

Systematic Literature Review: Implementation of STEM Integrated PBL Model in Improving 21st Century Skills

Tinjauan Pustaka Sistematis: Implementasi Model PBL Terintegrasi STEM dalam Peningkatan Keterampilan Abad 21

Imranah¹, Risqah Amaliah Kasman², Muhammad Fuad³

¹Institut Agama Islam Negeri Parepare, Parepare, Indonesia

^{2,3}Institut Teknologi dan Kesehatan Permata Ilmu Maros, Maros, Indonesia

Article Info

Corresponding Author:

Imranah

✉ imranah@iainpare.ac.id

History:

Submitted: 01-06-2025

Revised: 20-06-2025

Accepted: 27-06-2025

Published: 30-06-2025

Keywords:

Critical thinking; 21st-century skills; Merdeka Curriculum; PBL-STEM; Chemistry learning.

Kata Kunci:

Berpikir kritis; Keterampilan abad 21; Kurikulum Merdeka; PBL-STEM; Pembelajaran kimia.

Abstract

Twenty-first century skills such as critical thinking, communication, collaboration, and creativity (4C) are essential competencies in today's global education landscape. However, various reports indicate that Indonesian students still demonstrate low proficiency in these skills, particularly in chemistry learning, which remains dominated by rote memorization and teacher-centered instruction. To address this challenge, the integration of Problem-Based Learning (PBL) with the Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) approach has emerged as an innovative strategy to promote contextual, interdisciplinary learning. This study aims to evaluate the effectiveness of the PBL-STEM model in enhancing 21st-century skills through a Systematic Literature Review (SLR) approach. Data were collected from 16 peer-reviewed articles published between 2019 and 2025, focusing on chemistry learning at the senior high school level and the development of 21st-century competencies. Thematic analysis was employed to synthesize findings based on the type of skills addressed and the research designs used. The results indicate that the PBL-STEM model consistently enhances critical thinking, self-efficacy, scientific argumentation, science process skills, science literacy, and career interest. Several studies also reported the successful development of PBL-STEM-based learning modules that are valid, practical, and support self-directed learning. The findings confirm that integrating PBL with STEM constitutes a holistic and effective learning approach aligned with the goals of the Merdeka Curriculum, making it highly recommended for widespread implementation in senior high school chemistry instruction.

Abstrak

Keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis, komunikasi, kolaborasi, dan kreativitas (4C) menjadi fokus penting dalam pendidikan global saat ini. Namun, berbagai laporan menunjukkan bahwa kemampuan tersebut di kalangan siswa Indonesia masih tergolong rendah, terutama dalam pembelajaran kimia yang cenderung bersifat hafalan dan berpusat pada guru. Untuk menjawab tantangan tersebut, model pembelajaran Problem-Based Learning (PBL) yang terintegrasi dengan pendekatan Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) muncul sebagai solusi inovatif untuk mengembangkan keterampilan lintas disiplin dan kontekstual. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas implementasi model PBL-STEM dalam meningkatkan keterampilan abad 21 melalui pendekatan Studi Literatur Sistematis (SLR). Data dikumpulkan

dari 16 artikel ilmiah terbitan tahun 2019–2025 yang relevan dengan topik pembelajaran kimia SMA dan pengembangan keterampilan abad 21. Analisis dilakukan secara tematik berdasarkan jenis keterampilan yang dikembangkan dan desain penelitian yang digunakan. Hasil analisis menunjukkan bahwa model PBL-STEM secara konsisten efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis, efikasi diri, argumentasi ilmiah, keterampilan proses sains, serta minat karier dan literasi sains siswa. Beberapa penelitian juga menunjukkan keberhasilan pengembangan media ajar seperti modul PBL-STEM yang valid, praktis, dan mendukung pembelajaran mandiri. Simpulan dari kajian ini menegaskan bahwa integrasi PBL-STEM merupakan pendekatan pembelajaran holistik yang selaras dengan prinsip Kurikulum Merdeka dan layak diterapkan secara luas dalam pembelajaran kimia SMA.

PENDAHULUAN

Abad ke-21 menuntut transformasi pendidikan yang bukan hanya berfokus pada penguasaan materi, tetapi juga pada pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi, komunikasi, kreativitas, dan kolaborasi (Ali et al, 2025). Keterampilan-keterampilan tersebut, yang dikenal sebagai 4C (*critical thinking, communication, collaboration, creativity*), dianggap penting sebagai bekal peserta didik untuk beradaptasi dan bersaing dalam dunia kerja dan kehidupan global yang kompleks (Kembara et al, 2019). Oleh karena itu, paradigma pembelajaran di sekolah, termasuk dalam pembelajaran kimia, harus disesuaikan untuk mendukung pencapaian keterampilan abad 21 (Azzahra & Khoirunnisa, 2024).

Namun demikian, berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa pencapaian keterampilan abad 21 peserta didik di Indonesia masih tergolong rendah (Yusmar & Fadilah, 2023). Data PISA tahun 2022 menunjukkan bahwa kemampuan literasi sains, matematika, dan membaca siswa Indonesia berada di peringkat 71–74 dari 81 negara (Kusumawati et al, 2024). Hal ini mengindikasikan lemahnya kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, serta penguasaan konsep lintas disiplin ilmu yang seharusnya menjadi inti dari pendidikan abad 21 (Utami et al., 2025). Dalam konteks pembelajaran kimia, pendekatan tradisional yang masih bersifat *teacher-centered* dinilai kurang efektif dalam melatih peserta didik untuk berpikir secara kritis dan aplikatif (Rahman & Mauraji, 2025).

Untuk menjawab tantangan tersebut, dibutuhkan model pembelajaran yang inovatif dan terintegrasi secara kontekstual. Salah satu pendekatan yang banyak mendapat perhatian adalah model *Problem-Based Learning* (PBL). PBL menekankan pada pemecahan masalah nyata sebagai konteks belajar yang dapat merangsang keterampilan berpikir kritis, komunikasi, dan kolaborasi peserta didik (Setiawan, 2021). Ketika PBL dikombinasikan dengan pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*), proses belajar tidak hanya terpusat pada masalah, tetapi juga pada integrasi ilmu lintas disiplin yang menstimulasi kreativitas dan pemikiran sistemik.

Namun, meskipun berbagai studi tentang PBL-STEM telah dilakukan, belum ada sintesis sistematis yang memetakan bagaimana implementasi model ini secara khusus berkontribusi terhadap pengembangan keterampilan abad 21 dalam konteks pembelajaran kimia di tingkat SMA. Oleh karena itu, penelitian ini dirancang dalam bentuk *Studi Literatur Sistematis* (*Systematic Literature Review/SLR*) untuk menghimpun dan menganalisis secara komprehensif hasil-hasil penelitian terkait. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi dampak penerapan model PBL terintegrasi STEM terhadap pengembangan keterampilan abad 21 serta memberikan rekomendasi untuk praktik pembelajaran di masa mendatang.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif dengan pendekatan *Studi Literatur Sistematis* (*Systematic Literature Review/SLR*). Jenis penelitian ini dipilih untuk menghimpun, mengevaluasi, dan menganalisis secara kritis berbagai hasil penelitian empiris yang relevan terkait implementasi model *Problem-Based Learning* (PBL) yang terintegrasi dengan pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) dalam pembelajaran kimia SMA, khususnya dalam upaya meningkatkan keterampilan abad 21.

Penelitian ini dilaksanakan secara dokumentatif pada bulan Mei–Juni 2025. Seluruh proses penelusuran, seleksi, dan analisis dokumen dilakukan secara daring melalui akses ke jurnal nasional dan internasional melalui internet. Target penelitian ini adalah dokumen-dokumen ilmiah (artikel jurnal) yang memenuhi kriteria sebagai sumber data utama dalam studi literatur sistematis. Subjek dalam penelitian ini adalah artikel-artikel hasil penelitian empiris yang membahas tentang implementasi model PBL-STEM dalam pembelajaran kimia tingkat SMA, baik secara langsung maupun tidak langsung berkaitan dengan keterampilan abad 21.

Instrumen utama yang digunakan adalah lembar ekstraksi data yang dikembangkan secara mandiri berdasarkan kebutuhan SLR. Lembar ini memuat kategori: nama penulis, tahun, judul, desain penelitian, topik kimia, keterampilan abad 21 yang dikembangkan, dan hasil penelitian. Data dikumpulkan melalui proses dokumentasi dari artikel jurnal ilmiah yang diperoleh dari sumber daring. Proses pengumpulan dilakukan dengan cara menyaring dokumen berdasarkan abstrak dan isi, kemudian dikompilasi dalam format tabel sintesis untuk dianalisis lebih lanjut.

Prosedur penelitian mengikuti tahapan yang dikembangkan oleh Kitchenham (2004), meliputi:

1. Perencanaan Review

Menentukan fokus kajian, merumuskan pertanyaan penelitian, serta menyusun kriteria inklusi dan eksklusi artikel.

2. Pelaksanaan Review

Penelusuran artikel dilakukan melalui jurnal nasional terindeks Sinta (minimal Sinta 3) dan jurnal internasional bereputasi. Kata kunci yang digunakan antara lain: “*PBL-STEM dalam pembelajaran kimia*”, “*PBL STEM 21st century skills*”, “*critical thinking PBL STEM chemistry*”, dan variasi serupa. Setelah proses penelusuran, dilakukan seleksi berdasarkan kriteria sebagai berikut:

Inklusi	Eksklusi
<ul style="list-style-type: none">• Artikel terbit tahun 2019–2025• Fokus pada implementasi PBL-STEM dalam konteks pembelajaran kimia di SMA• Mengukur minimal satu keterampilan abad 21.	<ul style="list-style-type: none">• Artikel yang tidak memuat keterkaitan langsung antara PBL dan STEM• Tidak terkait kimia atau tingkat SMA• Artikel non-empiris.

Sebanyak 16 artikel yang memenuhi kriteria dimasukkan sebagai sumber primer.

3. Sintesis dan Pelaporan

Artikel dianalisis dan disintesis dengan pendekatan tematik, yaitu mengelompokkan berdasarkan keterampilan abad 21 yang dikaji, desain penelitian, topik kimia, dan hasil utamanya. Data dari 16 artikel jurnal empiris yang memenuhi kriteria inklusi (tahun 2019–2025, fokus PBL-STEM dalam pembelajaran kimia SMA, mengukur minimal satu keterampilan abad 21) dianalisis secara kualitatif menggunakan analisis tematik. Proses analisis diawali dengan membaca setiap artikel secara menyeluruh dan berulang untuk memahami konteks, temuan, dan implikasi penelitian terkait implementasi model PBL-STEM dan pengaruhnya terhadap keterampilan abad 21 siswa. Selanjutnya, dilakukan identifikasi dan penandaan (koding) tema atau keterampilan abad 21 spesifik yang muncul dalam tiap artikel, seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, komunikasi, atau efikasi diri, berdasarkan instrumen lembar ekstraksi data yang telah dikembangkan. Tahap ketiga melibatkan pengelompokan artikel-artikel tersebut berdasarkan temuan dominan atau tema keterampilan abad 21 yang dikaji, misalnya mengkategorikan artikel-artikel yang secara primer melaporkan peningkatan kemampuan argumentasi atau efikasi diri. Proses sintesis kemudian dilakukan dengan menyusun narasi komparatif yang memadukan dan membandingkan temuan dari seluruh artikel dalam setiap kelompok tema. Narasi sintesis ini berfokus pada menjawab pertanyaan penelitian inti, yakni mengkaji peran dan efektivitas PBL-STEM dalam meningkatkan keterampilan abad 21 pada pembelajaran kimia SMA, dengan mempertimbangkan variasi desain penelitian, topik kimia yang diajarkan, dan hasil utama yang dilaporkan. Melalui langkah-langkah sistematis ini, analisis tematik memungkinkan penarikan kesimpulan yang komprehensif mengenai pola, keefektifan, dan rekomendasi implementatif dari integrasi PBL-STEM berdasarkan bukti-bukti empiris terkini.

Hasil analisis dikaitkan dengan tujuan penelitian, yaitu untuk mengkaji peran dan efektivitas model PBL-STEM dalam meningkatkan keterampilan abad 21 siswa SMA dalam pembelajaran kimia. Temuan dari masing-masing artikel dibandingkan, dan kemudian digunakan sebagai dasar rekomendasi implementatif dan akademik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pencarian dan seleksi literatur yang dilakukan secara sistematis, diperoleh 50 artikel ilmiah yang relevan dengan topik penelitian. Artikel-artikel tersebut berasal dari jurnal nasional terakreditasi dan jurnal internasional yang dipublikasikan pada rentang tahun 2019–2025. Setelah itu dilakukan proses seleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Hasil sintesis literatur disajikan dalam Tabel 1, yang menunjukkan identitas artikel, jenis penelitian, topik kimia yang dibahas, keterampilan abad 21 yang ditargetkan, serta hasil utama yang diperoleh.

Tabel 1. Hasil Analisis Literatur

No	Penulis (Tahun)	Topik	Jenis Penelitian	Keterampilan Abad 21	Temuan Utama
1	Atifah & Sari (2025)	Reaksi kimia	Kuasi-eksperimen	Efikasi diri	Peningkatan lima aspek efikasi diri siswa
2	Adhelacahya et al. (2023)	Gelombang mekanik	Kuasi-eksperimen	Berpikir kritis	N-Gain tinggi (0.76)
3	Febrianto et al. (2021)	Polusi lingkungan	Kuasi-eksperimen	Berpikir kritis	N-Gain sedang (0.46)
4	Okmarisa et al. (2025)	Umum/Kimia	SLR	Argumentasi	Peningkatan kualitas argumen siswa
5	Wulandari et al. (2019)	Umum/Kimia	Literatur review	Argumentasi	STEM mendukung proses argumentatif siswa
6	Khadijah et al. (2025)	Gelombang suara	R&D	Proses sains	Modul valid dan praktis, meningkatkan proses sains
7	Wahdaniyah et al. (2023)	Umum/Sains	Literatur review	Berpikir kritis	Integrasi PBL-STEM lebih efektif daripada model lain
8	Rushiana et al. (2023)	Ikatan kimia, buffer	SLR	Berpikir kritis	Indikator berpikir kritis masih rendah pada aspek induksi
9	Parenta et al. (2022)	Mesin sederhana	SLR	Berpikir kritis	N-Gain berpikir kritis meningkat signifikan
10	Kartini et al. (2023)	Sistem organ manusia	Kuasi-eksperimen	Kognitif (analitik)	Peningkatan hasil belajar signifikan
11	Zahro et al. (2023)	Laju reaksi	Eksperimen murni	Berpikir kritis	Peningkatan seluruh indikator berpikir kritis siswa
12	Zakiyah et al. (2023)	Kimia-biologi terpadu	Kuasi-eksperimen	Berpikir kritis	Peningkatan signifikan melalui uji ANCOVA
13	Negari (2021)	Kimia dasar (SMK)	Eksperimen faktorial	Berpikir kritis, kemandirian	Pengaruh signifikan model dan kemandirian belajar
14	Barkah & Kurniawati (2025)	Keseimbangan kimia	Kuasi-eksperimen	Hasil belajar, berpikir kritis	N-Gain 0.724; berbeda signifikan antar kelas
15	Sakti (2025)	Multitjenjang sains	Scoping review	>10 aspek keterampilan 21 abad	STEM-PBL dominan di SMA dan pelajaran IPA
16	Buana Sakti (2025)	Multidisiplin sains	Scoping review	Literasi sains, karakter, komunikasi	STEM-PBL mendukung peningkatan karakter & prestasi

Penerapan PBL-STEM di Pembelajaran Kimia SMA

Dari 16 artikel yang direview, seluruhnya secara konsisten mengonfirmasi bahwa integrasi model *Problem-Based Learning* (PBL) dengan pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) memberikan dampak positif terhadap pencapaian berbagai aspek keterampilan abad 21 dalam pembelajaran kimia tingkat SMA. Salah satu keterampilan yang paling dominan mengalami peningkatan adalah berpikir kritis, sebagaimana dilaporkan oleh delapan artikel, di antaranya penelitian oleh Ata et al. (2023), Zakiyah et al. (2023), dan Adhelacahya et al. (2023). Peningkatan ini

tidak hanya ditunjukkan secara deskriptif, tetapi juga didukung oleh data kuantitatif melalui analisis statistik. Penelitian-penelitian tersebut menggunakan desain kuasi-eksperimen maupun eksperimen murni yang ketat, dan hasilnya menunjukkan N-Gain yang tinggi serta nilai signifikansi statistik ($p < 0,05$), yang mengindikasikan bahwa model pembelajaran PBL-STEM memberikan pengaruh nyata terhadap kemampuan berpikir kritis siswa.

Lebih lanjut, peningkatan berpikir kritis tampak pada berbagai indikator, seperti kemampuan mengidentifikasi masalah, merumuskan solusi alternatif, mengevaluasi argumen secara logis, dan mengambil keputusan berbasis bukti. Keterlibatan siswa secara aktif dalam menyelesaikan masalah kontekstual melalui pendekatan lintas disiplin mendorong siswa untuk tidak hanya memahami konsep kimia secara teoritis, tetapi juga mengaplikasikannya secara praktis. Hal ini sejalan dengan karakteristik pembelajaran abad 21 yang menekankan pada kemampuan analitis dan pemecahan masalah secara kreatif dan reflektif. Oleh karena itu, hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa integrasi PBL-STEM bukan hanya memperkaya strategi pembelajaran, tetapi juga efektif dalam membentuk profil pelajar yang siap menghadapi tantangan global secara intelektual dan kompetitif.

PBL-STEM Memperkuat Efikasi Diri dan Kemandirian Belajar

Dua artikel memberikan perhatian khusus terhadap peningkatan efikasi diri siswa sebagai salah satu capaian penting dari implementasi model PBL-STEM (Atifah & Sari, 2025; Sakti, 2025). Efikasi diri merujuk pada keyakinan individu terhadap kemampuannya dalam merencanakan dan melaksanakan tindakan yang diperlukan untuk mencapai tujuan belajar. Model PBL-STEM, melalui keterlibatan aktif dalam penyelesaian masalah, secara signifikan meningkatkan kepercayaan diri, motivasi internal, serta kemampuan siswa dalam menghadapi tantangan pembelajaran secara mandiri. Hal ini terjadi karena pendekatan ini menempatkan siswa sebagai pelaku utama dalam proses belajar, memungkinkan mereka untuk membuat keputusan, mengorganisasi ide, dan merefleksikan hasil kerjanya sendiri.

Selanjutnya, artikel oleh Negari (2021) menyoroti pentingnya kemandirian belajar sebagai variabel mediasi dalam keberhasilan model pembelajaran berbasis PBL-STEM. Ia menemukan bahwa semakin tinggi tingkat kemandirian siswa, maka semakin optimal efek model PBL-STEM terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis. Hal ini mengindikasikan bahwa pengembangan efikasi diri dan kemandirian belajar tidak hanya menjadi hasil dari pembelajaran PBL-STEM, tetapi juga berfungsi sebagai prasyarat untuk memperkuat pengaruhnya terhadap keterampilan abad 21 lainnya. Oleh karena itu, penguatan aspek afektif seperti efikasi diri dan kemandirian perlu menjadi perhatian utama dalam perencanaan dan pelaksanaan pembelajaran berbasis PBL-STEM, agar manfaatnya dapat lebih maksimal dan berkelanjutan.

Peningkatan Kualitas Modul dan Media Berbasis PBL-STEM

Beberapa penelitian mengembangkan media ajar yang mendukung implementasi model PBL-STEM, salah satunya adalah modul pembelajaran berbasis PBL terintegrasi STEM (Barkah & Kurniawati, 2025; Khadijah et al., 2025). Modul-modul ini didesain secara kontekstual dan berorientasi pada pemecahan masalah nyata yang relevan dengan kehidupan sehari-hari siswa, seperti fenomena kesetimbangan kimia dalam reaksi industri atau gelombang dalam kehidupan teknologi. Penggunaan modul semacam ini memungkinkan pembelajaran yang lebih aktif, eksploratif, dan menantang, sekaligus menyediakan scaffolding bagi siswa dalam memahami konsep-konsep kimia yang bersifat abstrak dan kompleks. Selain itu, integrasi elemen STEM dalam modul tidak hanya melibatkan aspek sains semata, tetapi juga mengajak siswa untuk mengintegrasikan teknologi, merancang solusi berbasis prinsip rekayasa, serta melakukan perhitungan matematis yang aplikatif. Hal ini secara alami mengembangkan cara berpikir yang logis, analitis, dan integratif, yang merupakan fondasi keterampilan abad 21. Penggunaan modul ini juga mendukung pembelajaran mandiri karena dirancang dengan alur yang sistematis dan berbasis aktivitas, sehingga dapat meningkatkan efikasi diri, tanggung jawab belajar, serta kemampuan reflektif siswa dalam mengevaluasi pemahamannya terhadap materi kimia.

Multiaspek Penguatan Keterampilan Abad 21

Dua artikel scoping review yang dilakukan oleh Sakti (2025) dan Buana Sakti (2025) menunjukkan bahwa integrasi model pembelajaran STEM-PBL memiliki cakupan dampak yang sangat luas terhadap pengembangan keterampilan abad 21. Tidak hanya terbatas pada peningkatan kemampuan berpikir kritis, hasil studi tersebut juga mengindikasikan adanya penguatan pada lebih dari 10 indikator keterampilan utama, seperti literasi sains, komunikasi efektif, kemampuan kolaboratif, kreativitas, pemecahan masalah, efikasi diri, motivasi belajar, pengembangan karakter, serta minat dan persepsi terhadap karier masa depan. Penerapan STEM-PBL mendorong siswa untuk aktif dalam proses pembelajaran, mengeksplorasi solusi nyata, serta mengembangkan keterampilan sosial dan kognitif yang seimbang.

Lebih lanjut, pendekatan ini memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk berpartisipasi dalam pembelajaran yang bersifat lintas disiplin dan berbasis proyek, yang sangat sesuai dengan prinsip *student-centered learning* dalam Kurikulum Merdeka. Dalam konteks ini, PBL-STEM tidak hanya berfungsi sebagai metode untuk mentransfer pengetahuan, tetapi juga sebagai alat untuk membentuk profil pelajar Pancasila yang memiliki karakter, kompetensi global, serta kemampuan literasi abad 21 (Niyanti et al, 2022). Temuan dari kedua studi ini memperkuat posisi PBL-STEM sebagai pendekatan pembelajaran yang holistik, transformatif, dan relevan untuk diterapkan secara luas di sekolah-sekolah di Indonesia sebagai strategi implementasi pendidikan berbasis kompetensi dan konteks dunia nyata.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian sistematis terhadap enam belas artikel ilmiah, dapat disimpulkan bahwa model Problem-Based Learning (PBL) terintegrasi STEM terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan abad 21 siswa SMA, khususnya dalam konteks pembelajaran kimia. Keterampilan tersebut meliputi berpikir kritis, efikasi diri, argumentasi ilmiah, proses sains, kreativitas, dan komunikasi. Berpikir kritis merupakan keterampilan yang paling dominan dikembangkan melalui implementasi PBL-STEM. Hal ini dibuktikan melalui peningkatan skor N-Gain yang tinggi serta hasil uji statistik yang signifikan ($p < 0,05$) pada beberapa penelitian eksperimental.

Efikasi diri dan kemandirian belajar juga meningkat sebagai hasil dari keterlibatan aktif siswa dalam penyelesaian masalah kontekstual dan eksperimen berbasis proyek. Media ajar seperti modul berbasis PBL-STEM dinilai valid dan praktis, serta mampu meningkatkan pemahaman konsep kimia abstrak dan hasil belajar siswa. Inovasi media ini memberikan peluang pembelajaran mandiri dan interaktif berbasis literasi STEM. Penerapan model PBL-STEM paling banyak dilakukan pada topik-topik kimia kontekstual, seperti kesetimbangan kimia, reaksi redoks, laju reaksi, dan polusi lingkungan. Topik-topik ini memungkinkan pengintegrasian semua elemen STEM dalam aktivitas pembelajaran. Hasil dari dua studi scoping review menyimpulkan bahwa STEM-PBL tidak hanya meningkatkan kemampuan akademik, tetapi juga memfasilitasi keterampilan sosial-emosional, literasi sains, minat karier, dan pengembangan karakter siswa, yang semuanya merupakan elemen penting dalam pendidikan abad 21.

Berdasarkan simpulan di atas, maka beberapa saran yang dapat diberikan adalah bagi guru dan praktisi pendidikan, penerapan model PBL terintegrasi STEM perlu diperluas, terutama pada topik-topik kimia yang aplikatif, untuk mengembangkan keterampilan 4C siswa secara optimal. Bagi pengembang kurikulum dan kebijakan pendidikan, model ini dapat dijadikan rujukan dalam pengembangan bahan ajar yang sesuai dengan semangat Kurikulum Merdeka dan tuntutan Revolusi Industri 4.0. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk melakukan eksperimen lanjutan terkait efektivitas model PBL-STEM pada aspek keterampilan kolaborasi dan kreativitas, serta penerapannya dalam konteks sekolah di daerah 3T (terdepan, terluar, dan tertinggal). Bagi institusi pendidikan guru, pelatihan dan penguatan kompetensi pedagogik dalam implementasi pembelajaran berbasis masalah dan pendekatan STEM menjadi penting untuk mencetak guru yang adaptif dan inovatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhelacahya, K., Sukarmin, S., & Sarwanto, S. (2023). The impact of problem-based learning electronics module integrated with STEM on students' critical thinking skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(7), 4869–4878. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i7.3931>
- Ali, M. K., Ali, F. F., Ali, R. I., & Hasanah, A. (2025). Membangun Kompetensi Berpikir Tinggi dan Keterampilan Kerja: Analisis Perbandingan Taksonomi Bloom Revisi dan Taksonomi Simpson/Harrow dalam Konteks Pendidikan SMA dan SMK. *Cognoscere: Jurnal Komunikasi dan Media Pendidikan*, 3(1).
- Atifah, A., & Sari, R. L. P. (2025). The effect of STEM-project-based learning on self-efficacy in high school chemistry learning. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 13(1), 151–161. <https://doi.org/10.33394/hjkk.v13i1.14211>
- Azzahra, N., Putri, A., & Khoirunnisa, P. (2024). Peranan Guru Dalam Menghadapi Perkembangan Teknologi Informasi Melalui Pendidikan Abad 21: Pendekatan Kualitatif Tinjauan Pustaka. *JIPSD*, 1(2), 135-151.
- Barkah, F. A., & Kurniawati, D. (2025). Efektivitas modul berbasis PBL terintegrasi STEM materi kesetimbangan kimia terhadap hasil belajar siswa. *BIOCHEPHY: Journal of Science Education*, 5(1), 188–194. <https://doi.org/10.52562/biochephy.v5i1.1597>
- Buana Sakti, M. R. (2025). Integrating STEM-PBL to improve learning outcomes: A scope review. *Jurnal Edukasi dan Multimedia*, 2(1), 1–9. <https://doi.org/10.37817/jurnaledukasiandanmultimedia.v2i1>
- Febrianto, T., Ngabekti, S., & Saptono, S. (2021). The effectiveness of Schoology-assisted PBL-STEM to improve critical thinking ability of junior high school students. *Journal of Innovative Science Education*, 10(2), 222–229.
- Ismail, H., Kasman, R. A., & Fadli, M. (2024). Pengembangan Modul Ajar Ipas Berbasis Masalah (Pbl) Pada Jurusan Nautika Kapal Penangkap Ikan. *Jurnal Riset Guru Indonesia*, 3(2), 68-75.
- Kasman, R. A., Danial, M., & Arsyad, M. (2022). Pengembangan Perangkat Subject Specific Pedagogy Ikatan Kimia Berbasis STEM. *Chemistry*, 6(1), 1-9.
- Khadijah, S., Suyidno, S., Mahtari, S., & Qamariah, Q. (2025). Sound wave teaching module using STEM-PBL to improve students' science process skills. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 9(1), 46–62. <https://doi.org/10.20527/jipf.v9i1.13270>
- Kartini, E., Nofrion, & Efendi, R. (2023). Pengaruh model pembelajaran PBL-STEM terhadap hasil belajar siswa pada materi sistem organ manusia. *Jurnal Biolokus*, 6(2), 154–162.
- Kembara, M. D., Rozak, R. W. A., & Hadian, V. A. (2019, March). Based lectures to improve students' 4C (communication, collaboration, critical thinking, and creativity) skills. In *International Symposium on Social Sciences, Education, and Humanities (ISSEH 2018)* (pp. 22-26). Atlantis Press.
- Kusumawati, W., Purwosetiyono, F. D., & Handayani, S. H. R. (2024). Efektivitas Model Problem Based Learning Berbantuan Geogebra terhadap Kemampuan Literasi Matematis

Siswa pada Materi Fungsi Kuadrat. *JagoMIPA: Jurnal Pendidikan Matematika dan IPA*, 4(1), 156-166.

- Negari, E. C. A. (2021). Pengaruh model pembelajaran dan kemandirian belajar terhadap kemampuan berpikir kritis kimia siswa kelas X SMK di Kabupaten Bogor. *Cendekia: Jurnal Ilmu Pengetahuan*, 1(4), 265–270.
- Niyanti, P. E., Setyaningrum, F. P., Rachman, G. W., & Wandita, F. (2022). Implementasi pembelajaran fisika topik usaha dan energi berdasarkan publikasi ilmiah. *Mitra Pilar: Jurnal Pendidikan, Inovasi, dan Terapan Teknologi*, 1(2), 99-118.
- Okmarisa, H., Lestari, N. A., & Ariani, L. (2025). The effect of problem-based learning model in improving students' argumentation skills: Systematic literature review. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 13(1), 79–86. <https://doi.org/10.33394/hjkk.v13i1.14220>
- Parenta, Y., Masykuri, M., & Saputro, S. (2022). Application of PBL-STEM on simple machine topic to improve critical thinking skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(2), 674–680. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i2.1181>
- Rahman, N. A., & Mauraji, I. S. (2025). Keterampilan proses sains dalam konteks project praktikum sederhana berbasis etnokimia: Sebuah telaah literatur. *Arfak Chem: Chemistry Education Journal*, 8(1), 725-736.
- Rushiana, R. A., Sumarna, O., & Anwar, S. (2023). Efforts to develop students' critical thinking skills in chemistry learning: Systematic literature review. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(3), 1425–1435. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i3.2632>
- Sakti, M. R. B. (2025). Integrasi STEM-PBL untuk meningkatkan hasil belajar: Kajian scoping review. *Jurnal Edukasi dan Multimedia*, 2(1), 1–9.
- Setiawan, A. (2021). Problem based learning (PBL) model for the 21st century generation. In *Social, Humanities, and Educational Studies (SHES): Conference Series* (Vol. 4, No. 6, pp. 290-296).
- Sitopu, J. W., Kasman, R. A., & Fuad, M. (2025). STEM (Science, Technology, Engineering, And Mathematics) Education Policy. *International Journal of Teaching and Learning*, 3(3), 41-48.
- Utami, P. R., Rahmawati, L., & Noktaria, M. (2025). Pengembangan Kompetensi dan Soft Skill Dalam Implementasi Kurikulum Merdeka: Tinjauan Literatur. *MANAJERIAL: Jurnal Inovasi Manajemen dan Supervisi Pendidikan*, 5(1), 55-65.
- Wahdaniyah, N., Agustini, R., & Tukiran, T. (2023). Analysis of effectiveness PBL-STEM to improve student's critical thinking skills. *International Journal of Recent Educational Research (IJORER)*, 4(3), 365–382. <https://doi.org/10.46245/ijorer.v4i3.312>
- Wulandari, P. A., Dasna, I. W., & Nazriati, N. (2019). STEM learning can improve argumentation skill: A literature review. In *Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya*, 382–384.

- Yusmar, F., & Fadilah, R. E. (2023). Analisis rendahnya literasi sains peserta didik indonesia: Hasil PISA dan faktor penyebab. *LENSA (Lentera Sains): Jurnal Pendidikan IPA*, 13(1), 11-19.
- Zakiyah, N., Ramli, Y., & Irawan, F. (2023). Pengaruh pembelajaran PBL terintegrasi STEM terhadap keterampilan berpikir kritis siswa. *Jurnal Jendela*, 10(2), 269–277. <https://doi.org/10.33059/jj.v10i2.8479>
- Zahro, A., Sumarni, S., & Sumarno, S. (2023). Implementasi PBL-STEM untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa pada materi laju reaksi. *Jurnal Pendidikan Kimia Indonesia*, 7(2), 123–132.