

Studi Literatur: Analisis Kualitatif Implementasi *Problem-based learning* (PBL) terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah Siswa pada Pembelajaran Biologi

Rahmasytoh^{1),*}, Relsas Yogica¹⁾, Rahmadhani Fitri¹⁾

¹⁾Universitas Negeri Padang

*Corresponding Author: rahmasytohbiologi.fmipa.unp@gmail.com

ABSTRAK

Rendahnya capaian literasi sains peserta didik Indonesia berdasarkan data PISA 2022 menuntut adanya inovasi strategi pembelajaran biologi yang berorientasi pada keterampilan abad 21. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas implementasi model PBL terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah siswa pada materi biologi melalui tinjauan literatur sistematis. Metode yang digunakan adalah Systematic Literature Review (SLR) dengan protokol PRISMA 2020. Pencarian literatur dilakukan pada pangkalan data Google Scholar, Garuda, DOAJ, dan SINTA dengan rentang waktu 2020-2026. Dari 70 artikel yang teridentifikasi di awal, sebanyak 20 artikel inti (10 nasional dan 10 internasional) terpilih untuk dianalisis setelah melalui seleksi ketat berdasarkan kriteria inklusi kualitas indeksasi dan subjek pendidikan menengah. Hasil analisis menunjukkan bahwa implementasi PBL secara konsisten mampu meningkatkan keterampilan kognitif tingkat tinggi melalui tahapan penyelidikan mandiri dan presentasi hasil. Temuan lebih lanjut menunjukkan bahwa integrasi PBL dengan media digital dan teknik *scaffolding* memberikan dampak yang lebih signifikan dibandingkan PBL konvensional dalam melatih kemandirian belajar siswa. Simpulan penelitian ini menegaskan bahwa PBL merupakan model pembelajaran yang esensial dalam kurikulum biologi modern untuk mencapai target literasi sains abad 21.

Kata Kunci: Berpikir Kritis; Pemecahan Masalah, *Problem-based learning*, *Systematic Literature Review*

This is an open access article under the CC - BY license.



PENDAHULUAN

Pembelajaran sains pada abad 21 mengalami pergeseran paradigma yang mendasar, di mana fokus utama tidak lagi bertumpu pada penguasaan konten faktual secara hafalan, melainkan pada pemberdayaan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Dua diantara kompetensi krusial yang wajib dikuasai oleh peserta didik untuk menghadapi kompleksitas tantangan global adalah kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah (Leuwol, 2023; Sulaiman, 2024). Berpikir kritis membekali siswa dengan kapasitas mengevaluasi arumentasi ilmiah secara objektif, sedangkan kemampuan pemecahan masalah memicu lahirnya solusi aplikatif terhadap fenomena realistik di sekitar mereka. Dalam ranah pendidikan biologi sarat akan konsep abstrak dan problematika ekologis kontekstual yang tidak dapat diselesaikan sekadar melalui transmisi pengetahuan satu arah (Sukses & Darussyamsu, 2021).

Namun pada kenyataannya, kesenjangan yang lebar masih terjadi antara tuntutan ideal kurikulum dengan fenomena empiris peserta didik di lapangan. Urgensi penanganan masalah ini didasarkan pada data empiris terkini dari laporan *Programme for International Student Assessment* (PISA) yang menegaskan bahwa capaian literasi sains siswa Indonesia secara konsisten masih berada di bawah rata-rata internasional (OECD, 2023). Ketidakmampuan ini berakar dari dominasi strategi pembelajaran konvensional yang bercorak *teacher-centered*, di mana siswa ditempatkan sebagai penerima pasif informasi tanpa banyak dilatih menalar (Lara & Syamsurizal, 2024; Putri & Fitri, 2022). Akibatnya, ketajaman nalar kritis dan fleksibilitas siswa dalam memecahkan studi kasus biologi yang bersifat kompleks menjadi tidak terlatih dengan optimal (Zuchri & Irawati, 2021). Sebagai langkah taktis untuk menjembatani disparitas tersebut, model *Problem-based learning* (PBL) secara teoretis diakui sebagai instrumen instruksional terbaik untuk merekonstruksi nalar berpikir siswa melalui paparan masalah autentik (Indrapangastuti, 2023). Perkembangan metodologi mutakhir bahkan menunjukkan efektivitas PBL

kian berlipat ganda ketika diintegrasikan dengan teknologi digital seperti *flipped classroom* maupun muatan STEM (Fitria et al., 2024; Widiyanti & Suyanto, 2025).

Meskipun artikel penelitian mengenai efektivitas PBL telah banyak dipublikasikan dalam tingkatan nasional maupun internasional, terdapat *research gap* yang signifikan dari penelitian-penelitian terdahulu. Mayoritas studi primer yang ada masih bersifat parsial, terlokasi pada satu satuan pendidikan tertentu, dan hanya mengukur efektivitas dalam skala kelas kecil dengan karakteristik materi tunggal (Nurwidodo et al., 2025). Keterbatasan utama dari penelitian terdahulu adalah belum adanya sebuah sintesis komprehensif yang mengintegrasikan, membandingkan, serta memetakan secara terstruktur bagaimana pola tren inovasi PBL (seperti integrasi STEM, metakognisi, dan media digital) berdampak secara spesifik pada masing-masing indikator berpikir kritis dan pemecahan masalah dalam pembelajaran biologi sekolah menengah. Fragmentasi data ilmiah ini menyebabkan para praktisi pendidikan kesulitan dalam menarik kesimpulan yang utuh mengenai strategi pemanfaatan PBL yang optimal.

Di sinilah letak novelty (kebaruan) dari kajian ini. Berbeda dengan penelitian Pustaka konvensional yang bersifat subjektif, artikel ini melakukan rekonstruksi ilmiah dengan menyatukan potongan-potongan temuan empiris yang tersebar menjadi satu konseptualisasi yang utuh, transparan, dan terukur. Evaluasi objektivitas dan replikabilitas dalam studi ini dijamin melalui penerapan metode *Systematic Literature Review* (SLR) yang mengadopsi secara ketat pedoman buku protokol PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) 2020 (Page, 2021; Riadi, 2026). Prosedur pembatasan literasi pada beberapa tahun terakhir digunakan untuk memastikan relevansi sebuah argumentasi terhadap dinamika kurikulum modern (Sugiyono, 2022). Berdasarkan konseptualisasi tersebut, penelitian ini bertujuan secara spesifik untuk menganalisis tren implementasi, mengevaluasi efektivitas integrasi inovasi model PBL, serta mengidentifikasi hambatan instruksional yang memengaruhi pencapaian kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah siswa pada mata pelajaran biologi di tingkat sekolah menengah.

METODE

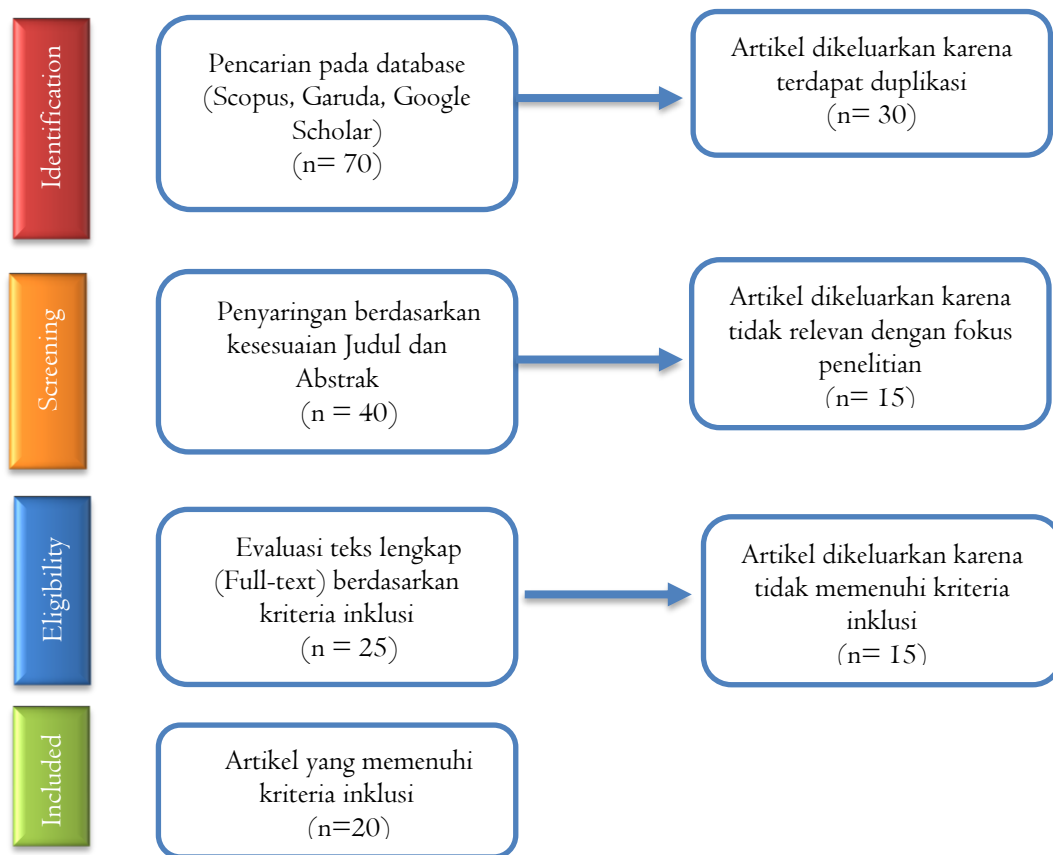
Kajian ini dirancang dalam bentuk tinjauan pustaka sistematis atau *Systematic Literature Review* (SLR). Pendekatan ini dipilih guna menyajikan sintesis yang objektif dan terukur terkait dampak model *Problem-based learning* (PBL) terhadap kecakapan berpikir kritis serta penyelesaian masalah (Sugiyono, 2022). Agar setiap tahapan penapisan literatur berjalan transparan, seluruh rangkaian prosedur berpedoman pada kerangka kerja *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) edisi 2020 (Page, 2021). Penggunaan standar ini memastikan rekam jejak riset terdokumentasi dengan baik sehingga berpotensi untuk direplikasi secara akurat oleh akademisi lain di masa mendatang (Riadi, 2026).

Pengumpulan data sekunder dilaksanakan secara daring dengan mengeksplorasi tiga pangkalan data utama, yakni Google Scholar, Garuda, dan Scopus. Strategi penelusuran artikel dikembangkan menggunakan operasi logika Boolean. Untuk basis data berskala internasional, susunan kata kuncinya adalah ("*Problem-Based Learning*" OR "PBL") AND "*Biology*" AND ("*Critical Thinking*" OR "*Problem Solving*"). Sementara pada basis data berskala nasional, penelusuran diformulasikan dengan frasa ("*Problem-based learning*" OR "PBL") AND "Biologi" AND ("Berpikir Kritis" OR "Pemecahan Masalah").

Guna menjamin relevansi temuan dengan dinamika pendidikan saat ini, penyaringan dokumen didasarkan pada seperangkat kriteria kelayakan. Syarat inklusi yang ditetapkan mencakup: (1) publikasi dirilis dalam kurun waktu 10 tahun terakhir; (2) diterbitkan oleh jurnal nasional terakreditasi maupun internasional bereputasi; (3) populasi riset menyangkut peserta didik jenjang menengah (SMP/SMA); (4) bermuatan materi biologi atau sains; dan (5) mengukur efektivitas PBL atau variasinya sebagai variabel bebas. Sebaliknya, literatur akan otomatis dieksklusi apabila; (1) formatnya berupa buku, prosiding, tesis, atau disertasi; (2) naskah utuh (*full-text*) tidak dapat diakses; serta (3) PBL tidak diposisikan sebagai intervensi utama di dalam kelas.

Mekanisme seleksi dijalankan melewati empat tahapan utama PRISMA seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1. Proses identifikasi awal berhasil menemukan 70 artikel potensial. Pada tahap penyaringan (*screening*) melalui pembacaan judul dan abstrak, sebanyak 30 dokumen dikeluarkan akibat terindikasi ganda atau tidak sejalan dengan batasan jenjang sasaran. Pada fase kelayakan (*visibility/eligibility*), 25 artikel teks lengkap dievaluasi secara mendalam. Hasil penapisan akhir menetapkan 20 artikel inti yang terdiri dari 10 artikel internasional dan

10 artikel nasional untuk diekstraksi ke dalam tabel matriks hasil, serta 5 artikel tambahan guna memperkaya argumentasi pada bagian pembahasan.



Gambar 1. Diagram Alur Seleksi Artikel

Proses ekstraksi data dari kedua puluh literatur inti mengandalkan instrumen tabel terstandarisasi demi menjaga keajekan informasi. Poin-poin yang diekstraksi meliputi identitas penulis, tahun rilis, nama jurnal, desain eksperimen, tingkat kelas, topik biologi yang diajarkan, hingga parameter hasil riset. Seluruh data tersebut kemudian diolah menggunakan teknik analisis isi (*content analysis*). Pemaparan hasil difokuskan untuk memetakan secara deskriptif tren pemanfaatan media integratif dalam PBL, tingkat keberhasilan intervensi terhadap indikator nalar kritis, dan rintangan pedagogis yang lazim dialami guru di lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses seleksi dokumen, yang didasarkan pada protokol PRISMA 2020, berhasil mengidentifikasi 20 artikel ilmiah inti yang memenuhi semua kriteria inklusi. Untuk menghindari penyajian data yang berulang dan dangkal, karakteristik mendasar dari dua puluh artikel terpilih ini diklasifikasikan secara sistematis berdasarkan parameter nama penulis, nama jurnal, desain metodologi, tingkat satuan subjek, serta fokus variabel terikat yang diukur. Melalui model klusterisasi ini, pembaca dapat dengan mudah mengidentifikasi peta perkembangan riset instruksional sains. Seluruh data mentah yang diekstraksi dari naskah-naskah utama disajikan secara sistematis pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Review Artikel

No	Klaster Tema Temuan	Penulis & Tahun	Jenjang	Metode Penelitian	Variabel yang Diteliti	Hasil Penelitian
1	Berpikir Kritis & Reflektif	(Darmastuti et al., 2025)	SMA	Kuantitatif (Quasi Eksperimen)	STEM-Flipped Classroom, Berpikir Kritis	Kombinasi kelas terbalik berbasis STEM mendongkrak berpikir kritis dan kemampuan literasi biologi siswa secara mandiri

No	Klaster Tema Temuan	Penulis & Tahun	Jenjang	Metode Penelitian	Variabel yang Diteliti	Hasil Penelitian
2	Berpikir Kritis & Reflektif	(Fadilah et al., 2024)	SMA	R&D (Pengembangan)	LKPD Berbasis PBL, Berpikir Kritis	Penggunaan LKPD berbasis masalah memfasilitasi indikator berpikir kritis pada fase penemuan solusi
3	Berpikir Kritis & Reflektif	(Suwistika et al., 2024)	SMA	Kuantitatif (Eksperimen)	POPBL, Berpikir Kritis & Kreatif	Model Project-Oriented PBL efektif memicu keseimbangan kemampuan berpikir kritis sekaligus berpikir kreatif siswa
4	Berpikir Kritis & Reflektif	(Çeliker, 2021)	SMP	Kualitatif (Studi Kasus)	PBL Eksperimen, Berpikir Reflektif	PBL berbasis eksperimen laboratorium melatih kemampuan inkuiri terbimbing dan keterampilan berpikir reflektif
5	Berpikir Kritis & Reflektif	(Ulandari et al., 2026)	SMA	Kuantitatif (Quasi Eksperimen)	Model PBL, Berpikir Kritis	PBL efektif memvisualisasikan konsep abstrak pada materi transport sel sehingga nalar kritis meningkat
6	Berpikir Kritis & Reflektif	(Romadhan & Fajariningtyas, n.d.)	SMA	Kuantitatif (Eksperimen)	PBL Metakognitif, Berpikir Kritis	Penggunaan jurnal belajar reflektif membantu siswa memonitor kemajuan berpikir kritisnya secara mandiri
7	Berpikir Kritis & Reflektif	(Ardhana et al., 2025)	SMA	Kuantitatif	PBL+ <i>Deep Learning</i> , Berpikir Kritis	Pendekatan <i>Deep Learning</i> dalam PBL memicu pemahaman konsep biologi secara mendalam bukan hafalan superfisial
8	Berpikir Kritis & Reflektif	(Gurning & Selaras, 2025)	SMA	Kuantitatif (Quasi Eksperimen)	PBL-ESD, Berpikir Kritis	Integrasi prinsip <i>Education for Sustainable Development</i> membentuk kesadaran kritis siswa terhadap masa depan bumi
9	Berpikir Kritis & Reflektif	(Fadilah et al., 2024)	SMA	Kuantitatif	PBL+ <i>Mind Mapping</i> , Berpikir Kritis	Visualisasi masalah melalui <i>mind mapping</i> membantu penataan logika berpikir kritis saat merancang solusi
10	Berpikir Kritis & Reflektif	(Anggraini & Trimulyono, 2025)	SMA	R&D (Pengembangan)	E-Modul Berbasis PBL, Berpikir Kritis	Bahan ajar E-Modul berbasis PBL memberikan fleksibilitas belajar sekaligus melatih kemandirian nalar kritis siswa
11	Berpikir Kritis & Reflektif	(Wike, Sumarno, et al., 2023)	SMA	Tindakan Kelas (PTK)	LKPD Berbasis PBL, Berpikir Kritis	LKPD terstruktur membimbing jalannya penyelidikan masalah kelompok sehingga

No	Klaster Tema Temuan	Penulis & Tahun	Jenjang	Metode Penelitian	Variabel yang Diteliti	Hasil Penelitian
						indikator kritis tercapai merata
12	Pemecahan Masalah Otentik	(Cahyadi et al., 2024)	SMA	Kuantitatif	PBL, Metakognisi, Pemecahan Masalah	Keterlibatan kesadaran metakognitif dalam sintaks PBL mempercepat siswa dalam memecahkan masalah ekologis
13	Pemecahan Masalah Otentik	(Wardiani et al., 2026)	SMA	Kuantitatif	PBL-SSI, Pemecahan Masalah	Pengangkatan isu sosial-sains nyata lingkungan sekitar mendorong ketajaman pemecahan masalah otentik
14	Pemecahan Masalah Otentik	(Ramadhani & Djulia, n.d.)	SMA	Kuantitatif (Eksperimen)	PBL-STEM, Pemecahan Masalah	Desain PBL-STEM secara simultan menaikkan skor kemampuan pemecahan masalah dan menumbuhkan sikap ilmiah positif
15	Penalaran & Argumentasi Ilmiah	(Widiyanti & Suyanto, 2025)	SMA	Kuantitatif (Eksperimen)	PBL-STEM, Penalaran Deduktif-Induktif	Inovasi PBL-STEM secara signifikan meningkatkan penalaran deduktif, induktif, dan keterampilan argumen logis siswa
16	Penalaran & Argumentasi Ilmiah	(Kurniawati et al., 2025)	SMA	Mixed Methods	PBL+ <i>Flipped Classroom</i> , Argumentasi Ilmiah	Integrasi model melatih kemampuan argumentasi ilmiah tingkat tinggi dan <i>self-directed learning</i> peserta didik
17	Penalaran & Argumentasi Ilmiah	(Marthaliakirana et al., 2022)	SMA	Kuantitatif (Eksperimen)	<i>Metacognitive Prompts</i> , Argumentasi Ilmiah	Pemberian petunjuk metakognitif saat diskusi masalah memperkuat struktur argumentasi ilmiah siswa
18	Literasi Biologi & Ranah HOTS	(Nihlah et al., 2024)	SMA	Kuantitatif	PBL+RMS, Literasi Biologi	Integrasi PBL dengan strategi RMS (<i>Reading, Mind Mapping, Sharing</i>) meningkatkan kemampuan literasi biologi
19	Literasi Biologi & Ranah HOTS	(Nanda et al., 2023)	SMA	Kuantitatif	PBL, Kemampuan Kognitif HOTS	Sintaks PBL secara empiris memperkuat indikator analisis dan evaluasi pada pencapaian ranah kognitif HOTS
20	Literasi Biologi & Ranah HOTS	(Sitorus & Sinaga, 2025)	SMA	Kuantitatif	Model PBL, Berpikir Tingkat Tinggi	Penerapan sintaks PBL terbukti efektif merancang kemampuan berpikir tingkat tinggi (<i>Higher Order Thinking Skills</i>)

Secara kualitatif, ekstraksi data dari literatur inti mengkonfirmasi bahwa implementasi *Problem-Based Learning* (PBL) bertindak sebagai katalisator utama dalam mentransformasi kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah peserta didik pada mata pelajaran biologi. Perubahan struktur kognitif ini diicu secara

langsung oleh keadaan disonansi kognitif ketika siswa dihadapkan pada problematika biologi dunia nyata yang bersifat tidak terstruktur (*ill-structured problems*). Fenomena ini terlihat jelas ketika siswa harus memecahkan abstraksi proses transpor sel (Ulandari et al., 2026) atau menganalisis isu degradasi lingkungan (Gurning & Selaras, 2025). Kondisi problematis tersebut memaksa nalar siswa untuk bergeser dari sekadar menghafal teori menuju proses investigasi mendalam untuk mengidentifikasi akar persoalan.

Keberhasilan eskalasi kedua kecakapan tersebut memiliki pijakan teoretis yang kuat pada prinsip konstruktivisme sosial Vagotsky. Dalam konteks kualitatif PBL, pematangan pemahaman konsep sains tidak terjadi dalam ruang hampa, melainkan terwujud melalui proses interaksi sosial dan negosiasi makna antaranggota kelompok (Leuwol, 2023). Dinamika kolaboratif inilah yang menjawab rumusan bagaimana dan mengapa PBL efektif; siswa saling menguji asumsi, memvalidasi data empiris, dan membangun argumentasi logis secara bersama-sama. Proses diskusi dalam kelompok secara perlahan mengikis miskonsepsi dan membentuk pemahaman biologi yang holistik atau *deep learning* (Ardhana et al., 2025).

Lebih spesifik pada domain berpikir kritis, analisis literatur menunjukkan bahwa sintaks PBL melatih siswa untuk menyaring informasi secara skeptis dan objektif. Kajian sains biologi menuntut ketelitian analitis yang tinggi karena melibatkan interaksi sistemik dari tingkat seluler hingga makroskopis. Pemaparan isu-isu sosial-sains (*Socio-Scientific Issues*) yang relevan dengan lingkungan lokal dikonfirmasi menjadi pemantik jitu yang menajamkan daya kritis siswa dalam memilah fakta dari opini (Wardiani et al., 2026). Kemampuan mengevaluasi bukti empiris ini beruara oada peningkatan kualitas argumentasi saintifik siswa, dimana mereka mampu menyusun klaim biologi yang solid dan rasional (Widiyanti & Suyanto, 2025).

Selaras dengan penajaman nalar kritis, lintasan penyelesaian masalah (*problem solving*) siswa juga mengalami perbaikan prosedural yang signifikan. Ditinjau dari aspek pemrosesan informasi, kelancaran transisi dari identifikasi masalah menuju perumusan solusi sangat didikte oleh fungsi metakognisi. Pelibatan kesadaran metakognitif selama investigasi memfasilitasi siswa untuk mengawasi, menilai, dan mnegarahkan taktik penyelesaian masalahnya secara mandiri (Cahyadini et al., 2024). Kesadaran mengevaluasi diri tercatat makin terasah berkat penggunaan instrumen jurnal reflektif selama proses PBL berlangsung (Romadhan & Fajariningtyas, n.d.). Melalui jurnal tersebut, siswa dapat mengenali dan meralat kesalahan alur logikanya sebelum memutuskan alternatif solusi yang paling presisi.

Meskipun narasi literatur didominasi oleh tren peningkatan yang positif, sintesis kritis dari kajian ini turut mengekspos tantangan dan keterbatasan kualitas PBL di lapangan. Kendala paling mendasar bersumber dari tingginya muatan kognitif asing (*extraneous cognitive load*) yang beresiko menciptakan disorientasi belajar jika batasan masalah biologi yang diberikan terlalu luas. Fakta lapangan mengonfirmasi bahwa aktivitas inkuiri atau eksperimen laboratorium berbasis PBL sangat rentan memunculkan bias temuan apabila tidak dikawal dengan panduan yang ketat (Çeliker, 2021). Di samping itu, penyelesaian keseluruhan sintaks PBL menuntut porsi waktu yang substansial, sehingga sering kali berbenturan dengan padatnya silabus kurikulum nasional (Sugiyono, 2022).

Merespons berbagai hambatan operasional tersebut, konklusi esensial dari literatur menegaskan bahwa kepiawaian instruksional guru adalah variabel mutlak yang menavigasi keberhasilan PBL. Pemerataan kemampuan pemecahan masalah di kelas tidak akan terwujud tanpa kemahirann pendidik dalam merancang instrumen perancah (*scaffolding*) yang terstruktur, seperti e-modul atau Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis masalah (Anggraini & Trimulyono, 2025; Wike, Sumarno, et al., 2023). Selain itu, sisipan petunjuk metakognitif (*metacognitive prompts*) dari guru pada momentum krusial saat diskusi terekam sebagai katalisator yang sanggup mengurai kebuntuan berpikir siswa (Marthaliakirana et al., 2022). Tidak adanya provokasi verbal yang terarah dari pendidik dapat mengakibatkan proses investigasi macet pada taraf deskriptif semata.

Di luar berbagai penemuan tersebut, kajian literatur ini turut memetakan adanya celah riset (*research gap*) yang menuntut penyelidikan lanjutan. Tren literatur saat ini masih didominasi oleh observasi kualitatif jangka pendek terhadap indikator berpikir kritis dan pemecahan masalah secara terpisah. Evaluasi jangka panjang menyangkut bagaimana PBL memengaruhi retensi memori jangka panjang siswa, serta kajian mendalam mengenai hambatan psikologis siswa saat berhadapan dengan masalah biologi yang kompleks, terbilang masih cukup langka. Oleh karena itu, terbuka peluang strategis bagi peneliti selanjutnya untuk menginvestigasi

dinamika kualitatif tersebut guna menyempurnakan landasan praksis model *Problem-Based Learning* di masa yang akan datang.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis kualitatif melalui kajian literatur ini, dapat disimpulkan bahwa implementasi *Problem-Based Learning* (PBL) dalam pembelajaran biologi efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan keterampilan pemecahan masalah siswa. Model ini berhasil karena menghadapkan siswa langsung pada masalah biologi yang nyata di kehidupan sehari-hari, sehingga memicu mereka untuk aktif berdiskusi kelompok dan berpikir mendalam untuk menemukan solusi. Namun, efektivitas PBL di dalam kelas sangat bergantung pada kesiapan guru dalam mengatur waktu pembelajaran, memandu jalannya diskusi, serta menyediakan arahan atau lembar kerja yang jelas agar siswa tidak kebingungan. Kajian ini masih memiliki keterbatasan karena hanya menganalisis dampak kualitatif dari penerapan PBL dalam jangka pendek. Oleh sebab itu, penelitian berikutnya direkomendasikan untuk menguji pengaruh model ini terhadap daya ingat jangka panjang siswa serta kendala nyata yang mereka hadapi selama proses belajar biologi. Secara keseluruhan, studi ini mempertegas bahwa PBL adalah strategi yang tepat untuk melatih kemampuan berpikir kritis dan kemampuan menyelesaikan masalah siswa pada materi biologi.

Daftar Pustaka

- Wike, A. N., Sumarno, & Sulistyowati, S. (2023). Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Melalui Model *Problem Based Learning* Berbantuan LKPD Pada Kelas X-1 SMAN 9 Semarang. *Jurnal Pendidikan Guru Profesional*, 1(1), 30–39. <https://doi.org/https://journal2.upgris.ac.id/index.php/jpgp>
- Ardhana, D., Fajrina, S., Fitri, R., Biologi, D., Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, F., & Negeri Padang, U. (2025). Implementasi *Problem Based Learning* Berbasis *Deep Learning* Untuk Meningkatkan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Sistem Ekskresi Di SMA. *EDUBIOPRENA: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi, Biologi, & Bioenterpreneurship*, 2(2), 50–58. <https://doi.org/https://doi.org/10.26877/h7xvzr38>
- Anggraini, D. P., & Trimulyono, G. (2025). Pengembangan E-Modul Berbasis *Problem Based Learning* (PBL) Untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik Pada Materi Virus Kelas X SMA. *Bioedu: Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*, 14(2), 316–325. <https://doi.org/https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/bioedu>
- Cahyadi, A., Isfaeni, H., & Komala, R. (2024). The impact of *problem-based learning* and *metacognition* on solving environmental pollution issues. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 10(1), 123–130. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v10i1.26560>
- Çeliker, H. D. (2021). *Problem-based Scenario Method with Experiments: Determining the Prospective Science Teachers' Biology Self-efficacy and Critical Thinking Tendency*. *Science Education International*, 32(1), 23–33. <https://doi.org/10.33828/sei.v32.i1.3>
- Gurning, V. C., & Selaras, G. H. (2025). *Bio-Pedagogi: Jurnal Pembelajaran Biologi Implementasi problem-based learning berbasis education for sustainable development terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik*. 14(1), 27–35. <https://doi.org/10.20961/bio>
- Darmastuti, S., Isfaeni, H., & Komala, R. (2025). *STEM-based flipped classroom: Improve students' critical thinking skills and biological literacy in animalia material*. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 11(1), 166–178. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v11i1.39804>
- Lara, M., & Syamsurizal, S. (2024). Pengaruh Model PBL (*Problem Based Learning*) Terhadap Hasil Belajar Siswa Pada Mata Pelajaran Biologi. *Jurnal El-Hamra:Kependidikan Dan Kemasyarakatan*, 9(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.62630/elhamra.v9i2.179>
- Fadilah, N., Suhartini, S., & Aloysius, S. (2024). *Fostering critical thinking: Designing problem-based learning student worksheet on environmental change topic*. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 10(1), 291–298. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v10i1.30931>

- Fitria, D., Asrizal, A., Dhanil, M., & Lufri, L. (2024). Impact of Blended Problem-Based Learning on Students' 21st Century Skills on Science Learning: A Meta-Analysis. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 12(4), 1032–1052. <https://doi.org/10.46328/ijemst.4080>
- Indrapangastuti, D. (2023). *Berpikir kritis melalui problem-based learning (Teori dan implementasi)*. CV Pajang Putra Wijay.
- Sukses, J. M., & Darussyamsu, R. (2021). Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Dalam Pembelajaran Biologi. *Universitas Negeri Padang*, 01(2021). <https://doi.org/10.24036/prosemnasbio/vol1/123>
- Kurniawati, I. L., Setyosari, P., Dasna, I. W., & Praherdhiono, H. (2025). Integrating PBL and flipped classroom to enhance students' argumentation and self-directed learning. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 11(1), 360–369. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v11i1.37430>
- Leuwol, F. S. and W. H. M. and I. C. I. and N. M. P. (2023). *Top 10 model pembelajaran abad 21*. Penerbit Adab.
- Marthaliakirana, A. D., Suwono, H., Saefi, M., & Gofur, A. (2022). Problem-based learning with metacognitive prompts for enhancing argumentation and critical thinking of secondary school students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(9). <https://doi.org/10.29333/ejmste/12304>
- Wardiani, Elfrida, & Sarjani, T. M. (2026). Efektivitas Problem Based Learning Berbasis Socio-Scientific Issues terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa. 15(1). <https://doi.org/10.56013/bio.v15i1.5500>
- Nanda, A. D., Hasan, R., Sukri, A., Lukitasari, M., & Rivera, A. T. (2023). Reinforcement analyze and evaluate of higher-order thinking skills using problem-based learning in ecosystem material. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 9(3), 492–499. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v9i3.28604>
- Nihlah, K., Ristanto, R. H., & Kurniati, T. H. (2024). The effect of PBL integrated RMS on biological literacy and critical thinking ability of high school students. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 10(3), 714–723. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v10i3.35515>
- Nurwidodo, N., Zaenab, S., Hindun, I., & Wahyuni, S. (2025). Development of problem orientation model and work organization in problem-based learning at Muhammadiyah Senior High School of Batu city. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 11(1), 424–437. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v11i1.40190>
- OECD. (2023). *PISA 2022 Results (Volume I): The state of learning and equity in education*. OECD Publishing.
- Page, M. J. dan M. J. E. dan B. P. M. dan B. I. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ (British Medical Journal)*, 372, n71. <https://doi.org/https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Romadhan, S., & Fajarianingtyas, D. A. (n.d.). Pengaruh Problem Based Learning (PBL) Melalui Pendekatan Metakognitif Berbantuan Jurnal Belajar Ekosistem Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 11(2), 235–246. <https://doi.org/https://journal.unpas.ac.id/index.php/pendas/article/view/46484>
- Putri, D. M., & Fitri, R. (2022). Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Pembelajaran Biologi. *ALVEOLI: Jurnal Pendidikan Biologi*, 3(1), 41–52. <https://doi.org/10.35719/alveoli.v3i1.130>
- Ramadhani, M., & Djulia, E. (n.d.). Pengaruh Model Problem Based Learning (PBL) dengan Pendekatan STEM terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah dan Sikap Ilmiah Siswa Materi Ekologi. *JB&P: Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya*, 12(1), 68–74. <https://doi.org/https://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/biologi>
- Riadi, D. and others. (2026). *Systematic literature review (SLR) untuk peneliti pemula: Teori dan latihan soal*. Ganesha Kreasi Semesta.
- Sitorus, R., & Sinaga, E. (2025). Pengaruh problem-based learning terhadap kemampuan berpikir tingkat tinggi pada materi sistem ekskresi. *Jurnal Edukasi Dan Sains Biologi*, 7(2), 193–202. <https://doi.org/10.37301/esabi.v7i2.107>

- Sugiyono, Prof. Dr. (2022). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Sulaiman, S. and Y. O. and S. L. and R. S. (2024). *Metode & model pembelajaran abad 21: Teori, implementasi dan perkembangannya*. PT. Green Pustaka Indonesia.
- Suwistika, R., Ibrohim, I., & Susanto, H. (2024). Improving critical thinking and creative thinking skills through POPBL learning in high school student. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 10(1), 115-122. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v10i1.30172>
- Ulandari, S., Yanti, S., Diana, P., Warohmah, S., Arwita, W., Mukra, R., & Negeri Medan, U. (2026). *Analisis Penerapan Model Problem Based Learning (PBL) Pada Materi Transport Membran Sel Di Kelas XI Panca Budi Medan*. 11(1), 2477-2143. <https://doi.org/https://doi.org/10.23969/jp.v11i01.43942>
- Widiyanti, E. R., & Suyanto, S. (2025). Does the PBL-STEM model improve students' deductive, inductive, and reasoning skills in biology? *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 11(2), 638-648. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v11i2.41084>
- Zuchri, A., & Irawati, H. (2021). Studi literatur pengaruh problem-based learning terhadap problem solving skills dan keterampilan proses sains siswa. *Natural: Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA*, 8(1), 39-47. <http://jurnal.ustjogja.ac.id/index.php/NATURAL>