpikir tingkat tinggi melalui pengalaman belajar yang autentik dan kontekstual. PjBL menyediakan kerangka pedagogis yang memungkinkan peserta didik membangun pemahaman sains melalui keterlibatan aktif dalam perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi proyek yang relevan dengan kehidupan nyata.

Dari perspektif literasi sains, sebagian besar studi yang dianalisis menunjukkan bahwa PjBL, terutama yang terintegrasi dengan pendekatan STEM dan STEAM, berdampak positif terhadap kemampuan siswa dalam memahami konsep, menafsirkan data ilmiah, serta mengaitkan pengetahuan sains dengan konteks sosial dan lingkungan. Penelitian Berliana et al. (2024) dan Yuliawati et al. (2024) memperlihatkan bahwa proyek berbasis energi alternatif dan ekosistem mendorong siswa untuk menerapkan konsep sains dalam situasi nyata, sehingga meningkatkan literasi sains secara bermakna. Temuan ini sejalan dengan hasil kajian Ermiyawati et al. (2025) yang menekankan bahwa integrasi media inovatif, seperti permainan edukatif berbasis proyek, memperkuat pemahaman konseptual sekaligus meningkatkan motivasi belajar. Dengan demikian, PjBL tidak hanya meningkatkan capaian kognitif, tetapi juga memperkaya pengalaman belajar sains yang kontekstual dan aplikatif.

Aspek berpikir tingkat tinggi, khususnya berpikir kritis dan kreatif, juga muncul sebagai temuan dominan dalam meta-sintesis ini. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa PjBL mendorong siswa untuk menganalisis masalah, mengevaluasi informasi, serta merancang solusi berbasis bukti. Al Anshori et al. (2025) dan Dewi et al. (2023) menegaskan bahwa proyek berbasis STEAM yang dilengkapi simulasi visual dan eksperimen mendorong keterlibatan kognitif yang lebih mendalam dibandingkan pembelajaran konvensional. Temuan serupa juga ditunjukkan pada jenjang sekolah dasar, di mana pendekatan STEM dalam PjBL secara signifikan meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa (Yuniar et al., 2025; Vitra Nailinda et al., 2025). Hal ini mengindikasikan bahwa PjBL bersifat fleksibel dan adaptif untuk mengembangkan Higher Order Thinking Skills (HOTS) pada berbagai tingkat perkembangan peserta didik.

Selain kompetensi kognitif, meta-sintesis ini menegaskan peran strategis PjBL dalam memperkuat keterampilan abad ke-21 yang tercermin dalam kerangka 4C (communication, collaboration, critical thinking, creativity). Studi Talaen et al. (2025) menunjukkan bahwa implementasi Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran berbasis proyek memberikan ruang yang luas bagi pengembangan komunikasi dan kolaborasi melalui kerja kelompok dan presentasi hasil proyek. Integrasi nilai karakter dan kewirausahaan dalam PjBL, sebagaimana disintesis oleh Kholid dan Hargina (2025), memperluas dimensi pembelajaran sains tidak hanya pada aspek akademik, tetapi juga pada pembentukan sikap tanggung jawab, kemandirian, dan orientasi pemecahan masalah. Temuan ini konsisten dengan hasil Rohman et al. (2022) yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis STEAM memberikan dampak holistik terhadap kesiapan siswa menghadapi tantangan abad ke-21.

Dari sisi kerangka konseptual, model IDEARR yang dikemukakan Aguilera et al. (2024) memberikan landasan teoretis yang kuat untuk menjelaskan efektivitas PjBL dalam pembelajaran STEM. Tahapan inkuiri, desain, eksperimen, refleksi, dan revisi dalam model tersebut selaras dengan prinsip PjBL dan proses ilmiah, sehingga mendukung pengembangan literasi sains dan keterampilan proses ilmiah secara berkelanjutan. Pendekatan socio-constructivist dalam pembelajaran STEM juga menegaskan bahwa pengetahuan sains dibangun melalui interaksi sosial dan pengalaman autentik, sebagaimana diungkapkan oleh Toma et al. (2024). Hal ini menjelaskan mengapa PjBL mampu menghasilkan pembelajaran yang lebih bermakna dibandingkan pendekatan tradisional.

Hasil meta-analisis dan kajian sistematis yang dilakukan oleh Aripin et al. (2025), Imaduddin et al. (2021), serta Zakhrofa dan Setiaji (2023) semakin memperkuat temuan penelitian ini. Ketiga studi tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek dan STEM secara konsisten berpengaruh positif terhadap literasi sains, aktivitas belajar, dan keterampilan abad ke-21, meskipun diterapkan dalam konteks, jenjang, dan desain pembelajaran yang berbeda. Konsistensi temuan ini mengindikasikan bahwa PjBL memiliki validitas empiris yang kuat sebagai pendekatan pembelajaran sains abad ke-21.

Namun demikian, meta-sintesis ini juga mengungkap sejumlah tantangan implementatif. Kesiapan guru dalam merancang proyek yang bermakna, keterbatasan waktu pembelajaran, serta sarana pendukung menjadi kendala yang sering dilaporkan. Studi Sari dan Mega (2022) menekankan pentingnya penguatan kompetensi guru, khususnya dalam integrasi STEM dan TPACK, agar PjBL dapat diimplementasikan secara optimal. Selain itu, pengembangan kurikulum berbasis keterampilan abad ke-21, sebagaimana dikemukakan oleh Hafiz et al. (2024), menjadi prasyarat penting agar PjBL tidak hanya bersifat insidental, tetapi terintegrasi secara sistematis dalam pembelajaran sains.

Secara keseluruhan, pembahasan ini menunjukkan bahwa Project-Based Learning merupakan pendekatan pedagogis yang efektif, adaptif, dan relevan untuk meningkatkan kompetensi sains abad ke-21. Melalui integrasi konsep, proses ilmiah, keterampilan berpikir tingkat tinggi, serta nilai-nilai karakter, PjBL mampu menjawab tantangan pembelajaran sains kontemporer. Oleh karena itu, hasil meta-sintesis ini memberikan implikasi penting bagi pendidik dan pengambil kebijakan untuk menjadikan PjBL sebagai pendekatan strategis dalam penguatan kualitas pembelajaran sains di berbagai jenjang pendidikan.

KESIMPULAN

Hasil meta-sintesis menunjukkan bahwa *Project-Based Learning* (PjBL) sangat efektif dalam meningkatkan kompetensi sains abad 21. PjBL mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, pemecahan masalah, kolaborasi, komunikasi, literasi sains, dan keterampilan proses ilmiah melalui kegiatan proyek yang kontekstual, investigatif, dan berbasis masalah nyata. PjBL juga meningkatkan pemahaman konsep IPA dan motivasi belajar karena siswa terlibat langsung dalam eksperimen, pengumpulan data, pembuatan produk, dan presentasi ilmiah. Meskipun terdapat tantangan seperti keterbatasan waktu, fasilitas, dan kesiapan guru, PjBL tetap menjadi model pembelajaran yang paling relevan untuk memenuhi tuntutan pembelajaran sains pada abad 21. Secara keseluruhan, PjBL layak dijadikan pendekatan utama dalam penguatan kompetensi sains siswa, karena mampu mengintegrasikan pengetahuan, keterampilan, dan sikap ilmiah dalam proses pembelajaran yang bermakna dan holistik.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, A. N., Ilmiyati, N., & Toto, T. (2019). Model project based learning (PjBL) berbasis STEM untuk meningkatkan penguasaan konsep dan keterampilan berpikir kritis siswa. *Quagga: Jurnal Pendidikan dan Biologi*, 11(2), 73–80. <https://doi.org/10.25134/quagga.v11i2.1910>
- Aguilera, D., Lupiáñez, J. L., Perales-Palacios, F. J., & Vílchez-González, J. M. (2024). IDEARR model for STEM education: A framework proposal. *Education Sciences*, 14(6), 638. <https://doi.org/10.3390/educsci14060638>
- Al Anshori, I., Parno, P., Hidayat, A., & Ali, M. (2025). Enhancing critical thinking in optics through project-based STEAM learning with visual simulations. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 11(1), 222–231. <https://doi.org/10.29303/jpft.v11i1.8750>
- Annisa, R., Effendi, M. H., & Damris, M. (2018). Peningkatan kemampuan berpikir kreatif siswa melalui model project based learning berbasis STEAM pada materi asam dan basa. *Journal of the Indonesian Society of Integrated Chemistry*, 10(2), 42–46. <https://doi.org/10.22437/jisic.v10i2.6517>
- Aripin, N., Mufit, F., Lufri, L., Andromeda, A., & Festiyed, F. (2025). The role of problem-based learning in developing science literacy and 21st-century skills in high school students: A meta-analysis. *Formatif: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA*, 15(1). <https://doi.org/10.30998/formatif.v15i1.27799>
- Astuti, I. D., Toto, T., & Yulisma, L. (2019). Model project based learning terintegrasi STEM untuk meningkatkan penguasaan konsep dan aktivitas belajar siswa. *Quagga: Jurnal Pendidikan dan Biologi*, 11(2), 93–98. <https://doi.org/10.25134/quagga.v11i2.1915>
- Berliana, D. R., Suwarma, I. R., & Novia, H. (2024). The effect of project-based learning (PjBL)-STEM in improving students' science literacy skills on the topic of alternative energy. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 10(1), 141–148. <https://doi.org/10.29303/jpft.v10i1.6896>
- Dewi, N. N. S. K., Arnyana, I. B. P., & Margunayasa, I. G. (2023). Project-based learning berbasis STEM: Meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar siswa. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Profesi Guru*, 6(1), 133–143. <https://doi.org/10.23887/jpppg.v6i1.59857>
- Ermiyawati, R., Nisa, A. F., & Masjid, A. A. (2025). Developing educational games based on project-based learning to improve science literacy. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(10), 566–580. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i10.12397>
- Haerani, R. P. R., Meli, N., & Kusdar, K. (2022). Penerapan model project based learning berbasis STEM untuk meningkatkan hasil belajar IPA siswa sekolah dasar. *Kompetensi*, 14(1), 102–110. <https://doi.org/10.36277/kompetensi.v15i1.71>
- Hafiz, M., Aziz, A. R. A., & Hamli, H. (2024). Pengembangan kurikulum berbasis keterampilan abad ke-21 untuk sekolah dasar. *Madrasah: Jurnal Pendidikan Madrasah*, 1(2). <https://doi.org/10.61590/mad.v1i2.33>
- Imaduddin, M., Sholikhati, S., & In'ami, M. (2021). STEM education research in Indonesian elementary schools: A systematic review of project-based learning. *Elementary: Islamic Teacher Journal*, 9(2), 201–228.
- Kholid, I., & Hargina, D. Y. W. (2025). Integrasi pendidikan karakter dan kewirausahaan di sekolah dasar: Sintesis pendekatan kurikuler-ekstrakurikuler. *GENIUS: Jurnal Inovasi Pendidikan dan Pembelajaran*, 3(2), 1–11. <https://doi.org/10.58227/gjipp.v3i2.321>

- Manalu, M. S., & Chang, C. Y. (2025). Unlocking Indonesian primary students' attitudes toward STEM education and interests in STEM-related careers using latent profile analysis. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(2), em2584. <https://doi.org/10.29333/ejmste/15954>
- Patras, Y. E., Yolanita, C., Wildan, D. A., & Fajrudin, L. (2024). Pembelajaran berbasis STEM di sekolah dasar untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis menuju kompetensi abad ke-21. *Kalam Cendekia: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 12(2), 857–867.
- Rohman, A. D., Musa, M. M., Falkhah, A. N., & Annur, A. F. (2022). Efektivitas pembelajaran berbasis STEAM terhadap peningkatan keterampilan siswa MI/SD abad ke-21. *Ibtida'*, 3(1), 48–58. <https://doi.org/10.37850/ibtida.v3i1.285>
- Sari, W. P., & Mega, I. R. (2022). Prospective elementary science teacher in developing lesson plans through integration of STEM-based TPACK. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 23(4), 1620–1634. <https://doi.org/10.23960/jpmipa/v23i4.pp1620-1634>
- Syarifah Ayu, & Rahayu, W. (2022). Pendekatan STEM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Matematika*, 1(2), 35–42. <https://doi.org/10.56587/jipm.v1i2.81>
- Talaen, Y. D., Ardan, A. S., & Tokan, M. K. (2025). Analisis penerapan kurikulum merdeka belajar terhadap karakteristik 4C pembelajaran abad ke-21 di SMA: A systematic literature review. *Media Sains*, 25(1), 38–43. <https://doi.org/10.69869/5m7ant21>
- Toma, R. B., Yáñez-Pérez, I., & Meneses-Villagrà, J. Á. (2024). Towards a socio-constructivist didactic model for integrated STEM education. *Interchange*, 55(1), 75–91. <https://doi.org/10.1007/s10780-024-09513-2>
- Utami, P. L., Suprpto, N., & Hidaayatullaah, H. N. (2025). Empowering students' energy literacy through STEAM-ESD projects in place-based education. *Journal of Physics: Conference Series*, 3132(1), 012010. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/3132/1/012010>
- Vitra Nailinda, J. A. A., & Alim, M. S. (2025). Pengaruh pembelajaran STEM terhadap keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa sekolah dasar. *Indonesian Research Journal on Education*, 5(2), 589–598.
- Yuliawati, F., Sulistyowati, E., Ekantini, A., & Wijayanti, I. D. (2024). Increasing students' scientific literacy competence through a STEM-based PjBL learning model: A case study of an ecosystem project. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(12), 10538–10546. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i11.6874>
- Yuniar, E., Rosmilawati, I., & Juansah, D. E. (2025). Efektivitas pendekatan STEM dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, 9(4), 966–977. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v9i4.10013>
- Zakhrofa, A., & Setiaji, B. (2023). Analisis pengaruh pendekatan STEM terhadap peningkatan aktivitas belajar siswa: Meta-analisis. *Journal of Physics Education and Science*, 1(1), 1–13. <https://doi.org/10.47134/physics.v1i1.135>