



Meta-Analisis Implementasi Pembelajaran Fisika Berbasis Proyek: *Systematic Literature Review* Tahun 2020-2025

Rochmat Hanafi Sulistyawan^{1✉}, Masturi²

¹Jurusan Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Indonesia Gedung D7 Lt. 2, Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang 50229

²Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Indonesia Gedung D7 Lt. 2, Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:
 Diterima Juli 2025
 Disetujui Agustus 2025
 Dipublikasikan Agustus 2025

Keywords:
 Kearifan Lokal, Pembelajaran Berbasis Proyek, PjBL, STEM, Systematic Literature Review

Abstrak

Pembelajaran berbasis proyek (PjBL) merupakan pendekatan yang efektif untuk meningkatkan hasil belajar siswa, terutama dalam pembelajaran fisika. PjBL yang terintegrasi dengan pendekatan STEM dan kearifan lokal memberikan pengalaman belajar yang lebih relevan dan kontekstual, namun penerapannya masih menghadapi tantangan seperti keterbatasan sumber daya dan kesiapan guru. Penelitian ini menggunakan metode *systematic literature review* untuk menganalisis penerapan PjBL dalam pembelajaran fisika dari tahun 2020 hingga 2025. Proses penelusuran dilakukan menggunakan platform Consensus yang mengidentifikasi 945 artikel, dengan 48 artikel yang memenuhi kriteria untuk analisis lebih lanjut. Hasil analisis menunjukkan bahwa PjBL, terutama yang terintegrasi dengan STEM, dapat meningkatkan literasi sains, keterampilan berpikir kritis, dan kreativitas siswa. Walaupun demikian, pengembangan instrumen penilaian autentik dan perluasan penerapan PjBL pada topik fisika lainnya sangat diperlukan untuk mengoptimalkan efektivitas pembelajaran ini. Penelitian ini menyimpulkan bahwa meskipun tantangan dalam implementasi PjBL masih ada, pendekatan ini terbukti memberikan dampak positif dalam meningkatkan kualitas pendidikan fisika di Indonesia.

Abstract

Project-Based Learning (PjBL) is an effective approach to enhance student learning outcomes, particularly in physics education. Integrating PjBL with STEM and local wisdom provides a more relevant and contextual learning experience. However, its implementation still faces challenges, such as limited resources and teacher readiness. This study employs a systematic literature review to analyze the application of PjBL in physics education from 2020 to 2025. Literature search was conducted using the Consensus platform, identifying 945 articles, with 48 meeting the criteria for further analysis. The results show that PjBL, especially when integrated with STEM, improves science literacy, critical thinking skills, and student creativity. However, the development of authentic assessment instruments and the expansion of PjBL application to other physics topics are needed to optimize its effectiveness. This study concludes that while challenges in implementing PjBL remain, this approach has shown a positive impact on improving the quality of physics education in Indonesia.

PENDAHULUAN

Pembelajaran fisika sering kali menjadi tantangan besar bagi siswa, terutama dalam memahami konsep-konsep yang abstrak dan membutuhkan pemikiran kritis. Pendekatan tradisional dalam pembelajaran sering kali lebih berfokus pada teori dan hafalan, yang terkadang kurang memadai dalam mengembangkan keterampilan praktis dan pemahaman konsep yang mendalam. Oleh karena itu, berbagai pendekatan baru telah dikembangkan untuk meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi fisika, salah satunya adalah pendekatan pembelajaran berbasis proyek (Project-Based Learning, PjBL). Pendekatan ini melibatkan siswa dalam proyek nyata yang relevan dengan dunia fisika, yang bertujuan untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan mereka secara lebih holistik (Santyasa *et al.*, 2020).

PjBL berfokus pada keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran, di mana mereka dituntut untuk bekerja secara mandiri atau dalam kelompok untuk menyelesaikan masalah yang melibatkan penerapan konsep-konsep fisika. Sebuah penelitian oleh Fatmala *et al.* (2025) menunjukkan bahwa PjBL tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep siswa, tetapi juga mengasah keterampilan pemecahan masalah dan berpikir kritis mereka. Dengan melibatkan siswa dalam proyek yang relevan dengan kehidupan nyata, PjBL membuat pembelajaran fisika lebih kontekstual dan aplikatif, yang meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa dalam proses belajar.

Selain itu, PjBL dapat mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu, seperti sains, teknologi, rekayasa, dan matematika (STEM), yang memperkaya pengalaman belajar siswa dan mengembangkan keterampilan lintas disiplin (Dewi *et al.*, 2022). Penelitian oleh Setoodehnia dan Pantaleo (2025) menunjukkan bahwa PjBL dapat membantu

siswa memahami konsep-konsep fisika dengan cara yang lebih mendalam melalui pengalaman langsung dan eksperimen. Hal ini juga memperkuat kemampuan analitis siswa dalam memecahkan masalah dunia nyata.

Namun, penerapan PjBL dalam pembelajaran fisika tidak tanpa tantangan. Sebagaimana dicatat oleh Tain *et al.* (2024), salah satu tantangan utama dalam menerapkan PjBL adalah bagaimana memfasilitasi siswa agar dapat bekerja secara efektif dalam kelompok dan menyelesaikan proyek sesuai dengan tujuan pembelajaran. Oleh karena itu, peran guru sangat penting dalam memberikan bimbingan yang tepat, serta menciptakan lingkungan yang mendukung kerja kolaboratif dan refleksi terhadap proses yang telah dilakukan (Makkonen *et al.*, 2021).

PjBL juga memberikan dampak yang signifikan dalam pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa. Hal ini didukung oleh penelitian oleh Roslina *et al.* (2022), yang menemukan bahwa siswa yang terlibat dalam PjBL memiliki kemampuan berpikir kritis yang lebih baik dibandingkan dengan siswa yang mengikuti pembelajaran tradisional. Proses evaluasi dalam PjBL yang berbasis pada hasil proyek memungkinkan siswa untuk mengasah kemampuan evaluasi diri dan refleksi terhadap pemahaman mereka tentang konsep-konsep fisika (Amsikan, 2022; Fitriani *et al.*, 2022).

Selain meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan analitis, PjBL juga memperkaya pengalaman sosial siswa melalui kolaborasi dalam kelompok. Hal ini sejalan dengan temuan oleh Nisa' (2025) yang menunjukkan bahwa kerja kelompok dalam PjBL mendorong pengembangan keterampilan komunikasi dan kerjasama siswa. Dengan berkolaborasi dalam proyek, siswa dapat saling berbagi ide, mendiskusikan solusi, dan memperkaya perspektif mereka terhadap materi yang dipelajari.

Keuntungan lain dari PjBL adalah kemampuannya untuk menghubungkan pembelajaran fisika dengan konteks kehidupan nyata. Seperti yang ditunjukkan oleh Zakiah *et al.* (2025), PjBL yang mengintegrasikan konteks lokal dan dunia nyata dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep fisika yang relevan dengan kebutuhan dan tantangan yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari. Ini membantu siswa untuk melihat relevansi fisika dalam kehidupan mereka dan mengaplikasikan pengetahuan yang mereka peroleh dalam situasi yang lebih luas.

Meskipun banyak penelitian yang menunjukkan keberhasilan PjBL dalam pembelajaran fisika, implementasinya memerlukan perhatian khusus terhadap desain kurikulum dan strategi pengajaran yang tepat. PjBL harus dirancang sedemikian rupa agar dapat mencapai tujuan pembelajaran yang diinginkan dan sesuai dengan kebutuhan serta karakteristik siswa (Suwasono *et al.*, 2024). Oleh karena itu, penting bagi pendidik untuk merancang proyek yang tidak hanya menantang, tetapi juga memungkinkan siswa untuk belajar secara mandiri dan mengembangkan keterampilan yang diperlukan dalam dunia nyata (Maqruf *et al.*, 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara sistematis literatur yang ada tentang penerapan PjBL dalam pembelajaran fisika, dengan fokus pada efektivitasnya dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika, keterampilan berpikir kritis, dan kreativitas siswa. Dengan menganalisis berbagai studi yang ada, diharapkan dapat diperoleh wawasan yang lebih mendalam mengenai tantangan dan manfaat dari pendekatan ini dalam konteks pendidikan fisika, serta memberikan rekomendasi bagi pengembangan kurikulum dan strategi pengajaran di Indonesia (Schneider *et al.*, 2022).

Melalui sistematik literatur review ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi penting bagi pengembangan pembelajaran fisika yang lebih inovatif dan efektif, yang dapat menjawab tantangan dalam meningkatkan kualitas pendidikan fisika di tingkat sekolah menengah dan perguruan tinggi (Septyan & Kuswanto, 2025; Huisman & Lavonen, 2024).

METODE PENELITIAN

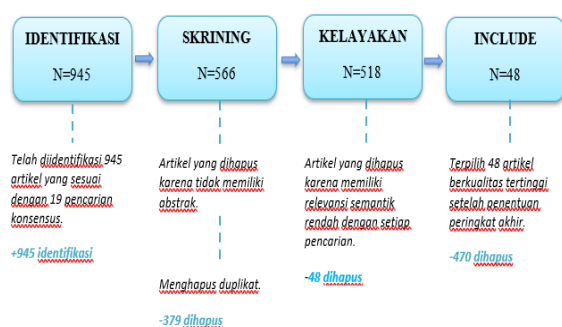
Penelusuran literatur untuk penelitian *Systematic Literature Review* (SLR) ini dilakukan menggunakan platform Consensus, yang mengakses lebih dari 170 juta artikel dari sumber terkemuka seperti Semantic Scholar, PubMed, dan *database* lainnya. Proses ini memungkinkan peneliti untuk mengeksplorasi studi-studi temuan yang relevan dengan topik pembelajaran fisika berbasis proyek.

Proses dimulai dengan **Identifikasi** menggunakan kata kunci pencarian terkait "*Pembelajaran Fisika Berbasis Proyek*" OR "*PjBL*" OR "*Project Based Learning*") AND "*Pendidikan Fisika*" OR "*Pembelajaran Fisika*" AND "*SMA*" OR "*SMP*" OR "*SMK*" OR "*SD*" OR "*UNIVERSITAS*" NOT Kimia NOT Biologi NOT Matematika" dengan rentang publikasi 2020-2025 dan artikel Q1-Q4. Sebanyak 945 artikel relevan ditemukan berdasarkan 19 pencarian konsensus yang telah ditetapkan. Artinya, peneliti berhasil menemukan 945 artikel yang relevan dengan topik yang diteliti.

Setelah itu, tahap **Skrining** dilakukan untuk menyaring artikel-artikel yang ditemukan. Sebanyak 379 artikel dihapus karena duplikat atau tidak memiliki abstrak yang jelas, menyisakan 566 artikel untuk dievaluasi lebih lanjut. Pada tahap **Kelayakan**, 48 artikel yang relevansi semantiknya rendah dengan topik penelitian dihapus, sehingga tersisa 518 artikel yang memenuhi kriteria untuk di analisis lebih lanjut.

Pada tahap **Include**, dari 518 artikel yang lolos tahap kelayakan, 470 artikel

dihapus diseleksi kembali berdasarkan kualitasnya. Hanya 48 artikel dengan kualitas terbaik, relevansi tinggi, dan akses terbuka yang dipilih, sesuai dengan rentang publikasi 2020-2025 dan fokus pada pendidikan, fisika, dan topik terkait. Diagram ini menggambarkan proses penyaringan dan pemilihan artikel secara sistematis, memastikan hanya penelitian berkualitas terbaik yang digunakan untuk analisis lebih lanjut. Adapun diagram alir ini dapat dilihat pada Gambar 1.



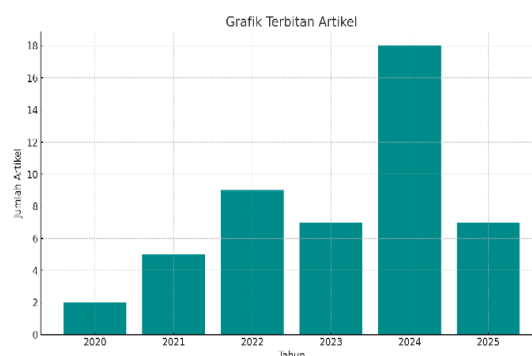
Gambar 1. Diagram Alir PRISMA pada Proses Seleksi Artikel

Pencarian literatur untuk *systematic literature review* ini dilakukan untuk mengidentifikasi teori, implementasi, dan tren terkini terkait Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL) dalam pembelajaran fisika. Fokus utama adalah untuk memahami penerapan PjBL dalam pengajaran fisika dan mengeksplorasi tantangan yang dihadapi pendidik, seperti keterbatasan sumber daya, fasilitas pendukung, serta kesiapan dan kompetensi guru dalam mengelola pembelajaran berbasis proyek.

Hasil analisis *systematic literature review* ini memberikan wawasan mengenai efektivitas PjBL dalam meningkatkan pemahaman konsep-konsep fisika dan mengidentifikasi celah area yang perlu dikembangkan lebih lanjut. Pengembangan tersebut meliputi peningkatan sumber daya, pelatihan guru, dan modifikasi pendekatan pembelajaran untuk mengatasi hambatan, sehingga dapat mencapai hasil pembelajaran fisika yang lebih optimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Grafik terbitan artikel yang disajikan pada Gambar 2 menunjukkan jumlah publikasi artikel yang diterbitkan setiap tahun dari 2020 hingga 2025. Pada tahun 2020, jumlah artikel yang terbit hanya 2, dan meningkat menjadi 5 artikel pada tahun 2021. Tahun 2022 mencatatkan peningkatan yang lebih signifikan dengan 9 artikel yang diterbitkan. Namun, pada tahun 2023, jumlah artikel sedikit turun menjadi 7 artikel. Puncak tertinggi terjadi pada tahun 2024, dengan 18 artikel, menunjukkan lonjakan publikasi yang signifikan. Di tahun 2025, jumlah artikel kembali menurun menjadi 7, namun tetap stabil dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan fluktuasi jumlah artikel yang diterbitkan setiap tahun.



Gambar 2. Grafik Tren Artikel Publikasi Penelitian

Penelitian tentang *Project-Based Learning* (PjBL) dalam fisika menunjukkan hasil yang signifikan dalam meningkatkan pencapaian belajar siswa. Penelitian yang dilakukan oleh Santayasa *et al.* (2020) mendapatkan sitasi terbanyak, yang menunjukkan pentingnya topik mengenai pengaruh PjBL terhadap prokrastinasi akademik dalam pembelajaran fisika. Selain itu, penelitian yang melibatkan penggunaan teknologi seperti YouTube (Rozal *et al.*, 2021) juga mendapatkan perhatian, menunjukkan relevansi penggunaan media digital dalam mendukung PjBL. Penelitian lainnya, seperti yang dilakukan oleh Hikmah

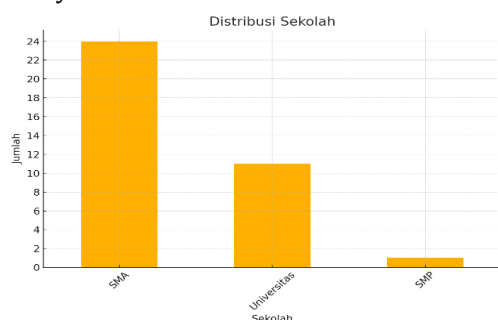
et al. (2023) dan Makkonen *et al.* (2021), juga memperlihatkan pentingnya pengembangan keterampilan berpikir kritis, kreatif, dan keterlibatan siswa berbakat dalam pembelajaran berbasis proyek. Secara keseluruhan, meskipun jumlah sitasi

bervariasi, semua penelitian ini menyoroti efektivitas PjBL dalam meningkatkan kualitas pembelajaran fisika di berbagai jenjang pendidikan. Adapun daftar artikel yang paling banyak disitasi di bidang ini dapat ditemukan pada Tabel 1.

Tabel 1. Artikel dengan indek sitasi tertinggi

Judul	Penulis	Indek Sitasi
Project Based Learning and Academic Procrastination of Students in Learning Physics	Santayasa <i>et al.</i> , 2020	97
The Effect of Project-Based Learning through YouTube Presentations on English Learning Outcomes in Physics	Rozal <i>et al.</i> , 2021	58
Improving Science Achievement—Is It Possible? Evaluating the Efficacy of a High School Chemistry and Physics Project-Based Learning Intervention	Schneider <i>et al.</i> , 2022	23
Impact of the Project-Based Learning Model on Students' Critical and Creative Thinking Skills in Science and Physics Learning: A Meta-Analysis	Hikmah <i>et al.</i> , 2023	15
Engagement in Learning Physics Through Project-Based Learning: A Case Study of Gifted Finnish Upper-Secondary-Level Students	Makkonen <i>et al.</i> , 2021	15

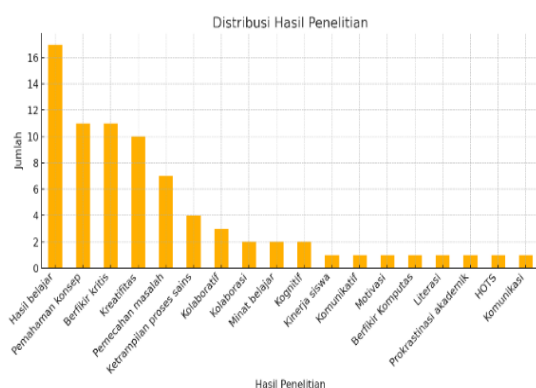
Diagram pada Gambar 3 menunjukkan distribusi jumlah artikel berdasarkan jenis sekolah. Sebagian besar artikel berasal dari **SMA** dengan total 24 artikel, menandakan bahwa penelitian atau publikasi yang dilakukan di tingkat SMA lebih banyak dibandingkan jenis sekolah lainnya. **Universitas** menyumbang 10 artikel, menunjukkan kontribusi signifikan namun lebih sedikit dibandingkan SMA. Sementara itu, **SMP** hanya terwakili dengan 1 artikel, yang mengindikasikan bahwa penelitian di tingkat SMP sangat minim dalam dataset ini. Secara keseluruhan, grafik ini menggambarkan ketidakseimbangan jumlah artikel yang terbit antara jenis sekolah, dengan SMA menjadi kategori yang dominan. Hal ini dapat mencerminkan fokus penelitian yang lebih besar pada tingkat SMA dibandingkan dengan tingkat pendidikan lainnya.



Gambar 3. Grafik Distribusi Jumlah Artikel Berdasarkan Jenis Sekolah

Efektivitas *Project-Based Learning* (PjBL) terhadap hasil belajar dan ketrampilan siswa

Grafik pada Gambar 4 menggambarkan distribusi hasil penelitian berdasarkan kategori yang ditemukan dalam berbagai artikel. Hasil Belajar mencatatkan jumlah tertinggi dengan 16 artikel, yang menunjukkan bahwa fokus utama dalam penelitian adalah pengaruh terhadap hasil belajar siswa. Pemahaman Konsep berada di posisi kedua dengan 12 artikel, mengindikasikan pentingnya pemahaman materi dalam proses pembelajaran. Berpikir Kritis dan Kreativitas masing-masing mencatatkan 10 dan 9 artikel, menandakan bahwa kedua keterampilan ini juga menjadi fokus penelitian yang signifikan. Kategori-kategori lainnya seperti Pemecahan Masalah, Keterampilan Proses Sains, dan Kolaborasi memiliki jumlah yang relatif seimbang, dengan artikel yang mencatatkan antara 5 hingga 8 artikel. Sementara itu, kategori-kategori seperti Motivasi, Komunikasi, Literasi, dan Prokrastinasi Akademik memiliki jumlah artikel yang lebih sedikit, masing-masing hanya 2 hingga 4 artikel. Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan bahwa penelitian lebih banyak berfokus pada aspek kognitif dan keterampilan berpikir siswa, dengan sedikit perhatian terhadap aspek motivasi atau literasi.



Gambar 4. Distribusi Hasil Penelitian Berdasarkan Aspek Kognitif dan Keterampilan Siswa

Project-Based Learning (PjBL) telah terbukti meningkatkan pencapaian

akademik siswa dalam fisika, lebih efektif dibandingkan dengan instruksi langsung. Beberapa artikel penting yang ditemukan dan hasil analisisnya dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 2. Santyasa *et al.* (2020) menunjukkan bahwa PjBL mengurangi prokrastinasi akademik dan menghasilkan hasil pembelajaran yang lebih baik. Selain itu, PjBL berkontribusi signifikan dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif, terutama di tingkat universitas dan sekolah dasar (Hikmah *et al.*, 2023). Penelitian oleh Aprilia *et al.* (2024) mengungkapkan bahwa pendekatan ini juga berpengaruh positif pada perkembangan kognitif, afektif, dan psikomotor siswa, menjadikannya metode yang sangat efektif dalam mendalami konsep-konsep fisika.

Tabel 2. Artikel Kunci Hasil Temuan dan Analisis

Judul & Penulis	Metodologi	Sampel	Hasil
The Effect of Project Based Learning (PjBL) on Physics Learning (Aprinaldi <i>et al.</i> , 2023)	Meta-analisis kuantitatif	32 studi	PjBL berdampak positif pada hasil belajar fisika, terutama pada topik gerak harmonik sederhana dan aspek pemecahan masalah.
Impact of the Project-Based Learning Model on Students' Critical and Creative Thinking Skills in Science and Physics Learning: A Meta-Analysis (Hikmah <i>et al.</i> , 2023)	Meta analisis	2016–2023, berbagai jenjang	PjBL berpengaruh tinggi pada keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa mata Pelajaran fisika.
A Systematic Literature Review: Development of Physics Learning Research with Project-Based Learning Model in Indonesia (Suwasono <i>et al.</i> , 2024)	Quasi eksperimen	124 siswa SMA	PjBL meningkatkan prestasi akademik fisika, terutama pada siswa dengan tingkat prokrastinasi rendah.
Review of Trends Project Based Learning (PjBL) Integrated STEM in Physics Learning (Solihin <i>et al.</i> , 2021)	Analisis bibliometrik	80 artikel	Tren PjBL terintegrasi STEM meningkat, direkomendasikan pengembangan media pembelajaran daring

PjBL juga menunjukkan efektivitasnya dalam topik-topik fisika tertentu. Aprinaldi *et al.* (2023) melaporkan bahwa penggunaan PjBL untuk mengajarkan gerak harmonik sederhana meningkatkan pemahaman siswa. Amsikan (2022) menemukan bahwa PjBL meningkatkan keterampilan proses sains dalam pendidikan bisnis dan energi. Mahulae *et al.* (2023) menyoroti efektivitas PjBL dalam evaluasi fisika, sementara Sutaryani *et al.* (2024) menunjukkan bahwa PjBL lebih efektif daripada metode tradisional dalam memahami dinamika fluida. PjBL juga memperkaya proses pembelajaran dengan

teknologi seperti E-Learning Chamilo, yang meningkatkan hasil belajar siswa (Chasani *et al.*, 2023). Secara keseluruhan, PjBL terbukti efektif dalam meningkatkan pencapaian akademik dan ambisi pendidikan siswa (Schneider *et al.*, 2022; Baharuddin *et al.*, 2024).

Integrasi *Project-Based Learning* (PjBL) dengan STEM dan Konteks Lokal

Integrasi Project Based Learning (PjBL) dengan pendekatan STEM/STEAM telah menjadi tren utama dalam literatur pendidikan fisika, terbukti memperkuat literasi sains, kreativitas, dan relevansi

pembelajaran dengan dunia nyata. Sholihin *et al.* (2021) menekankan bahwa penggunaan media pembelajaran yang bervariasi, khususnya media online, dapat meningkatkan efektivitas PjBL. Pendekatan ini terbukti memberikan dampak positif dalam berbagai aspek, termasuk kognitif, keterampilan, dan sikap siswa, seperti yang ditemukan oleh Roslina *et al.* (2022). Beberapa studi juga menyoroti pentingnya menggabungkan kearifan lokal dan teknologi digital untuk meningkatkan keterlibatan dan pemahaman siswa, menjadikan PjBL sebagai metode yang efektif untuk meningkatkan hasil pembelajaran fisika, terutama ketika diterapkan dengan integrasi STEM.

Selain itu, penelitian juga menunjukkan pentingnya integrasi PjBL dengan pengembangan keterampilan abad ke-21. Fauziah *et al.* (2024) menyarankan perlunya penelitian lebih lanjut untuk memaksimalkan potensi PjBL dalam meningkatkan keterampilan abad ke-21 siswa. Penggunaan PjBL yang dipadukan dengan kebijaksanaan lokal dalam kerangka STEAM dapat meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa serta meningkatkan kesadaran dan apresiasi budaya dalam pendidikan fisika tingkat SMA (Khoirunisa, 2025). Dengan demikian, penerapan PjBL dalam konteks yang lebih luas berpotensi untuk memperkaya pengalaman belajar siswa dan memperdalam keterhubungan pembelajaran dengan dunia nyata.

PjBL yang terintegrasi dengan STEM juga memberikan dampak signifikan terhadap pemahaman konsep fisika siswa. Sebagai contoh, Utia *et al.* (2025) menemukan bahwa model pembelajaran ini meningkatkan pemahaman konsep fisika siswa kelas X di SMAN 1 X Koto Tanah Datar. Faisal *et al.* (2022) melaporkan bahwa penerapan PjBL dengan pendekatan STEM lebih efektif dibandingkan dengan pendekatan tradisional dalam memahami hukum-hukum termodinamika. Selain itu, penggunaan media seperti Google Sites dan E-Learning Chamilo juga memperkaya

proses pembelajaran, meningkatkan kreativitas dan kolaborasi siswa dalam pembelajaran fisika (Asyari *et al.*, 2024; Chasani *et al.*, 2023).

Tantangan dan Hambatan Implementasi

Meskipun *Project-Based Learning* (PjBL) menawarkan banyak manfaat, implementasinya menghadapi sejumlah tantangan yang perlu diperhatikan. Salah satu hambatan utama adalah keterbatasan sumber daya pembelajaran yang sangat minim, yang memengaruhi kualitas proses belajar mengajar. Dewi *et al.* (2022) mengungkapkan bahwa pembelajaran yang monoton dan model pembelajaran yang kurang efektif dapat menyebabkan kebosanan siswa, sehingga mengurangi efektivitas pembelajaran. Tantangan ini semakin kompleks dengan kesulitan guru dalam merancang proyek yang sesuai dan menilai hasil belajar secara komprehensif. Oleh karena itu, tantangan yang dihadapi guru dan siswa selama proses pembelajaran PjBL perlu dipertimbangkan untuk memberikan gambaran lengkap tentang bagaimana PjBL diterapkan dalam pembelajaran fisika (Tain *et al.*, 2024).

Selain itu, penting bagi guru untuk mengelola alokasi waktu secara efektif ketika menerapkan PjBL, agar proyek dapat dijalankan dengan optimal dan hasil belajar dapat tercapai dengan baik (Suwasono *et al.*, 2024). Penelitian juga menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis game yang terintegrasi dengan PjBL, khususnya dalam bidang fisika, mulai menjadi tren pada tahun 2019, meskipun Wulan *et al.* (2024) mencatat bahwa masih sangat sedikit penelitian yang menggabungkan kedua topik tersebut secara bersamaan. Dengan mempertimbangkan tantangan dan potensi yang ada, PjBL membutuhkan dukungan yang lebih baik, baik dari segi sumber daya, pengelolaan waktu, maupun pelatihan guru agar dapat diterapkan secara efektif dalam konteks pembelajaran fisika.

Tren Penelitian dan Rekomendasi Pengembangan

Dalam kajian literatur yang dilakukan mengenai Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL) dalam fisika, teridentifikasi beberapa tren utama yang menunjukkan perkembangan positif dalam penerapan metode ini. Salah satu tren yang paling menonjol adalah integrasi PjBL dengan pendekatan STEM/STEAM. Berdasarkan temuan yang tercatat dalam Tabel 3, penerapan PjBL pada topik-topik fisika

seperti Optik, Fluida, dan Termodinamika menunjukkan bahwa integrasi dengan STEM tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep fisika, tetapi juga membantu siswa mengembangkan keterampilan berpikir kritis, kreatif, serta keterampilan teknis yang diperlukan di dunia nyata. Hal ini sejalan dengan temuan yang menyatakan bahwa integrasi disiplin ilmu ini memberikan pengalaman belajar yang lebih kontekstual dan aplikatif, meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran.

Tabel 3. Topik Fisika yang terintegrasi PjBL

Topik	Penulis
Optik	Fitriani <i>et al.</i> , 2022
Fluida, Gelombang, Dinamika rotasi, Suhu & kalor, dan Keseimbangan Benda Tegar	Nisa', Khoirun, 2025
Elastisitas & Hukum Hooke	Aprilia <i>et al.</i> , 2024
Termodinamika	Faisal <i>et al.</i> , 2022
Fluida Statis	Baharuddin <i>et al.</i> , 2024
Hukum Newton	Halmaida <i>et al.</i> , 2020
Momentum, Impuls, & Tumbukan	Chasani <i>et al.</i> , 2023
Usaha & Energi	Amsikan, 2022
Fisika Inti	Mahulae <i>et al.</i> , 2023
Keseimbangan benda tegar	Luma <i>et al.</i> , 2022
Energi alternatif	Husnadi <i>et al.</i> , 2024
Gerak harmonik	Aprinaldi <i>et al.</i> , 2023
Besaran & Pengukuran	Maison <i>et al.</i> , 2024
Gelombang cahaya	Hikmah <i>et al.</i> , 2023
Fluida	Sutaryani <i>et al.</i> , 2024
Mekanika, GJB, Hk. Newton, Gravitasi, Usaha&Energi, Momentum, Fluida	Pranata <i>et al.</i> , 2024
Termodinamika & Fluida	Rapi <i>et al.</i> , 2025
Gaya & Gerak	Sarkingobir <i>et al.</i> , 2024
Fluida Dinamis	Suwasono <i>et al.</i> , 2024
Mekanika	Santyasa <i>et al.</i> , 2020
Komputasi	Handayani <i>et al.</i> , 2022
Mekanika	Setoodehnia dan Pantaelo, 2025
Gelombang cahaya & Bunyi	Rapi <i>et al.</i> , 2022

Terkait dengan media digital, penggunaan platform seperti E-Learning Chamilo, Google Sites, dan Quizizz semakin menonjol dalam penerapan PjBL. Tabel 4 menunjukkan bahwa integrasi TIK, seperti gamifikasi dan e-Poster, dapat memperkaya proses pembelajaran fisika, meningkatkan kolaborasi siswa, dan memotivasi mereka

untuk lebih terlibat dalam pembelajaran. Seiring dengan tren ini, Chasani *et al.* (2023) dan Asyari *et al.* (2024) menemukan bahwa platform ini tidak hanya memperbaiki pemahaman konsep, tetapi juga mengasah keterampilan kreatif dan komunikasi antar siswa, yang sangat penting dalam proyek berbasis pembelajaran.

Tabel 4. Integrasi ICT/TIK/Platform digital

Integrasi	Penulis
Gamifikasi	Wulan <i>et al.</i> , 2024
e-Poster	Cutri <i>et al.</i> , 2024; Pranata <i>et al.</i> , 2024
Google sites	Asyari <i>et al.</i> , 2024
Quiziz	Purba <i>et al.</i> , 2021
e-Learning Chamilo	Chasani <i>et al.</i> , 2023
Machine learning	Sasikirana <i>et al.</i> , 2023
YouTube	Rozal <i>et al.</i> , 2021
Google classroom & 195 simulasi virtual	Rapi <i>et al.</i> , 2022

Meskipun penerapan PjBL dengan integrasi STEM memberikan dampak positif, tantangan utama yang dihadapi adalah keterbatasan sumber daya di banyak sekolah. Sebagian besar artikel yang ada lebih fokus pada topik-topik seperti gerak harmonik dan fluida, sementara topik fisika lainnya masih kurang diterapkan dengan pendekatan ini.

Oleh karena itu, penting untuk memperluas penerapan PjBL pada topik-topik fisika lainnya, seperti Fisika Inti, Gaya & Gerak, dan Fluida Dinamis, untuk memberikan perspektif baru dalam pembelajaran. Selain itu, kurangnya instrumen penilaian autentik menjadi kendala, karena penilaian sering hanya berfokus pada hasil akhir proyek.

Tantangan lainnya adalah pentingnya mengembangkan instrumen penilaian yang lebih komprehensif, yang dapat mengevaluasi proses pembelajaran selama pelaksanaan proyek. Penilaian harus mencakup kerja tim, kreativitas, dan pemecahan masalah, bukan hanya hasil akhir. Dengan memperluas penerapan PjBL pada topik fisika yang lebih beragam dan mengembangkan instrumen penilaian yang lebih holistik, PjBL dapat lebih optimal dalam meningkatkan pemahaman dan keterampilan siswa. Hal ini akan memberikan dampak yang lebih besar pada kualitas pendidikan fisika di Indonesia, terutama dalam mempersiapkan siswa menghadapi tantangan abad ke-21.

Tabel 5. Temuan Utama dan Bukti Pendukung yang Diidentifikasi dalam Artikel

Klaim	Kekuatan Bukti	Argumen	Artikel
PjBL meningkatkan hasil belajar fisika dan keterampilan berpikir kritis/kreatif	Kuat	Didukung meta-analisis, SLR, dan studi eksperimental di berbagai jenjang pendidikan	Aprinaldi <i>et al.</i> , 2023.; Hikmah <i>et al.</i> , 2023.; Aprilia <i>et al.</i> , 2024.; Suwasono <i>et al.</i> , 2024., Sasikirana <i>et al.</i> , 2023.; Schneider <i>et al.</i> , 2022.; Sutaryani <i>et al.</i> , 2024
Integrasi PjBL dengan STEM/STEAM memperkuat literasi sains dan kreativitas	Kuat	Banyak studi dan bibliometrik menunjukkan tren dan dampak positif	Solihin <i>et al.</i> , 2021.; Roslina <i>et al.</i> , 2022.; Ulmi <i>et al.</i> , 2024.; Nisa', 2025.; Utia <i>et al.</i> , 2025.; Faisal <i>et al.</i> , 2022.
PjBL meningkatkan minat belajar dan kolaborasi siswa	Sedang	Studi eksperimental dan survei menunjukkan peningkatan motivasi dan kerja sama	Santyasa <i>et al.</i> , 2020.; Baharuddin <i>et al.</i> , 2024.; Asyari <i>et al.</i> , 2024.
Tantangan implementasi PjBL: keterbatasan waktu, sumber daya, dan kesiapan guru	Sedang	Studi deskriptif dan survei guru mengidentifikasi hambatan utama	Dewi <i>et al.</i> , 2022.; Train <i>et al.</i> , 2024.; Suwasono <i>et al.</i> , 2024.; Wulan <i>et al.</i> , 2024.
PjBL kurang optimal pada topik fisika tertentu dan butuh pengembangan instrumen penilaian	Sedang	Tinjauan sistematis dan bibliometrik merekomendasikan perluasan topik dan instrumen	Suwasono <i>et al.</i> , 2024.; Maqruf <i>et al.</i> , 2024.; Ulmi <i>et al.</i> , 2024.
Efektivitas PjBL sangat bervariasi tergantung konteks, media, dan karakteristik siswa	Sedang	Analisis moderator dalam meta-analisis menunjukkan variasi efek	Sasikirana <i>et al.</i> , 2023.; Aprinaldi <i>et al.</i> , 2023., Hikmah <i>et al.</i> , 2023.

Tabel 5 merangkum temuan-temuan penting mengenai Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL) dalam fisika, yang mendukung klaim keefektifannya dalam meningkatkan hasil belajar siswa, terutama dalam keterampilan berpikir kritis dan kreatif. Penelitian seperti Aprinaldi *et al.* (2023) menunjukkan bahwa PjBL dapat meningkatkan pemahaman fisika pada topik gerak harmonik, sedangkan Hikmah *et al.* (2023) dan Sutaryani *et al.* (2024) membuktikan keberhasilannya dalam mengasah kreativitas siswa. PjBL yang terintegrasi dengan STEM juga memperkaya pengalaman belajar, tidak hanya teori tetapi juga keterampilan praktis. Penggunaan media digital seperti Google Sites dan YouTube juga memperkuat kolaborasi antar siswa, membuat pembelajaran lebih interaktif.

Namun, penerapan PjBL masih menghadapi beberapa tantangan, seperti keterbatasan waktu, sumber daya, dan kesiapan guru. Dewi *et al.* (2022) dan Suwasono *et al.* (2024) mencatat bahwa fasilitas dan alat yang terbatas menjadi kendala dalam implementasi PjBL di sekolah-sekolah. Selain itu, guru perlu pelatihan lebih lanjut agar dapat merancang dan mengelola proyek dengan efektif. Tantangan ini harus diatasi untuk mengoptimalkan potensi PjBL dalam pembelajaran fisika.

Tabel ini juga menunjukkan bahwa penerapan PjBL masih terbatas pada beberapa topik fisika dan membutuhkan pengembangan instrumen penilaian yang lebih komprehensif. Penelitian oleh Suwasono *et al.* (2024) dan Maqruf *et al.* (2024) mengusulkan perluasan PjBL pada topik lain seperti Fisika Inti dan Gaya & Gerak. Fauziah *et al.* (2024) menyarankan pengembangan instrumen penilaian autentik yang mencakup proses berpikir kreatif dan kolaborasi antar siswa. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan penerapan PjBL dan memastikan hasil yang optimal dalam pendidikan fisika.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL) dalam fisika terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep-

konsep fisika siswa, keterampilan berpikir kritis, kreativitas, serta keterampilan abad ke-21 yang sangat diperlukan di dunia kerja. Pendekatan ini juga berhasil memperkaya pengalaman belajar siswa dengan mengintegrasikan konsep-konsep STEM/STEAM dan kearifan lokal, yang menjadikannya lebih relevan dan kontekstual. Meskipun demikian, implementasi PjBL menghadapi sejumlah tantangan utama, seperti keterbatasan sumber daya, waktu yang terbatas, serta kesiapan guru dalam menerapkan metode ini dengan efektif.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa PjBL memiliki dampak positif dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa, serta memotivasi mereka untuk terlibat lebih aktif dalam pembelajaran. Namun, penelitian ini juga mengidentifikasi bahwa masih ada beberapa topik fisika yang belum sepenuhnya dijelajahi dengan PjBL, serta perlunya pengembangan instrumen penilaian autentik yang lebih komprehensif untuk mendukung evaluasi yang lebih tepat. Oleh karena itu, meskipun PjBL menunjukkan hasil yang menjanjikan, dibutuhkan pengembangan lebih lanjut dalam kurikulum, pelatihan guru, dan peningkatan sumber daya pendidikan untuk mengoptimalkan penerapan metode ini dalam pembelajaran fisika di berbagai jenjang pendidikan.

Secara keseluruhan, meskipun ada tantangan dalam implementasinya, PjBL menawarkan pendekatan pembelajaran yang inovatif dan relevan dengan perkembangan pendidikan modern, yang jika diterapkan dengan tepat dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kualitas pendidikan fisika di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Amsikan, A. (2022). Application of project based learning model to increase students physics learning outcomes and science process skills. *Paedagogia*, 25(1), 1-14. <https://doi.org/10.20961/paedagogia.v25i1.58989>
- Aprilia, A., Sukardiyono, S., Jumadi, J., Suparwoto, S., Retnowati, R. D. S., &

- Dwandaru, W. S. B. (2024). Project based learning embedded with entrepreneurship in physics learning to improve physics application ability. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(3), 1150–1158. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i3.5412>
- Aprinaldi, A., Meri, J., & Khairi, U. (2023). The effect of project based learning (PjBL) on physics learning: A meta-analysis. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 9(2), 243–252. <https://doi.org/10.29303/jpft.v9i2.5527>
- Asyari, A., Meiliyadi, L. A. D., Sucilestari, R., & Arizona, K. (2024). Exploring student creativity and collaboration through project-based learning with google sites. *Jurnal Pendidikan Islam*, 10(2), 308-322. <https://doi.org/10.15575/jpi.v10i2.40215>
- Baharuddin, N., Usman, Khaeruddin, K., & Setiawan, T. (2024). Implementation of project based learning on students' learning interest and understanding of physics concepts. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 10(1), 157–167. <https://doi.org/10.29303/jpft.v10i1.6946>
- Chasani, M. N., Suci, A., & Sari, D. (2023). Implementation of project based learning (PjBL) model with the assistance of media e-learning Chamilo to improve student's understanding of physics concepts. *SAGA: Journal of Technology and Information System*, 1(1), 5-8. <https://doi.org/10.58905/saga.v1i1.12>
- Cutri, R., Eiras, A., & Neto, O. M. (2024, Juni). *Development of modeling and communication skills through a project-based learning approach in the physics laboratory*. 2024 ASEE Annual Conference & Exposition, Portland, Oregon. <https://doi.org/10.18260/1-2--47184>
- Dewi, W. S., Febryan, H., Murtiani, & Sari, S. Y. (2022). Need analysis of project-based learning model and portfolio assessment in physics learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 2309(1), 0120086. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2309/1/012086>
- Faisal, Makahinda, T., & Silangen, P. (2022). Penerapan model pembelajaran *project based learning* dengan pendekatan STEM pada materi hukum-hukum termodinamika. *Charm Sains: Jurnal Pendidikan Fisika*, 3(2), 80-86. <https://doi.org/10.53682/charmsains.v3i2.180>
- Fatmala, R. I., Marwoto, P., & Ellianawati. (2025). Improving computational thinking skills through the implementation of project-based learning according to student differentiation in physics learning. *Physics Communication*, 9(1), 40-46. <https://doi.org/10.15294/pc.v9i1.927>
- Fitriani, N., Apsari, P. A. D., Hayati, S., Yulianti, S., Sukmawati, S., Wati, W., & Istiarini, Y. (2022). The effect of project based learning model on high school physics learning. *AMPLITUDO: Journal of Science and Technology Inovation*, 1(1), 13-17. <https://doi.org/10.56566/amplitudo.v1i1.3>
- Halmaida, H., Mahzum, E., & Susanna, S. (2020). The effort to improve critical thinking skills in physics learning through project based learning model. *Asian Journal of Science Education*, 2(2), 93-98. <https://doi.org/10.24815/AJSE.V2I2.16976>
- Handayani, R., Lesmono, A., Prastowo, S., Supriadi, B., & Dewi, N. M. (2022). Bringing computational thinking skills into physics classroom through project-based learning. Dalam *Proceedings of the 2022 8th International Conference on Education and Technology (ICET)*,

- 76-80. <https://doi.org/10.1109/ICE-T56879.2022.9990631>
- Hikmah, N., Febriya, D., Asrizal, A., & Mufit, F. (2023). Impact of the project-based learning model on students' critical and creative thinking skills in science and physics learning: A meta-analysis. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(10), 892-902. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i10.4384>
- Husnadi, M., Budiawanti, S., & Ekawati, E. (2024). Feasibility analysis of subject specific pedagogy physics learning module based on project based learning integrated with Merdeka curriculum on alternative energy material. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(2), 449-458. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i2.3774>
- Jhoni, M., Sofyan, S., Jumhur, J., & Winarto, W. (2024). Physics teaching materials with ethno, inquiry, and project approaches to improve multiple skills of prospective educators. *SPEKTRA: Jurnal Kajian Pendidikan Sains*, 10(2), 291-306. <https://doi.org/10.32699/spektra.v10i2.7702>
- Khaeruddin, K., Indarwati, S., Sukmawati, S., Hasriana, H., & Afifah, F. (2023). An analysis of students' higher order thinking skills through the project-based learning model on science subject. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 19(1), 47-54. <https://doi.org/10.15294/jpfi.v19i1.34259>
- Luma, S. L., Makahinda, T., & Umboh, S. (2022). Penerapan model pembelajaran *project based learning* dengan pendekatan kontekstual. *Charm Sains: Jurnal Pendidikan Fisika*, 3(2), 68-73. <https://doi.org/10.53682/charmsains.v3i2.176>
- Mahulae, P., Makahinda, T., Silangen, P. M., & Rampengan, A. (2023). Effectiveness of project based learning model in learning evaluation course in Physics Education study programme. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 1077-1082. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9ispecialissue.5891>
- Maison, P. L. P., Kurniawan, D. A., & Milyani, V. (2024). Efforts to improve student learning creativity in physics learning using project-based learning models. *Journal of Learning and Technology in Physics*, 3(1), 24-28. <https://doi.org/10.24114/jltp.v3i1.57019>
- Makkonen, T., Tirri, K., & Lavonen, J. (2021). Engagement in learning physics through project-based learning: A case study of gifted finnish upper-secondary-level students. *Journal of Advanced Academics*, 32(4), 501-532. <https://doi.org/10.1177/1932202X211018644>
- Maqruf, A., Syamsuddin, A., & Suhandi, A. (2024). Mapping literature on the utilization of project-based learning in physics education from 2018 to 2023: A bibliometric analysis. *Jurnal Serambi Ilmu*, 24(2), 169-180. <https://doi.org/10.32672/jsi.v25i1.1220>
- Nisa, K. (2025). Enhancing creative thinking in high school physics through project-based learning integrating local wisdom and STEAM for quality education. *Journal of Current Studies in SDGs*, 1(1), 47-67. <https://doi.org/10.63230/jocsis.1.1.10>
- Pino, M. E. M., Ordoñez, F. R. R., Ysa, R., Llanos, D. M. J., & Cruz, M. M. T. (2024). Teaching of physics in engineering from problem-based and project-based learning Approaches. *Int. J. Eng. Pedagog.*, 14, 155-161. <https://doi.org/10.3991/ijep.v14i4.48231>
- Pranata, O. D., Sundari, P. D., & Sulaiman, D. (2024). Exploring project-based learning: physics e-posters in pre-service science education. *Konstan-Jurnal Fisika dan Pendidikan Fisika*, 8(2), 116-124. <https://doi.org/10>

.20414/konstan.v8i02.387

- Purba, L., Marpaung, M., Harefa, N., & Purba, A. (2021). Improvement Physics 1 of chemistry learning outcomes through project-based learning models (PjBL) using Quizizz online learning media. *Jurnal Akademika Kimia*, 10(3), 203-207. <https://doi.org/10.22487/j24775185.2021.v10.i3.pp203-207>
- Rapi, N., Suastra, I., Widiarini, P., & Widiara, I. (2022). The influence of flipped classroom-based project assessment on concept understanding and critical thinking skills in physics learning. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(3), 351-362. <https://doi.org/10.15294/jpii.v11i3.38275>
- Rapi, N., Sujanem, R., Yasmini, L., & Setemen, K. (2025). Science process skills and critical thinking skills in inquiry-based learning model with project-based assessment. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, 8(2), 938-946. <https://doi.org/10.53894/ijirss.v8i2.5393>
- Roslina, R., Samsudin, A., & Liliawati, W. (2022). Effectiveness of project based learning integrated STEM in Physics Education (STEM-PJBL): Systematic literature review (SLR). *Phenomenon: Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(1), 120-139. <https://doi.org/10.21580/phen.2022.12.1.11722>
- Rozal, E., Ananda, R., Zb, A., Fauziddin, M., & Sulman, F. (2021). The effect of project-based learning through youtube presentations on English learning outcomes in physics. *AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan*, 13(3), 1924-1933. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v13i3.1241>
- Santyasa, I., Rapi, N., & Sara, I. (2020). Project based learning and academic procrastination of students in learning physics. *International Journal of Instruction*, 13(1), 489-508. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13i132a>
- Sarkingobir, Y., & Bello, A. (2024). Helping students become proficient physics problem solvers through problem-based learning. *International Journal of Essential Competencies in Education*, 3(1), 13-27. <https://doi.org/10.36312/ijece.v3i1.1813>
- Sasikirana, L., Fatin, R. N., & Setiaji, B. (2023). Analisis meta dengan machine learning: tingkat efektivitas projectbased learning untuk meningkatkan pemahaman konsep fisika. *Journal of Physics Education and Science*, 1(1), 1-12. <https://doi.org/10.47134/physics.v1i1.151>
- Schneider, B., Krajcik, J., Lavonen, J., Salmela-Aro, K., Klager, C., Bradford, L., Chen, I., Baker, Q., Touitou, I., Peek-Brown, D., Dezenhof, R. M., Maestres, S., & Bartz, K. (2022). Improving science achievement—is it possible? Evaluating the efficacy of a high school chemistry and physics project-based learning intervention. *Educational Researcher*, 51(2), 109-121. <https://doi.org/10.3102/0013189X211067742>
- Septyan, A. R., & Kuswanto, H. (2025). Does the ethno-physics-based problem based learning model improve students' 21st century thinking skills? Meta-analysis. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(1), 709-716. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i1.9358>
- Setoodehnia, A., & Pantaleo, A. (2025). *Understanding physics concepts through project based learning*. 2014 Fall ASEE Middle Atlantic Section Conference Proceedings, Swathmore College, Pennsylvania. <https://doi.org/10.18260/1-2-1153-49686>
- Solihin, A., Wibowo, F., & Astra, I. (2021). Review of trends project based

- learning (PjBL) integrated STEM in physics learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 2019, 012031. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2019/1/012031>
- Sumo, M., Jatmiko, B., Supardi, Z., & Suprianto, S. (2024). The influence of the project-based learning model on the scientific creativity of Physics Education undergraduate students at Madura Islamic University. *SEJ (Science Education Journal)*, 8(1), 31. <https://doi.org/10.21070/sej.v8i2.1651>
- Susanti, E., Maulidah, R., & Makiyah, Y. (2021). Analysis of problem-solving ability of physics education students in STEM-based project based learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 2104, 012005. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2104/1/012005>
- Sutaryani, L. G., Pujani, N. M., & Tika, N. (2024). Project-based learning on science process skills and learning outcomes in high school physics: A quasi-experimental study on the topic of fluids. *Journal of Education Research and Evaluation*, 8(4), 806-815. <https://doi.org/10.23887/jere.v8i4.83769>
- Suwasono, P., Salmah, U., Mercado, J., & Kurniawan, R. (2024). A systematic literature review: Development of physics learning research with project-based learning model in Indonesia. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 12(4), 848-866. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v12i4.39324>
- Tain, M., Nassiri, S., Meganingtyas, D. E. W., Sanjaya, L., & Bunyamin, M. (2024). Project based learning in physics: A review of research from 2014-2022. *Journal of Physics: Conference Series*, 2596, 012068. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2596/1/012068>
- Ulmi, F., & Asrizal. (2024). Bibliometric analysis of trends project based learning (PjBL) integrated STEM For twenty first century skills enhancement in physics learning. *Journal of Innovative Physics Teaching*, 2(2), 126-135. <https://doi.org/10.24036/jipt/vol2-iss2/78>
- Utia, R., Yurnetti, Y., Hidayati, H., & Novitra, F. (2025). Pengaruh model pembelajaran *project based learning* terintegrasi STEM terhadap pemahaman konsep fisika siswa di SMAN 1 X Koto Tanah Datar. *Indo-MathEdu Intellectuals Journal*, 6(1), 1042-1050. <https://doi.org/10.54373/imeij.v6i1.2634>
- Wulan, S. A., Wibowo, F., & Nasbey, H. (2024). Bibliometric analysis of the game technique implementation on project-based learning (PjBL) for physics learning in 2017-2022. *AIP Conference Proceedings*, 3116(1), 070014. <https://doi.org/10.1063/5.0210273>
- Wulandari, N. O., Sutrio, Doyan, A., & Rahayu, S. (2024). The influence of project based learning model on creative thinking skills and physics learning outcomes. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(12), 10660-10669. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i12.9738>
- Zakiah, Z., Makawiyah, M., & Mariati, M. (2025). Building better science: A framework for discovery and project-based learning in thermal physics education. *Edu Cendikia: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 4(3), 1437-1444. <https://doi.org/10.47709/educendikia.v4i03.5301>