

STEM-PJBL MODELS IN HIGH SCHOOL PHYSICS LEARNING : SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Yuli Yani Permata Sakti¹, Cahyani Viska Marliyenti², Nike Nurapiyani³, Ike Festiana^{4*},
Ryna Aulia Falamy⁵

^{1,2,3,5} S1 Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung

⁴ S2 Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung

* E-mail: ike.festiana@fkip.unila.ac.id

Abstrak

Penelitian ini merupakan tinjauan sistematis (*systematic review*) mengenai penerapan model STEM-PJBL dalam pembelajaran fisika di tingkat Sekolah Menengah Atas (SMA) pada periode 2023–2025. Tujuan kajian ini adalah untuk menganalisis tren publikasi, metodologi penelitian, indeksasi artikel, gender peneliti utama, keterampilan yang diukur, serta materi fisika yang digunakan dalam penelitian. Data diperoleh dari artikel yang terindeks *Scopus*, *Google Scholar*, dan *Sinta*. Hasil kajian menunjukkan adanya peningkatan jumlah penelitian terutama pada tahun 2024, dengan metode *quasi-eksperimen* sebagai pendekatan yang paling dominan. Keterampilan yang paling banyak diteliti adalah berpikir kritis. Materi sering digunakan diantaranya yaitu gelombang cahaya, suhu dan kalor, serta pemanasan global. Secara keseluruhan, penerapan model pembelajaran STEM-PjBL terbukti mampu meningkatkan pemahaman konsep serta keterampilan peserta didik dalam memecahkan masalah pada mata pelajaran fisika.

Kata kunci: Model Pembelajaran STEM-PJBL ; Sekolah Menengah Atas (SMA); Pembelajaran Fisika; *systematic literature review*

Abstrack

This study is a systematic review of the implementation of the STEM-PjBL model in physics learning at the senior high school level during the 2023–2025 period. The purpose of this review is to analyze publication trends, research methodologies, article indexation, gender of the main researchers, measured skills, and physics topics used in the studies. Data were collected from articles indexed in Scopus, Google Scholar, and Sinta. The results indicate an increase in the number of studies, particularly in 2024, with the quasi-experimental method being the most commonly used approach. The most frequently investigated skill was critical thinking. The physics topics that were often used include light waves, heat and temperature, and global warming. Overall, the implementation of the STEM-PjBL learning model has been proven to enhance students' conceptual understanding and problem-solving skills in physics learning.

Keyword: STEM-PJBL; senior high school; physics lerning; *systematic literature review*

PENDAHULUAN

Model *STEM Project Based Learning* (STEM-PjBL) merupakan pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan empat disiplin utama *Science, Technology, Engineering, dan Mathematics* ke dalam kegiatan berbasis proyek yang menekankan pemecahan masalah nyata. Model ini dirancang untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis, kolaboratif, kreatif, dan komunikatif peserta didik melalui pengalaman belajar kontekstual (Capraro et al., 2013; Bybee, 2010). Dalam konteks pembelajaran fisika, STEM-PjBL memberikan kesempatan kepada siswa untuk menghubungkan konsep-konsep fisika dengan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari melalui rancangan proyek yang inovatif, seperti pembuatan alat sederhana berbasis prinsip fisika. Sejalan dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21, model STEM-PjBL mendorong siswa untuk aktif dalam proses eksplorasi dan menghasilkan produk yang mencerminkan pemahaman konseptual mereka (Beers, 2011; Tseng et al., 2013). Melalui kegiatan ini, siswa tidak hanya menguasai aspek kognitif, tetapi juga mengembangkan keterampilan proses sains dan kompetensi abad ke-21, seperti problem solving, collaboration, dan critical thinking.

Oleh karena itu, model STEM-PjBL dianggap relevan diterapkan dalam pembelajaran fisika yang menuntut penerapan konsep ilmiah untuk menjelaskan fenomena alam (Rahmawati & Setiawan, 2025).

Berdasarkan hasil tinjauan sistematis terhadap 17 artikel yang terbit pada periode 2023–2025, diketahui bahwa penelitian mengenai penerapan model STEM-PjBL dalam pembelajaran fisika SMA menunjukkan peningkatan signifikan pada tahun 2024, dengan 9 publikasi dibandingkan 4 pada tahun 2023 dan 4 pada tahun 2025. Peningkatan ini menandakan adanya tren positif dan minat tinggi dari para peneliti terhadap pendekatan interdisipliner berbasis proyek dalam pembelajaran sains. Dari segi indeksasi publikasi, mayoritas penelitian masih terbit di jurnal nasional terindeks Sinta dan Google Scholar, sedangkan publikasi di jurnal internasional terindeks Scopus masih terbatas. Hal ini menunjukkan perlunya peningkatan kualitas dan jangkauan penelitian agar diakui secara global. Dari aspek metodologi, sebagian besar penelitian menggunakan desain quasi-eksperimen (9 penelitian), yang bertujuan untuk menguji efektivitas model terhadap peningkatan hasil belajar dan keterampilan berpikir kritis siswa. Selain itu, terdapat beberapa penelitian dengan pendekatan *Research and Development* (R&D) model ADDIE, *Classroom Action Research* (CAR), serta *pre-experiment*, yang menunjukkan adanya keragaman pendekatan dalam mengembangkan dan menguji implementasi STEM-PjBL di sekolah menengah. Dominasi metode quasi-eksperimen mencerminkan kecenderungan peneliti untuk mengukur dampak langsung penerapan model terhadap kemampuan kognitif dan afektif siswa.

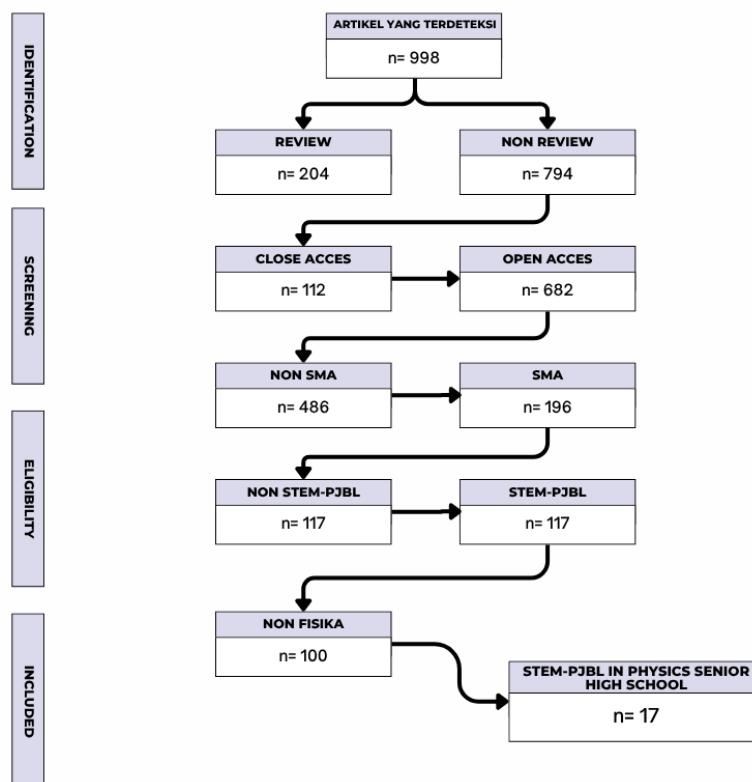
Adapun dari sisi keterampilan yang diteliti, sebagian besar penelitian berfokus pada berpikir kritis (7 penelitian), diikuti oleh kreativitas ilmiah (3 penelitian), keterampilan proses sains (2 penelitian), serta hasil belajar (2 penelitian). Keterampilan lain seperti literasi ilmiah, sikap ilmiah, pemecahan masalah, dan berpikir sistemik juga mulai mendapat perhatian, meskipun jumlahnya masih terbatas. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan STEM-PjBL lebih banyak diarahkan untuk mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills*) dan pemahaman konseptual fisika (Fitriani & Kurniawati, 2023). Sementara itu, materi atau topik fisika yang sering digunakan dalam penerapan model ini meliputi gelombang cahaya, pengukuran, gerak parabola, energi terbarukan, optik, suhu dan kalor, serta fluida. Topik-topik tersebut dinilai sesuai dengan karakteristik STEM-PjBL karena memungkinkan siswa untuk merancang proyek berbasis fenomena nyata yang dapat diamati dan diuji melalui eksperimen (Yuliani & Purwanto, 2024). Melalui kegiatan proyek tersebut, siswa dapat mengintegrasikan prinsip fisika dengan pendekatan rekayasa dan teknologi sederhana.

Secara keseluruhan, hasil tinjauan menunjukkan bahwa model STEM-PjBL memiliki efektivitas yang tinggi dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis, hasil belajar, dan kreativitas ilmiah siswa. Namun, masih diperlukan peningkatan jumlah dan kualitas publikasi di jurnal internasional, serta pengembangan topik penelitian yang lebih beragam dan kontekstual. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengombinasikan model ini dengan pendekatan berbasis teknologi dan *Design Thinking*, agar implementasi STEM-PjBL semakin sesuai dengan kebutuhan pendidikan abad ke-21 dan perkembangan dunia industri 4.0 (Rahmawati & Setiawan, 2025).

METODE PENELITIAN

Model *STEM-Project Based Learning* (STEM-PjBL) merupakan salah satu pendekatan pembelajaran yang berorientasi pada konstruktivisme, di mana siswa terlibat aktif dalam proses merancang, mengeksplorasi, dan menyelesaikan proyek berbasis masalah kontekstual dengan mengintegrasikan aspek *Science, Technology, Engineering, dan Mathematics* (Roslina *et al.*, 2024). Dalam konteks pembelajaran fisika, model ini terbukti efektif dalam membantu siswa memahami konsep-konsep abstrak melalui kegiatan berbasis proyek dan penerapan prinsip ilmiah secara nyata (Widiawati *et al.*, 2022). Selain itu, STEM-PjBL juga sejalan dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21 yang menekankan pada pengembangan keterampilan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif, serta kemampuan pemecahan masalah dan literasi teknologi (Mufitdah *et al.*, 2024). Penelitian ini bertujuan untuk meninjau secara sistematis berbagai studi yang membahas penerapan model STEM-PjBL dalam pembelajaran fisika di Sekolah Menengah Atas (SMA) selama periode 2023–

2025. Kajian ini dilakukan untuk mengidentifikasi tren penelitian, metodologi yang digunakan, fokus kajian, serta keterampilan dan materi fisika yang sering menjadi topik penelitian (Mufitdah *et al.*, 2024). Pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) digunakan karena memungkinkan peneliti menyintesis hasil penelitian terdahulu secara terstruktur untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai arah dan perkembangan penerapan model STEM-PjBL dalam pendidikan fisika (Widiawati *et al.*, 2022). Untuk memperoleh hasil kajian yang komprehensif dan terverifikasi, penelitian ini mengikuti tahapan *Systematic Literature Review* (SLR) yang meliputi empat tahap utama, yaitu *identification*, *screening*, *eligibility*, dan *included*. Proses ini dilakukan untuk memastikan bahwa hanya artikel yang relevan dengan topik penerapan model STEM-PjBL dalam pembelajaran fisika di tingkat Sekolah Menengah Atas yang dianalisis lebih lanjut. Alur seleksi artikel tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur seleksi artikel pada penelitian *Systematic Literature Review* (SLR) penerapan STEM-PjBL dalam pembelajaran fisika di SMA.

Proses SLR mencakup tahap identifikasi, seleksi, dan analisis artikel yang diambil dari basis data *Scopus*, *Google Scholar*, dan *Sinta*. Kriteria meliputi artikel yang terbit pada 2023–2025, berfokus pada penerapan STEM-PjBL dalam pembelajaran fisika di SMA, serta memiliki data empiris tentang implementasinya. Artikel yang lolos seleksi dikategorikan berdasarkan tahun terbit, jenis metodologi, keterampilan yang diteliti, serta topik fisika yang digunakan. Kajian ini diharapkan menjadi dasar pengembangan model pembelajaran inovatif yang relevan dengan kebutuhan pembelajaran fisika.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Bagian ini menyajikan hasil analisis terhadap artikel-artikel yang telah dikumpulkan dan diseleksi berdasarkan kriteria inklusi yang dijelaskan pada bagian metodologi. Analisis dilakukan untuk menggambarkan kecenderungan penelitian mengenai penerapan model STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL) dalam pembelajaran fisika di SMA selama periode 2023–2025. Aspek yang dikaji meliputi tahun publikasi, indeksasi jurnal, gender peneliti utama, metodologi penelitian, keterampilan yang

diteliti, serta topik fisika yang menjadi fokus kajian. Adapun untuk tahun publikasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tahun publikasi artikel PjBL-STEM tahun 2023-2025.

Jenis Model	2023	2024	2025	Jumlah
STEM-PjBL	4	9	4	17

Dari hasil penelusuran diperoleh 17 artikel yang memenuhi kriteria. Sebanyak 4 artikel diterbitkan pada tahun 2023, 9 artikel pada tahun 2024, dan 4 artikel pada tahun 2025. Setelah melihat sebaran tahun publikasi pada Tabel 1, analisis selanjutnya dilakukan untuk mengetahui sebaran artikel berdasarkan jenis pengindeks jurnal tempat artikel tersebut diterbitkan, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data persebaran indeks artikel.

STEM-PJBL	Pengindeks								
	Scopus			Google scholar			Sinta		
	2025	2024	2023	2025	2024	2023	2025	2024	2023
	1		1	1	4	2	2	5	1
Jumlah	2			7			8		

Berdasarkan hasil identifikasi, terdapat 2 artikel yang terindeks Scopus, 7 artikel yang dipublikasikan melalui Google Scholar, dan 8 artikel yang berasal dari jurnal terindeks Sinta. Hal ini menunjukkan bahwa penelitian mengenai penerapan STEM-PjBL dalam pembelajaran fisika masih didominasi oleh publikasi di jurnal nasional. Setelah menganalisis sebaran artikel berdasarkan jenis pengindeks jurnal pada Tabel 2, analisis selanjutnya difokuskan pada gender peneliti utama yang berkontribusi dalam publikasi terkait penerapan model STEM-PjBL. Rincian hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data gender peneliti utama.

Indeksasi	Jenis Kelamin	2023	2024	2025
Scopus	Laki-laki	1	0	1
	Perempuan	0	0	0
Google Scholar	Laki-laki	1	3	2
	Perempuan	0	1	0
Sinta	Laki-laki	1	2	4
	Perempuan	1	0	0
Jumlah Total	—	2	7	8

Distribusi gender peneliti utama menunjukkan adanya peningkatan kontribusi peneliti perempuan dari tahun ke tahun. Tercatat 1 peneliti perempuan pada tahun 2023, 1 peneliti perempuan pada tahun 2024, dan 3 peneliti perempuan pada tahun 2025. Meskipun secara keseluruhan jumlah

peneliti perempuan belum mendominasi, tren ini mencerminkan peningkatan partisipasi aktif perempuan dalam penelitian pendidikan fisika, terutama dalam pengembangan model pembelajaran inovatif seperti STEM-PjBL. Setelah mengetahui distribusi gender peneliti utama pada artikel-artikel yang dikaji, analisis berikutnya difokuskan pada keterampilan yang diukur dalam penelitian penerapan model STEM-PjBL pada pembelajaran fisika. Rincian mengenai jenis keterampilan tersebut disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data keterampilan yang diukur

Keterampilan	2023	2024	2025	Total
Berfikir Kritis	3	3	1	7
Kreativitas Ilmiah	1	1	1	3
Keterampilan Proses Sanis		2		2
Hasil Belajar		1	1	2
Literasi Ilmiah		1		1
Sikap Siswa		2		2
Pemecahan Masalah		1		1
Berfikir Sistem			1	1

Keterampilan yang menjadi fokus penelitian meliputi berpikir kritis, kreativitas ilmiah, keterampilan proses sains, hasil belajar, sikap siswa, literasi ilmiah, pemecahan masalah, dan berpikir sistem. Distribusi keterampilan menunjukkan bahwa berpikir kritis merupakan keterampilan yang paling banyak diteliti (7 penelitian), Diikuti oleh kreativitas ilmiah (3 penelitian), Keterampilan proses sains, hasil belajar, dan sikap siswa masing-masing muncul dalam 2 penelitian, Sementara literasi ilmiah, pemecahan masalah, dan berpikir sistem masing-masing diteliti sebanyak 1 kali. Beberapa penelitian menelaah lebih dari satu keterampilan sekaligus, sehingga total frekuensi melebihi jumlah artikel yang dianalisis. Pola ini menunjukkan bahwa model STEM-PjBL banyak digunakan untuk mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (Higher Order Thinking Skills/HOTS) serta pemahaman konseptual peserta didik dalam pembelajaran fisika. Berdasarkan hasil analisis keterampilan yang diukur pada Tabel 4, selanjutnya dilakukan penelaahan terhadap pendekatan metodologis yang digunakan dalam penelitian-penelitian tersebut. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui kecenderungan metode penelitian yang paling banyak diterapkan oleh para peneliti, sebagaimana dirangkum pada Tabel 5.

Tabel 5. Data metodologi yang digunakan.

Metodologi	2023	2024	2025	Total
Quasi Eksperimen	3	3	3	9
R&D ADDIE		3	1	4
Mixed Methods			1	1
CAR		2		2

Pre-Experimen		1		1
---------------	--	---	--	---

Metodologi yang digunakan dalam penelitian-penelitian tersebut bervariasi. Dari hasil analisis ditemukan bahwa Quasi-eksperimen menjadi metode yang paling banyak digunakan (9 penelitian), Disusul oleh Research and Development (R&D) dengan model ADDIE (4 penelitian), Classroom Action Research (CAR) (2 penelitian), Mixed Methods (1 penelitian), dan Pre-eksperimen (1 penelitian). Dominasi metode quasi-eksperimen menunjukkan bahwa sebagian besar peneliti berfokus pada pengujian efektivitas model STEM-PjBL secara empiris, khususnya terhadap peningkatan hasil belajar, keterampilan berpikir kritis, dan sikap ilmiah siswa. Sementara penggunaan metode R&D menggambarkan upaya pengembangan perangkat pembelajaran berbasis STEM-PjBL yang terstruktur melalui tahapan perancangan dan uji coba.

Setelah mengetahui metode penelitian yang dominan digunakan, analisis kemudian diarahkan pada materi pembelajaran fisika yang paling sering dijadikan objek penelitian. Hasil identifikasi topik tersebut dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Data materi/topik yang dikaji.

Materi/ topik	2023	2024	2025	Total
Gelombang Cahaya	1	1		2
Pengukuran		1		1
Gerak Parabola	1			1
Listrik arus searah		1	1	2
Energi Terbarukan			1	1
Suhu dan Kalor		1	1	2
Global Warming		2		2
Optik		1	1	2
Termodinamika			1	1
Fluids	1	1		2

Topik-topik fisika yang digunakan dalam penerapan model STEM-PjBL sangat beragam, meliputi gelombang cahaya, pengukuran, gerak parabola, listrik arus searah, energi terbarukan, suhu dan kalor, global warming, optik, termodinamika, dan fluida. Dari keseluruhan topik tersebut, gelombang cahaya, listrik arus searah, suhu dan kalor, optik, serta fluida merupakan materi yang paling sering muncul. Topik-topik tersebut relevan dengan karakteristik model STEM-PjBL karena memungkinkan siswa melakukan eksperimen sederhana, eksplorasi, serta penerapan konsep fisika dalam konteks kehidupan nyata. Sementara itu, tema seperti energi terbarukan dan global warming mengintegrasikan isu-isu lingkungan ke dalam pembelajaran fisika, sehingga memperkuat relevansi pendidikan STEM dalam menghadapi tantangan abad ke-21.

Berdasarkan keseluruhan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa penerapan model STEM-PjBL menunjukkan tren peningkatan popularitas yang signifikan dalam penelitian pendidikan fisika di

SMA selama periode 2023–2025. Peningkatan jumlah publikasi pada tahun 2024 menandakan antusiasme tinggi dari kalangan peneliti dan praktisi pendidikan terhadap model pembelajaran berbasis proyek yang terintegrasi dengan pendekatan STEM. Dominasi metode quasi-eksperimen menunjukkan bahwa banyak penelitian berorientasi pada pengukuran kuantitatif terhadap efektivitas model, terutama dalam meningkatkan hasil belajar dan keterampilan berpikir kritis siswa. Topik-topik seperti fluida statis, gerak melingkar, dan energi terbarukan sering dipilih karena memiliki keterkaitan langsung dengan fenomena nyata, sehingga mendukung proses pembelajaran berbasis proyek dan eksperimen ilmiah. Namun demikian, hasil kajian juga menunjukkan bahwa jumlah penelitian yang terpublikasi di jurnal internasional (Scopus) masih terbatas. Oleh karena itu, ke depan diperlukan upaya peningkatan kualitas metodologi penelitian, penguatan kolaborasi antar institusi, serta perluasan jaringan publikasi internasional agar kontribusi ilmiah dari penelitian STEM-PjBL dalam pembelajaran fisika semakin diakui secara global.

Pembahasan

Hasil analisis terhadap 17 artikel mengenai penerapan model STEM–Project Based Learning (STEM-PjBL) dalam pembelajaran fisika di tingkat SMA selama periode 2023–2025 menunjukkan tren penelitian yang terus berkembang dan beragam. Berdasarkan tahun publikasi, terlihat adanya peningkatan jumlah artikel pada tahun 2024, yang kemudian menurun kembali pada tahun 2025. Peningkatan tersebut mengindikasikan meningkatnya perhatian peneliti terhadap integrasi pendekatan STEM dan PjBL, sejalan dengan implementasi Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran kontekstual dan berbasis proyek. Sebagian besar artikel dipublikasikan pada jurnal nasional terindeks Sinta (8 artikel) dan Google Scholar (7 artikel), sementara hanya dua artikel yang terbit di jurnal Scopus. Temuan ini menunjukkan bahwa kajian STEM-PjBL dalam konteks pembelajaran fisika di Indonesia masih berfokus pada lingkup nasional. Rendahnya jumlah publikasi internasional dapat mencerminkan keterbatasan kolaborasi global, penggunaan bahasa Inggris akademik, serta fokus penelitian yang lebih aplikatif pada konteks lokal pendidikan.

Distribusi gender peneliti utama menunjukkan bahwa kontribusi peneliti laki-laki masih mendominasi, namun terdapat tren peningkatan partisipasi peneliti perempuan dari tahun ke tahun. Hal ini menandakan adanya perkembangan positif menuju keterlibatan yang lebih seimbang dalam riset pendidikan fisika, terutama dalam pengembangan model pembelajaran inovatif berbasis STEM. Dari segi fokus penelitian, keterampilan berpikir kritis menjadi aspek yang paling sering dikaji, diikuti oleh kreativitas ilmiah, keterampilan proses sains, dan hasil belajar. Dominasi penelitian terhadap keterampilan berpikir kritis menunjukkan bahwa model STEM-PjBL dianggap efektif dalam mengembangkan Higher Order Thinking Skills (HOTS) siswa. Sementara itu, munculnya topik seperti literasi ilmiah, pemecahan masalah, dan berpikir sistem memperlihatkan perluasan arah penelitian menuju kompetensi abad ke-21 yang lebih komprehensif.

Dalam hal metodologi, pendekatan quasi-eksperimen merupakan metode yang paling banyak digunakan, diikuti oleh Research and Development (R&D) dengan model ADDIE. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian berfokus pada pengujian efektivitas model serta pengembangan perangkat pembelajaran berbasis STEM-PjBL. Dominasi pendekatan kuantitatif eksperimental juga mencerminkan upaya untuk memperoleh bukti empiris terkait peningkatan hasil belajar dan keterampilan berpikir siswa. Topik fisika yang menjadi objek penelitian cukup beragam, antara lain gelombang cahaya, listrik arus searah, suhu dan kalor, optik, fluida, serta energi terbarukan dan pemanasan global. Topik-topik tersebut dipilih karena relevan dengan prinsip STEM-PjBL yang menekankan integrasi konsep sains dengan penerapan nyata melalui eksperimen dan proyek kontekstual. Integrasi isu lingkungan seperti

energi terbarukan dan global warming menunjukkan arah baru dalam pembelajaran fisika yang menumbuhkan kesadaran ekologis serta relevansi pendidikan sains terhadap tantangan global.

Secara keseluruhan, temuan sistematis ini menegaskan bahwa penerapan model STEM-PjBL dalam pembelajaran fisika berpotensi besar dalam mengembangkan keterampilan abad ke-21, terutama kemampuan berpikir kritis dan kreatif. Namun demikian, masih terdapat ruang pengembangan dalam hal diversifikasi metodologi, perluasan konteks penelitian, serta peningkatan kualitas publikasi internasional. Ke depan, diperlukan penelitian longitudinal dan kolaboratif yang tidak hanya menguji efektivitas, tetapi juga mengevaluasi keberlanjutan implementasi STEM-PjBL dalam konteks pendidikan fisika di Indonesia.

PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis terhadap artikel penelitian periode 2023–2025, penerapan STEM–Project Based Learning (STEM-PjBL) dalam pembelajaran fisika di SMA menunjukkan tren peningkatan, terutama pada tahun 2024. Model ini terbukti efektif dalam meningkatkan hasil belajar, keterampilan berpikir kritis, dan kreativitas ilmiah siswa melalui kegiatan proyek yang menuntut penerapan konsep sains dan teknologi secara kontekstual. Sebagian besar penelitian menggunakan metode quasi-eksperimen, sementara sebagian lainnya menerapkan pendekatan pengembangan, menunjukkan variasi dalam implementasi model di berbagai konteks pembelajaran.

Meskipun demikian, publikasi penelitian tentang STEM-PjBL masih didominasi jurnal nasional dan belum banyak menjangkau tingkat internasional. Oleh karena itu, diperlukan perluasan penelitian dengan kualitas metodologi yang lebih kuat agar temuan dapat memberikan kontribusi yang lebih luas. Penelitian berikutnya disarankan untuk mengintegrasikan STEM-PjBL dengan teknologi digital dan Design Thinking, sehingga pembelajaran fisika menjadi lebih inovatif, relevan, dan sesuai dengan kebutuhan pembelajaran abad ke-21.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Lampung atas dukungan fasilitas dan kesempatan yang diberikan dalam pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada dosen pengampu mata kuliah Pemodelan Pembelajaran Fisika atas bimbingan dan arahannya selama proses penyusunan artikel ini. Apresiasi turut disampaikan kepada rekan-rekan mahasiswa Pendidikan Fisika yang telah memberikan bantuan serta kerja sama dalam pengumpulan dan analisis data literatur.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriana, J., Permanasari, A., & Fitriani, A. (2016). Project-based learning integrated to STEM to enhance science process skills and scientific attitude of junior high school students. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 5(2), 261–267. <https://doi.org/10.15294/jpii.v5i2.5493>
- Amanda, P. (2025). Implementation of Project-Based Learning (PjBL) tools integrated with STEM and local content: The case of Jambi coffee brewing in the physics topic of temperature and heat. *Lensa: Jurnal Kependidikan Fisika*, X(Y). <https://ejournal3.undikma.ac.id/index.php/Lensa/article/view/16052>.
- Astra, I. M., & Kartini, K. (2023). E-learning based on PjBL integrated to STEM using Microsoft Sway on parabolic motion materials to improve critical thinking ability of high school class X students. *Journal of Physics: Conference Series*, 2596(1), 012072. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2596/1/012072>
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.
- Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (2018). *STEM Project-Based Learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-89649-6>
- Hafitri, M. L. (2024). Enhancing students' learning outcomes and science process skills through STEM-

- Project Based Learning on global warming topics. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan Fisika (JPPPF)*, 10(1).
<https://journal.unj.ac.id/unj/index.php/jpppf/article/view/39195>
- Hidayati, F., & Mahfudz, M. (2024). Enhancing students' critical and creative thinking skills through STEM-PjBL in physics learning. *Journal of Physics Education Research*, 14(1), 45–57.
- Ilma, A. Z. (2024). STEM-Project based Learning in Physics Concept of Measurement to enhance high school students' scientific literacy. *JPPPF (Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan Fisika)*, 10(2). <https://journal.unj.ac.id/unj/index.php/jpppf/article/view/39657>
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kemendikbudristek. (2022). Panduan implementasi Kurikulum Merdeka. Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Kholidah, H. M. (2025). Eksplorasi pembelajaran STEM-PjBL berbantuan fotometer sederhana dan SOCME terhadap keterampilan berpikir sistem siswa kelas XI SMA Negeri 2 Boyolali pada materi laju reaksi [Skripsi, Universitas Sebelas Maret]. Digilib UNS. <https://digilib.uns.ac.id/dokumen/detail/129641/>
- Lestari, H. D., Rahmawati, Y., & Usman, H. (2024). STEM-PjBL learning model to enhance critical thinking skills of students on magnets, electricity, and technology. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA (JPPIPA)*, 10(8). <https://jppipa.unram.ac.id/index.php/jppipa/article/view/8153>
- Monika, P. S., Suharno, S., & Rahmasari, L. (2023). Effectiveness of Science Technology Engineering Mathematics Problem Based Learning (STEM PBL) and Science Technology Engineering Mathematics Project Based Learning (STEM PjBL) to improve critical thinking ability. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA (JPPIPA)*, 9(11), 9593-9599. <https://jppipa.unram.ac.id/index.php/jppipa/article/view/4910>
- Mufitdah, H. N., Djulia, E., & Erny. (2024). Pengaruh Model Project Based Learning (PjBL) dengan Pendekatan STEM terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Kalor dan Perpindahannya. *Unnes Physics Education Journal*, 13(3). <https://journal.unnes.ac.id/journals/upej/article/view/978>
- Muntaz, A. Z., Winarno, N., Ashidiq, R. M., & Sujito. (2024). Fostering students' attitudes towards STEM using STEM project-based learning in learning optical instruments. *Jurnal Pendidikan Kimia (JPKIMIA)*, 12 (1), 40-51. <https://doi.org/10.26714/jps.12.1.2024.40-51>
- Nisah, K., Saminan., Syukri, M., Elisa, & Markisni. (2024). Optimizing of physics learning through PjBL-STEM model to improve critical thinking skills and students' responsibility attitudes. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA (JPPIPA)*, 10(4), 1770–1778. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i4.6795>
- Nurtanto, M., Nurhadi, D., Fawaid, M., & Sofyan, H. (2020). The implementation of STEM-based project learning to improve problem-solving and scientific literacy skills. *Journal of Education and Learning*, 9(4), 20–30. <https://doi.org/10.5539/jel.v9n4p20>
- Prastiyah, R., Purwaningsih, E., & Koes-Handayanto, S. (2023). Developing students' critical thinking skills through STEM-PjBL integrated with TPACK in static fluid topics. *AIP Conference Proceedings*, 2569(1), 050009.
- Rachmawati, D., Nurlaelah, E., & Hakim, R. (2023). Effectiveness of STEM-PjBL on students' physics learning outcomes. *Indonesian Journal of Science Education*, 12(3), 89–98.
- Raharjo, S., & Puspita, Y. (2024). Development of a STEM-Project Model to enhancing science process skills high school physics subject. In *Proceeding International Conference on Religion, Science and Education*, 3, 257-265. <http://sunankalijaga.org/prosiding/index.php/icrse/article/view/1188>
- Rahman, S. M. M., & Swapno, S. (2025). Implementation of PjBL-STEM learning to improve students' higher-order thinking skills in direct current electricity. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 13(2). <https://doi.org/10.24815/jpsi.v13i2.44826>
- Roslina, R., Liliawati, W., & Hasanah, L. (2024). Integration of Project Based Learning with STEM Approach to Alternative Energy Material as Effective Learning to Improve Problem Solving

- Skills. *Journal of Teaching and Learning Physics*, 9(2).
<https://journal.uinsgd.ac.id/index.php/jtlp/article/view/26650>
- Santoso, D., & Nisa, R. (2024). Trends in STEM-based learning research in Indonesia: A bibliometric review. *Journal of Educational Research and Practice*, 8(2), 121–134.
- Serevina, V. (2024). Interactive digital module of global warming with STEM-Project Based Learning (PjBL) to improve students' critical thinking skills. In *Prosiding Seminar Nasional Fisika (SNF)*, 12(1), PF-1. <http://103.8.12.212:33180/unj/index.php/prosidingsnf/article/view/4166>
- Suyidno, S., Hadiani, R., Miriam, S., & Siswanto, J. (2024). Dynamic fluid module: Problem-based learning combined with STEM to increase students' scientific creativity. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA (JPPIPA)*, 10(9), 6941–6946. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i9.7640>
- Syamra, F. M., & Suryadi, A. (2025). Comparing project-based learning and integrated STEM approach in enhancing scientific creativity in renewable energy education. *Pedagogical Research*, 10(3), Article em0244. <https://www.pedagogicalresearch.com/download/comparing-project-based-learning-and-integrated-stem-approach-in-enhancing-scientific-creativity-in-16751.pdf>
- Wahid, S. (2024). Pengaruh pembelajaran berbasis proyek terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik SMA Negeri 22 Makassar. *Ecosystem*, 24(2), 358-368. <https://doi.org/10.35965/eco.v24i2.4708>
- Widiawati, R., Virman, & Siallagan, J. (2022). Development of STEM-PjBL Integrated Physics Module in Direct Current Electricity Materials to Improve Learning Outcomes. *Jurnal Ilmu Pendidikan Indonesia*, 10(1), 34–42. <https://ejournal.uncen.ac.id/index.php/JIPI/article/view/1932>
- Yasa, P., Wardani, A. L., & Suswandi, I. (2023). Pengaruh model pembelajaran PjBL-STEM terhadap keterampilan berpikir kreatif siswa kelas XI MIPA SMA Negeri 4. *JJPF (Jurnal Pendidikan Fisika)*, 13(2). <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JJPF/article/view/66895>