**SAKALIMA****PILAR PEMBERDAYAAN MASYARAKAT PENDIDIKAN****VOL 3. NO. 3 (2026)**ISSN: **3064-2361**

Efektivitas Model *Problem Based Learning* terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik Kelas X pada Pembelajaran Biologi: *Systematic Literature Review*

Siti Nuraini✉, Suci Wulan Pawhestri✉, dan Iqlima Amelia✉

To cite this article S. Nuraini, S. W. Pawhestri, and I. Amelia, “Efektivitas Model Problem Based Learning terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik Kelas X pada Pembelajaran Biologi: Systematic Literature Review,” *SAKALIMA Pilar Pemberdaya. Masy. Pendidik.*, vol. 3, no. 3, pp. 434–449, 2026, doi: <https://doi.org/10.70211/sakalima.v3i3.690>.

To link to this article:



Published online: Sept. 15, 2026



Submit your article to this journal



View crossmark data

Full Terms & Conditions of access and use can be found at
<https://journal.wiseedu.co.id/index.php/sakalima/about>



Efektivitas Model *Problem Based Learning* terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik Kelas X pada Pembelajaran Biologi: *Systematic Literature Review*

Siti Nuraini; Suci Wulan Pawhestri; Iqlima Amelia

Received: 11 Juli 2026

Revised: 13 Agustus 2026

Accepted: 1 September 2026

Online: 15 September 2026

Abstract

Critical thinking is essential in biology education, yet empirical evidence concerning the effectiveness of Problem-Based Learning (PBL) among Grade 10 students remains fragmented across different instructional approaches and research designs. This study aimed to synthesize empirical findings on the effectiveness of PBL in developing students' critical thinking skills in biology education. A systematic literature review was conducted using the PRISMA 2020 reporting framework. Articles were retrieved from Google Scholar and Scopus using Publish or Perish. Of 158 identified records, 10 empirical studies published between 2015 and 2024 were included in the narrative and thematic synthesis. The findings revealed consistently positive trends in critical thinking outcomes across standalone PBL and PBL integrated with collaborative strategies, STEM-based worksheets, and digital learning media. Improvements were reported in students' interpretation, analysis, evaluation, inference, and explanation skills, while self-regulation required more explicit reflective activities. However, methodological heterogeneity and variations in assessment instruments limited direct comparisons and causal interpretations. These findings imply that biology teachers should implement PBL through authentic problems, structured inquiry, evidence-based discussions, appropriate instructional scaffolding, and formative assessment to support students' critical thinking development.

Keywords: Biology Education; Critical Thinking; Grade 10 Students; Problem-Based Learning; Systematic Literature Review.

Publisher's Note:

WISE Pendidikan Indonesia stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright:

©

2026 by the author(s).

License WISE Pendidikan Indonesia, Bandar Lampung, Indonesia. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license.

(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

VOL. 3 NO. 3 2026 E-ISSN 3064-2361



PENDAHULUAN

Kemampuan berpikir kritis merupakan capaian utama pendidikan sains karena memungkinkan peserta didik menafsirkan informasi, menganalisis hubungan sebab-akibat, mengevaluasi kualitas bukti, menarik inferensi yang beralasan, dan merefleksikan proses pengambilan keputusan [1], [2], [3]. Dalam pembelajaran biologi, kompetensi tersebut diperlukan untuk memahami persoalan yang tidak selalu memiliki satu jawaban sederhana, seperti perubahan lingkungan, penyebaran penyakit, konservasi keanekaragaman hayati, keamanan bioteknologi, dan interaksi antara sistem biologis dengan aktivitas manusia [4], [5]. Oleh karena itu, penguasaan konsep biologi perlu bergerak melampaui hafalan istilah menuju penggunaan pengetahuan untuk menjelaskan fenomena, menguji klaim, dan menyusun solusi berdasarkan bukti [6], [7], [8].

Kebutuhan tersebut semakin penting pada kelas X SMA/MA karena peserta didik memasuki fase transisi menuju materi biologi yang lebih abstrak, sistemik, dan analitis. Materi virus, ekosistem, perubahan lingkungan, fungi, keanekaragaman hayati, keselamatan kerja laboratorium, dan bioteknologi menuntut peserta didik menghubungkan data dengan konsep serta mempertimbangkan konsekuensi suatu keputusan. Pembelajaran yang didominasi ceramah dan latihan rutin cenderung menghasilkan penguasaan deklaratif tanpa menjamin kemampuan menguji sumber, mengidentifikasi asumsi, membandingkan alternatif penjelasan, dan mempertahankan argumen ilmiah [9], [10], [11]. Sebaliknya, pembelajaran yang memberi kesempatan kepada peserta didik menghadapi persoalan autentik, melakukan penyelidikan, dan mempertanggungjawabkan solusi berpotensi membangun kebiasaan berpikir kritis secara lebih bermakna [12], [13], [14].

Problem Based Learning (PBL) merupakan model pembelajaran konstruktivistik yang menggunakan masalah autentik sebagai pemicu kegiatan belajar. PBL tidak menempatkan masalah hanya sebagai latihan setelah penjelasan materi, tetapi menjadikannya titik awal untuk mengidentifikasi kebutuhan belajar, mengumpulkan informasi, menguji bukti, menyusun penjelasan, dan mengevaluasi alternatif solusi. Sintaks PBL umumnya mencakup orientasi pada masalah, pengorganisasian peserta didik, investigasi individual atau kelompok, pengembangan dan penyajian hasil, serta analisis dan evaluasi proses pemecahan masalah. Struktur tersebut menempatkan peserta didik sebagai pengambil keputusan intelektual, sementara guru berfungsi sebagai fasilitator yang menyediakan pertanyaan pengarah, sumber belajar, umpan balik, dan scaffolding [8], [15], [16].

Secara teoretis, tahapan PBL memiliki hubungan langsung dengan indikator berpikir kritis. Orientasi masalah menuntut interpretasi terhadap situasi dan identifikasi informasi yang relevan. Investigasi mendorong analisis data, penilaian kredibilitas sumber, dan pencarian hubungan antarvariabel. Diskusi solusi melatih inferensi dan eksplanasi, sedangkan evaluasi proses memberikan ruang bagi regulasi diri serta koreksi terhadap asumsi dan kesimpulan. Hubungan ini menjelaskan mengapa PBL sering dilaporkan berdampak lebih baik daripada pembelajaran konvensional terhadap kemampuan berpikir tingkat tinggi. Meskipun demikian, dampak tersebut tidak bersifat otomatis; kualitas masalah, durasi, struktur kolaborasi, asesmen, dan kompetensi guru menentukan apakah proses pemecahan masalah benar-benar menghasilkan penalaran mendalam atau hanya pembagian tugas secara procedural [7], [17], [18].

Bukti empiris nasional menunjukkan kecenderungan positif. Salim et al. [19] melaporkan peningkatan skor rata-rata kemampuan berpikir kritis peserta didik kelas X setelah penerapan PBL, dengan perkembangan pada interpretasi, analisis, inferensi, evaluasi, eksplanasi, dan regulasi diri. Mardiyanti [20] serta Fakhrihal & Hasanah [21] juga menunjukkan peningkatan bertahap melalui penelitian tindakan kelas, terutama ketika peserta didik dilibatkan dalam identifikasi masalah, diskusi, presentasi, dan refleksi. Pada materi fungi, Setiawan et al. [22] menemukan bahwa PBL yang dipadukan dengan *Student Facilitator and Explaining* mendukung kemampuan berpikir kritis melalui kegiatan penyusunan dan komunikasi penjelasan ilmiah. Temuan tersebut menunjukkan bahwa PBL relevan bagi kelas X, tetapi karakter intervensi dan desain penelitiannya masih beragam.

Penguatan PBL melalui strategi pendukung juga memberikan hasil yang menjanjikan. Husen et al. [23] menunjukkan bahwa integrasi PBL dengan Think Pair Share memperkuat diskusi dan keterampilan proses sains. Hasanah et al. [24] melaporkan bahwa LKPD berbasis STEM membantu peserta didik menganalisis pencemaran lingkungan secara kontekstual. Trisna et al. [25] menemukan bahwa e-magazine berorientasi PBL menghasilkan N-gain berpikir kritis yang lebih tinggi pada kelas eksperimen dibandingkan kelas kontrol. Nurhasanah et al. [26] juga menunjukkan bahwa media interaktif *Articulate Storyline* yang dipadukan dengan PBL meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik kelas X lebih baik daripada pembelajaran pembandingan. Sementara itu, Nihlah et al. [27] membuktikan bahwa integrasi PBL dengan *Reading, Mind Mapping, and Sharing* menghasilkan pengaruh signifikan terhadap berpikir kritis pada materi bioteknologi.

Dukungan dari penelitian internasional memperkuat kecenderungan tersebut. Orozco & Yangco [13] menemukan bahwa peserta didik sekolah menengah yang belajar biologi melalui PBL memperoleh capaian berpikir kritis dan kreatif yang lebih baik dibandingkan kelompok non-PBL. Suhirman et al. [14] menunjukkan bahwa PBL dengan penekanan karakter berpengaruh signifikan terhadap berpikir kritis dan rasa ingin tahu peserta didik madrasah aliyah. Pada konteks yang lebih luas, Amin et al. [12] menemukan pengaruh signifikan PBL terhadap berpikir kritis dan sikap lingkungan, sedangkan meta-analisis Liu & Pásztor [17] menyimpulkan bahwa intervensi PBL secara keseluruhan memberikan pengaruh positif terhadap berpikir kritis. Temuan-temuan tersebut menguatkan dasar empiris PBL, tetapi tidak seluruhnya berfokus pada kelas X dan pembelajaran biologi.

Kajian terdahulu masih menyisakan beberapa persoalan. Pertama, sebagian telaah menggabungkan berbagai jenjang dan disiplin ilmu sehingga konteks biologis kelas X belum terlihat secara spesifik. Kedua, studi primer menggunakan desain, instrumen, materi, dan bentuk integrasi yang berbeda, sehingga klaim efektivitas perlu mempertimbangkan heterogenitas tersebut. Ketiga, beberapa daftar studi mencampurkan artikel empiris dengan studi literatur, meta-analisis, prosiding, dan karya ilmiah tidak terindeks, yang dapat menimbulkan penghitungan ganda atau menurunkan kualitas bukti. Keempat, belum banyak sintesis yang secara tegas membatasi korpus pada artikel jurnal empiris terindeks SINTA atau Scopus sekaligus memisahkan PBL murni dari PBL terintegrasi.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, novelty penelitian ini terletak pada sintesis sistematis yang secara khusus menghubungkan PBL, kemampuan berpikir kritis, peserta didik kelas X, dan pembelajaran biologi dengan pembatasan sumber pada artikel jurnal empiris terindeks SINTA atau Scopus. Kajian ini tidak hanya menilai arah hasil, tetapi juga memetakan desain

penelitian, konteks materi, bentuk intervensi, indikator berpikir kritis yang berkembang, serta kondisi yang mendukung atau menghambat penerapan. Penelitian ini bertujuan menganalisis kecenderungan efektivitas PBL terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik kelas X pada pembelajaran biologi, mengidentifikasi karakteristik bukti yang tersedia, dan merumuskan implikasi pedagogis serta agenda penelitian lanjutan melalui prosedur *systematic literature review* yang transparan [28], [29], [30].

METODOLOGI

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *systematic literature review* (SLR) untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan menyintesis secara sistematis bukti empiris mengenai efektivitas model *Problem Based Learning* (PBL) terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik kelas X dalam pembelajaran biologi. Metode SLR dipilih karena penelitian mengenai PBL dan kemampuan berpikir kritis menunjukkan keragaman pada aspek desain penelitian, karakteristik peserta didik, materi biologi, bentuk intervensi, instrumen pengukuran, dan teknik analisis data. Pelaksanaan dan pelaporan kajian mengacu pada pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* atau PRISMA 2020 agar setiap tahap identifikasi, penyaringan, penilaian kelayakan, dan penetapan artikel dapat dilaporkan secara transparan dan dapat ditelusuri kembali. Protokol kajian disusun sebelum proses seleksi dan ekstraksi data dengan memuat pertanyaan penelitian, sumber informasi, strategi pencarian, kriteria kelayakan, prosedur seleksi, komponen ekstraksi data, penilaian kualitas metodologis, serta teknik sintesis hasil [28], [31]. Seluruh prosedur dan data penelitian disesuaikan dengan naskah yang dikaji.

Sumber Informasi dan Periode Penelusuran

Penelusuran artikel dilaksanakan pada Januari–Juni 2026 melalui Google Scholar dan Scopus dengan bantuan aplikasi Publish or Perish. Google Scholar digunakan untuk memperluas jangkauan publikasi nasional dan internasional, sedangkan Scopus digunakan untuk mengidentifikasi artikel dari jurnal bereputasi internasional. Status pengindeksan jurnal nasional diverifikasi melalui portal *Science and Technology Index* (SINTA), sedangkan status jurnal internasional diperiksa melalui Scopus dan laman resmi penerbit. Identitas bibliografis setiap artikel, seperti nama penulis, tahun publikasi, judul, nama jurnal, volume, nomor, halaman, dan digital object identifier (DOI), juga diperiksa untuk memastikan ketepatan metadata serta menghindari duplikasi rekaman.

Penelitian ini memprioritaskan artikel yang membahas penerapan PBL pada peserta didik kelas X dalam pembelajaran biologi. Penelitian pada jenjang pendidikan menengah lainnya tetap dapat disertakan sebagai bukti pendukung apabila memiliki kesesuaian substansial dengan variabel PBL, kemampuan berpikir kritis, dan konteks pembelajaran biologi atau sains. Artikel yang digunakan dalam sintesis akhir diterbitkan pada rentang 2015–2024 dan berasal dari jurnal terakreditasi SINTA atau terindeks Scopus.

Strategi Penelusuran Literatur

Strategi penelusuran disusun menggunakan kombinasi kata kunci berbahasa Indonesia dan Inggris yang merepresentasikan intervensi, luaran, bidang pembelajaran, dan karakteristik populasi. Kata kunci yang digunakan meliputi “*Problem Based Learning*”, “PBL”, “*critical*

thinking”, “kemampuan berpikir kritis”, “*biology learning*”, “pembelajaran biologi”, “*Grade 10*”, “*class X*”, “*senior high school*”, “SMA”, dan “MA”. Kata kunci tersebut dikombinasikan menggunakan *operator Boolean* AND dan OR agar proses pencarian memiliki cakupan yang luas, tetapi tetap berfokus pada tujuan penelitian.

String pencarian utama dirumuskan sebagai berikut: (“*Problem Based Learning*” OR PBL) AND (“*critical thinking*” OR “kemampuan berpikir kritis”) AND (*biology* OR biologi OR *science*) AND (“*Grade 10*” OR “*class X*” OR “*senior high school*” OR SMA OR MA). Penyesuaian teknis dilakukan berdasarkan fasilitas pencarian setiap sumber informasi tanpa mengubah konsep utama dalam string pencarian. Penelusuran tambahan juga dilakukan melalui pemeriksaan daftar pustaka artikel yang relevan dan penelusuran artikel yang mengutip studi utama. Prosedur tersebut digunakan untuk meminimalkan kemungkinan terlewatnya publikasi yang relevan.

Kriteria Kelayakan Studi

Kelayakan studi ditetapkan sebelum proses penyaringan dengan mempertimbangkan populasi, intervensi, luaran, desain penelitian, jenis dokumen, bahasa, aksesibilitas, dan status sumber publikasi. Populasi utama penelitian adalah peserta didik SMA/MA, terutama kelas X. Studi pada kelas lain dalam jenjang pendidikan menengah dapat digunakan sebagai bukti pendukung apabila membahas pembelajaran biologi atau sains dan mengukur kemampuan berpikir kritis secara langsung. Intervensi mencakup PBL murni maupun PBL yang diintegrasikan dengan strategi kolaboratif, LKPD berbasis STEM, penguatan karakter, media digital, Think Pair Share, Student Facilitator and Explaining, atau Reading, Mind Mapping, and Sharing, selama masalah autentik tetap menjadi inti kegiatan pembelajaran.

Artikel dimasukkan apabila merupakan penelitian empiris berbentuk eksperimen, kuasi-eksperimen, penelitian tindakan kelas, atau penelitian dan pengembangan yang disertai pengujian efektivitas; membahas penerapan PBL; mengukur kemampuan berpikir kritis secara langsung; diterapkan dalam pembelajaran biologi atau konteks pendidikan sains menengah yang relevan; memuat informasi metode, subjek, instrumen, dan hasil yang dapat diekstraksi; ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris; tersedia dalam bentuk teks lengkap; serta diterbitkan dalam jurnal terakreditasi SINTA atau terindeks Scopus.

Artikel dikeluarkan apabila tidak membahas PBL, tidak mengukur kemampuan berpikir kritis, berasal dari bidang atau jenjang pendidikan yang tidak relevan, tidak menyajikan informasi metode dan hasil secara memadai, atau hanya tersedia dalam bentuk judul dan abstrak. Dokumen berupa skripsi, tesis, disertasi, prosiding, buku, artikel konseptual, editorial, opini, kajian pustaka, SLR, dan meta-analisis juga tidak dimasukkan sebagai studi primer. Artikel sekunder tetap dapat digunakan sebagai sumber pembandingan pada bagian pembahasan, tetapi tidak diperhitungkan dalam jumlah artikel yang disintesis untuk mencegah terjadinya penghitungan ganda. Kriteria inklusi dan eksklusi secara lengkap disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Aspek	Kriteria inklusi	Kriteria eksklusi
Fokus topik	PBL atau variasi integrasinya dan kemampuan berpikir kritis sebagai luaran yang diukur langsung.	Tidak membahas PBL atau tidak mengukur kemampuan berpikir kritis.
Populasi/konteks	Peserta didik SMA/MA, diprioritaskan kelas X, pada pembelajaran biologi;	Jenjang dan bidang yang tidak relevan dengan pendidikan biologi/sains menengah.

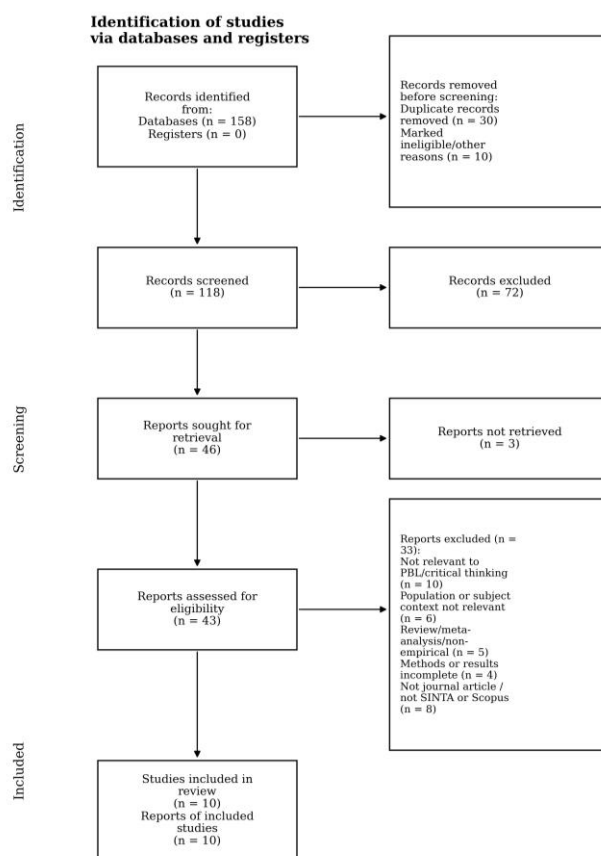
Aspek	Kriteria inklusi	Kriteria eksklusi
Jenis penelitian	konteks pendidikan menengah yang relevan dapat menjadi bukti pendukung. Penelitian empiris: eksperimen, kuasi-eksperimen, penelitian tindakan kelas, atau R&D yang menguji efektivitas.	Kajian pustaka, SLR, meta-analisis, editorial, opini, atau artikel konseptual.
Sumber publikasi	Artikel jurnal terakreditasi SINTA atau terindeks Scopus.	Skripsi, tesis, disertasi, prosiding, buku, atau jurnal yang status indeksnya tidak dapat diverifikasi.
Data	Metode, subjek, instrumen, dan hasil berpikir kritis dapat diekstraksi.	Pelaporan metode atau hasil tidak memadai.
Bahasa	Bahasa Indonesia atau Inggris.	Bahasa lain tanpa abstrak/terjemahan yang memadai.
Akses	Teks lengkap dapat diperoleh dan diperiksa.	Hanya judul atau abstrak tersedia.

Proses Seleksi Artikel

Proses seleksi dilakukan secara bertahap dengan mengikuti alur PRISMA 2020. Pada tahap identifikasi diperoleh sebanyak 158 rekaman dari seluruh sumber informasi. Sebelum proses penyaringan, sebanyak 30 rekaman dikeluarkan karena teridentifikasi sebagai duplikasi dan 10 rekaman dikeluarkan karena tidak memenuhi persyaratan awal. Dengan demikian, sebanyak 118 rekaman dilanjutkan ke tahap pemeriksaan judul dan abstrak.

Pada tahap penyaringan, sebanyak 72 rekaman dikeluarkan karena tidak sesuai dengan fokus penelitian sehingga tersisa 46 laporan yang ditelusuri untuk memperoleh teks lengkap. Dari jumlah tersebut, tiga laporan tidak berhasil diperoleh dalam bentuk teks lengkap. Sebanyak 43 laporan kemudian dinilai kelayakannya melalui pemeriksaan menyeluruh terhadap bagian pendahuluan, metode, hasil, pembahasan, tabel, dan lampiran yang relevan.

Hasil penilaian kelayakan menunjukkan bahwa 33 laporan harus dikeluarkan karena tidak relevan dengan PBL atau kemampuan berpikir kritis, memiliki konteks populasi yang tidak sesuai, bukan merupakan penelitian empiris, tidak menyediakan pelaporan metode atau hasil yang memadai, atau tidak diterbitkan dalam jurnal terakreditasi SINTA maupun terindeks Scopus. Setelah seluruh tahapan seleksi diselesaikan, sebanyak 10 artikel dinyatakan memenuhi kriteria dan dimasukkan ke dalam sintesis akhir. Proses identifikasi, penyaringan, penilaian kelayakan, dan penetapan artikel tersebut disajikan melalui diagram alir PRISMA pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Prisma *Sistematic Literatur Review*

Teknik Sintesis dan Analisis Data

Data dianalisis menggunakan sintesis naratif terstruktur dan analisis tematik. Sintesis naratif dipilih karena artikel yang disertakan memiliki heterogenitas pada desain penelitian, jumlah dan karakteristik peserta didik, materi biologi, durasi intervensi, bentuk integrasi PBL, instrumen kemampuan berpikir kritis, dan teknik analisis statistik. Proses sintesis dilakukan dengan membandingkan karakteristik studi, bentuk intervensi, indikator berpikir kritis yang diukur, arah perubahan hasil, serta faktor yang mendukung atau menghambat pelaksanaan PBL.

Efektivitas PBL ditafsirkan berdasarkan peningkatan skor sebelum dan setelah pembelajaran, perbedaan hasil antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, nilai signifikansi statistik, nilai N-gain, serta pola peningkatan antarsiklus yang dilaporkan dalam artikel primer. PBL murni dan PBL yang diintegrasikan dengan strategi atau media pendukung dianalisis secara terpisah agar kontribusi setiap bentuk intervensi dapat diinterpretasikan secara proporsional. Dengan demikian, peningkatan yang ditemukan pada PBL terintegrasi tidak secara langsung diatribusikan hanya kepada PBL, tetapi dipahami sebagai hasil interaksi antara sintaks PBL dan komponen pendukungnya.

Analisis tematik digunakan untuk memetakan hubungan antara aktivitas PBL dan indikator kemampuan berpikir kritis, yaitu interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi, dan regulasi diri. Analisis juga diarahkan untuk mengidentifikasi pola faktor pendukung, seperti autentisitas masalah, investigasi, kolaborasi terstruktur, scaffolding guru, penggunaan sumber yang kredibel, presentasi argumentatif, dan asesmen formatif. Adapun faktor penghambat mencakup keterbatasan waktu, ketidakseimbangan partisipasi kelompok, rendahnya

kemampuan awal, kesulitan memilih informasi, kompleksitas masalah, dan keterbatasan instrumen pengukuran.

Meta-analisis tidak dilakukan karena data antarartikel menunjukkan keragaman yang tinggi dan tidak seluruh penelitian menyediakan data statistik yang dapat dibandingkan, seperti ukuran efek, simpangan baku, dan informasi kelompok pembanding yang lengkap. Oleh karena itu, data kuantitatif yang tersedia digunakan untuk memperkuat sintesis naratif dan tidak digabungkan menjadi satu estimasi ukuran efek keseluruhan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Bagian hasil menyajikan temuan utama yang diperoleh melalui proses identifikasi, penyaringan, penilaian kelayakan, dan sintesis terhadap 10 artikel yang memenuhi kriteria inklusi. Penyajian Bagian hasil menyajikan temuan dari 10 artikel yang memenuhi seluruh kriteria inklusi. Penyajian difokuskan pada karakteristik publikasi, konteks peserta didik dan materi, desain penelitian, bentuk intervensi PBL, pola perubahan kemampuan berpikir kritis, indikator yang berkembang, serta faktor yang memengaruhi implementasi. Studi yang secara eksplisit melibatkan kelas X pada pembelajaran biologi ditempatkan sebagai bukti utama, sedangkan studi pendidikan menengah lain digunakan untuk memperkuat penjelasan mekanisme PBL. Hasil disajikan melalui kombinasi uraian analitis dan tabel sintesis agar kecenderungan antarstudi dapat dibandingkan secara transparan.

Karakteristik Studi yang Diikutsertakan

Sepuluh artikel yang disintesis diterbitkan pada rentang 2015-2024. Distribusi publikasi menunjukkan satu artikel pada 2015, dua artikel pada 2017, dua artikel pada 2020, dua artikel pada 2021, satu artikel pada 2022, dan dua artikel pada 2024. Sembilan artikel berasal dari jurnal terakreditasi SINTA, sedangkan satu artikel diterbitkan pada jurnal internasional terindeks Scopus. Dari sisi rancangan, empat studi menggunakan penelitian tindakan kelas, lima studi menggunakan eksperimen atau kuasi-eksperimen, dan satu studi menggunakan penelitian dan pengembangan dengan uji efektivitas. Tujuh studi secara eksplisit melibatkan peserta didik kelas X; tiga studi pendidikan menengah lainnya digunakan sebagai bukti pendukung.

Tabel 2. Karakteristik Umum Artikel yang diikutsertakan

Aspek	Kategori	Jumlah artikel
Tahun Publikasi	2015	1
	2017	2
	2020	2
	2021	2
	2021	1
	2024	2
Bentuk intervensi	PBL murni	5
	PBL + strategi kolaboratif/presentasi	3
	PBL + STEM/karakter/media/RMS	2
Desain penelitian	PTK	4
	Eksperimen/kuasi-eksperimen	5
	R&D	1
Konteks utama	SMA/MA	7
	SMP	3
Indeks Publikasi	SINTA	9

Aspek	Kategori	Jumlah artikel
	Scopus	1

Tabel 3. Ringkasan Artikel Primer yang Memenuhi Kriteria Inklusi

No.	Author	Konteks/desain	Temuan utama
1	Salim et al. [19]	Kelas X MIPA; PTK; PBL	Rata-rata berpikir kritis meningkat dari 35,22% menjadi 64,92%; seluruh indikator Facione meningkat.
2	Husen et al. [23]	Kelas XI IPA; PTK; PBL + Think Pair Share	Peningkatan berpikir kritis dan keterampilan proses sains terjadi dari siklus I ke siklus II.
3	Setiawan et al. [22]	Kelas X; kuasi-eksperimen; PBL + Student Facilitator and Explaining; fungi	Intervensi berpengaruh terhadap kemampuan berpikir kritis melalui analisis masalah dan penyajian penjelasan.
4	Mardiyanti [20]	Kelas X MIPA; PTK; PBL	Kemampuan berpikir kritis meningkat antarsiklus setelah penguatan identifikasi masalah, diskusi, dan refleksi.
5	Fakhrizal & Hasanah [21]	Kelas X; PTK; biologi	PBL meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan aktivitas belajar pada dua siklus tindakan.
6	Hasanah et al. [24]	Pendidikan menengah; eksperimen; PBL + LKPD STEM; pencemaran	PBL-STEM meningkatkan analisis masalah lingkungan dan argumentasi berbasis bukti.
7	Suhirman [14]	Madrasah aliyah; eksperimen faktorial; PBL berpenekanan karakter	PBL berpengaruh signifikan terhadap berpikir kritis dan rasa ingin tahu; efek tidak bergantung pada tingkat kecerdasan naturalis.
8	Trisna et al. [25]	51 siswa kelas X; R&D + kontrol; e-magazine berorientasi PBL	Posttest kelas eksperimen 80,1 vs 71,3; N-gain 0,59 vs 0,33.
9	Nurhasanah et al. [26]	72 siswa kelas X; kuasi-eksperimen; PBL + Articulate Storyline	N-gain kelas eksperimen 0,45, lebih tinggi daripada kontrol 0,19; perbedaan signifikan.
10	Nihlah et al. [27]	72 siswa kelas X; kuasi-eksperimen; PBL + RMS; bioteknologi	MANOVA menunjukkan pengaruh signifikan ($p < 0,001$); PBL-RMS lebih efektif daripada PBL saja.

Tabel 3 memperlihatkan bahwa korpus tidak hanya berisi studi yang menyatakan PBL efektif, tetapi juga menunjukkan variasi jalur pedagogis yang digunakan. PBL murni banyak diterapkan melalui penelitian tindakan kelas untuk memperbaiki proses belajar secara bertahap, sedangkan PBL terintegrasi cenderung diuji melalui desain pembandingan. Keberadaan kelompok kontrol pada studi Trisna et al. [25], Nurhasanah et al. [26], dan Nihlah et al. [27] memperkuat inferensi bahwa peningkatan tidak semata-mata berasal dari pengulangan tes. Namun, heterogenitas instrumen dan pelaporan statistik tetap membatasi perbandingan besaran efek secara langsung.

Kecenderungan Efektivitas PBL terhadap Kemampuan Berpikir Kritis

Seluruh studi primer menunjukkan arah hasil positif, tetapi kekuatan bukti dan besar peningkatan berbeda. Studi tindakan kelas memperlihatkan bahwa PBL dapat memperbaiki kemampuan berpikir kritis secara bertahap ketika tindakan pada siklus berikutnya memperjelas masalah, memperbaiki pembagian peran, dan meningkatkan refleksi. Salim et al. [19] memberikan data paling rinci dengan kenaikan rata-rata dari 35,22% menjadi 64,92%. Peningkatan tersebut terjadi pada interpretasi, analisis, inferensi, evaluasi, eksplanasi, dan regulasi diri, sehingga PBL tidak hanya memperbaiki satu aspek kognitif.

Pada studi kuasi-eksperimen, kelompok yang memperoleh PBL atau PBL terintegrasi umumnya mencapai hasil lebih tinggi daripada kelompok pembandingan. Trisna et al. [25]

melaporkan N-gain 0,59 pada kelas yang menggunakan e-magazine berorientasi PBL dibandingkan 0,33 pada kontrol. Nurhasanah et al. [26] menemukan N-gain 0,45 pada PBL berbantuan Articulate Storyline dan 0,19 pada kelas kontrol. Nihlah et al. [27] menunjukkan perbedaan multivariat yang signifikan pada bioteknologi; integrasi *Reading, Mind Mapping, and Sharing* membuat peserta didik lebih terarah dalam menyeleksi informasi, mengorganisasikan konsep, dan menyampaikan hasil analisis.

Sintesis menunjukkan bahwa PBL murni memadai untuk meningkatkan berpikir kritis apabila masalah, investigasi, diskusi, dan refleksi terlaksana dengan baik. Namun, integrasi strategi pendukung memberikan fungsi spesifik: *Think Pair Share* memperluas kesempatan menguji gagasan; *Student Facilitator and Explaining* menguatkan eksplanasi; LKPD STEM menghubungkan bukti dan perancangan solusi; penekanan karakter memperkuat rasa ingin tahu dan tanggung jawab; e-magazine serta *Articulate Storyline* menyediakan sumber multimodal; sedangkan RMS membantu pengorganisasian informasi. Dengan demikian, media atau strategi tambahan tidak menggantikan PBL, tetapi memperkuat proses kognitif tertentu.

Tabel 4. Sintesis kecenderungan efektivitas berdasarkan bentuk intervensi

Bentuk intervensi	Studi	Karakteristik	Pola hasil	Interpretasi
PBL murni	3	Masalah autentik, investigasi, diskusi, evaluasi	Peningkatan antarsiklus dan skor akhir; kuat untuk analisis masalah dan inferensi.	Keberhasilan sangat bergantung pada kualitas fasilitasi dan refleksi.
PBL + strategi kolaboratif/presentasi	2	Think Pair Share; Student Facilitator and Explaining	Mendorong pengujian gagasan, komunikasi bukti, dan eksplanasi.	Perlu pembagian peran agar partisipasi tidak didominasi peserta tertentu.
PBL + STEM/karakter/media/RMS	5	LKPD STEM, karakter, e-magazine, multimedia, RMS	Hasil kuasi-eksperimen konsisten positif; N-gain sedang dan perbedaan signifikan.	Efek merupakan hasil gabungan PBL dan komponen pendukung, sehingga atribusi perlu hati-hati.
Keseluruhan	10	Beragam materi dan desain	Arah hasil seluruh studi positif terhadap kemampuan berpikir kritis.	Belum dapat dihitung ukuran efek gabungan karena heterogenitas data.

Perkembangan Indikator Kemampuan Berpikir Kritis

Seluruh studi Indikator yang paling konsisten berkembang adalah analisis dan inferensi. Masalah biologi mendorong peserta didik menguraikan situasi, menentukan informasi relevan, dan menghubungkan data dengan konsep. Kegiatan investigasi kemudian menuntut peserta didik membandingkan sumber, menemukan pola, dan menyusun dugaan solusi. Pada materi pencemaran dan bioteknologi, proses tersebut menjadi lebih kuat karena peserta didik harus mempertimbangkan konsekuensi ekologis, sosial, dan teknologi, bukan hanya menentukan jawaban faktual.

Evaluasi dan eksplanasi meningkat ketika pembelajaran menyediakan diskusi argumentatif serta presentasi. Peserta didik perlu menilai kelayakan alternatif, menguji bukti yang digunakan kelompok lain, dan menjelaskan alasan di balik keputusan. Namun, regulasi diri cenderung memerlukan dukungan lebih eksplisit karena tidak seluruh studi menyediakan jurnal refleksi, revisi argumen, atau asesmen formatif. Oleh sebab itu, tahap analisis dan evaluasi proses PBL sebaiknya tidak dikurangi menjadi penarikan kesimpulan singkat,

melainkan digunakan untuk memeriksa perubahan pemahaman dan kualitas strategi pemecahan masalah.

Tabel 5. Hubungan aktivitas PBL dan indikator berpikir kritis

Indikator	Aktivitas dominan	Kecenderungan temuan
Interpretasi	Mengidentifikasi inti masalah, istilah, konteks, dan informasi awal.	Berkembang ketika masalah jelas, autentik, dan sesuai pengetahuan awal.
Analisis	Mengurai variabel, hubungan sebab-akibat, dan relevansi sumber.	Indikator paling konsisten dilatih pada seluruh studi.
Evaluasi	Menilai kredibilitas bukti, prosedur, dan alternatif solusi.	Memerlukan rubrik, pertanyaan pengarah, dan diskusi antarkelompok.
Inferensi	Menyusun hipotesis, prediksi, dan kesimpulan berbasis data.	Menguat melalui investigasi dan penggunaan data kontekstual.
Eksplanasi	Menyajikan solusi dan mempertahankan argumen.	Diperkuat oleh presentasi, TPS, SFAE, dan aktivitas sharing.
Regulasi diri	Merefleksi kelemahan penalaran dan merevisi keputusan.	Relatif kurang dilaporkan; perlu asesmen formatif dan tugas revisi.

Faktor Pendukung dan Penghambat Implementasi

Faktor pendukung yang berulang adalah autentisitas masalah, ketersediaan data atau sumber, kolaborasi terstruktur, pertanyaan scaffolding, kesempatan mempresentasikan dan merevisi solusi, serta asesmen formatif. Masalah yang dekat dengan kehidupan membuat peserta didik memiliki alasan untuk mencari informasi dan membandingkan alternatif. Media digital efektif apabila membantu visualisasi dan akses sumber, bukan sekadar menambah tampilan. Strategi kolaboratif juga bernilai ketika setiap anggota memiliki tanggung jawab kognitif dan hasil diskusi harus dipertanggungjawabkan dengan bukti.

Hambatan utama meliputi keterbatasan waktu, ketidakseimbangan partisipasi kelompok, rendahnya kemampuan awal, kesulitan memilah sumber, kecenderungan guru memberikan solusi terlalu cepat, serta instrumen yang hanya mengukur skor total. Kompleksitas masalah yang terlalu tinggi dapat membebani peserta didik, sedangkan masalah yang terlalu terstruktur mengurangi peluang berpikir. Karena itu, guru perlu mengatur tingkat keterbukaan masalah, menyediakan scaffolding bertahap, dan mengalokasikan waktu khusus untuk evaluasi argumen serta refleksi.

Pembahasan

Temuan utama kajian menunjukkan bahwa PBL memiliki kecenderungan efektivitas yang konsisten terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik pada pembelajaran biologi, terutama ketika peserta didik tidak hanya menerima masalah, tetapi terlibat dalam investigasi, pertukaran argumen, penggunaan bukti, dan evaluasi solusi. Pola tersebut sesuai dengan karakter konstruktivistik PBL yang menempatkan pengetahuan sebagai hasil rekonstruksi melalui konflik kognitif dan interaksi sosial. Dengan demikian, mekanisme utama PBL bukan keberadaan masalah semata, melainkan tuntutan agar peserta didik mengubah masalah menjadi pertanyaan belajar, memilih bukti, dan mempertanggungjawabkan keputusan [8], [16].

Hasil ini sejalan dengan penelitian Orozco dan Yangco [13] terhadap peserta didik sekolah menengah di Filipina. Kelompok PBL memperoleh skor pascates berpikir kritis dan kreatif yang lebih tinggi daripada kelompok non-PBL, walaupun tidak seluruh subindikator menunjukkan perbedaan yang sama kuat. Kesamaan tersebut menegaskan bahwa dampak PBL

perlu dibaca pada tingkat indikator, bukan hanya skor total. Dalam kajian ini, analisis dan inferensi berkembang lebih konsisten daripada regulasi diri, menunjukkan bahwa kesempatan menyelesaikan masalah belum selalu diikuti kegiatan reflektif yang memadai.

Temuan juga konsisten dengan Amin et al. [12], yang menunjukkan pengaruh signifikan PBL terhadap berpikir kritis dan sikap lingkungan. Masalah lingkungan memberikan konteks yang kaya karena mengandung data, konflik kepentingan, dan konsekuensi keputusan. Hal tersebut menjelaskan hasil positif Hasanah et al. [24] pada materi pencemaran: LKPD STEM bukan sekadar media kerja, tetapi struktur yang mengarahkan peserta didik menghubungkan pengetahuan sains dengan perancangan solusi. Perbandingan ini menunjukkan bahwa konteks sosiosaintifik dapat memperbesar nilai pedagogis PBL apabila bukti dan kriteria keputusan disediakan secara memadai.

Penelitian Suhirman et al. [14] memberikan pembandingan penting karena diterbitkan pada jurnal internasional terindeks Scopus dan menggunakan desain faktorial. PBL dengan penekanan karakter berpengaruh terhadap berpikir kritis dan rasa ingin tahu, sedangkan tingkat kecerdasan naturalis serta interaksi antarfaktor tidak memberikan pengaruh yang sama. Hasil ini mendukung sintesis bahwa desain pembelajaran lebih menentukan daripada klasifikasi kemampuan bawaan tertentu. Namun, integrasi karakter juga berarti efek tidak dapat diatribusikan hanya kepada PBL; komponen intervensi harus dijelaskan secara rinci dalam penelitian mendatang.

Konsistensi temuan pada media digital didukung oleh studi Trisna et al. [25] dan Nurhasanah et al. [26]. E-magazine berorientasi PBL menghasilkan N-gain 0,59 dibandingkan 0,33, sedangkan PBL berbantuan *Articulate Storyline* menghasilkan N-gain 0,45 dibandingkan 0,19. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa media efektif ketika terintegrasi dengan tugas pemecahan masalah, menyediakan representasi data, dan memfasilitasi umpan balik. Media tidak seharusnya diposisikan sebagai variabel dekoratif; fungsinya perlu ditelusuri pada tahap PBL yang diperkuat, seperti orientasi masalah, penyediaan sumber, atau evaluasi solusi.

Hasil Nihlah et al. [17] memperkuat pentingnya pengorganisasian informasi. PBL yang diintegrasikan dengan Reading, Mind Mapping, and Sharing lebih efektif daripada PBL saja pada materi bioteknologi. Temuan ini dapat dijelaskan melalui pengurangan beban kognitif: membaca membantu akuisisi bukti, pemetaan konsep memperjelas relasi, dan sharing memaksa peserta didik mengartikulasikan alasan. Dengan demikian, integrasi strategi pendukung paling bermanfaat apabila mengatasi kelemahan spesifik PBL, bukan sekadar memperpanjang sintaks.

Pada tingkat sintesis yang lebih luas, temuan kajian sejalan dengan meta-analisis Liu dan Pásztor [17], yang melaporkan pengaruh positif intervensi PBL terhadap berpikir kritis. Temuan ini juga searah dengan Kardoyo et al. [32], yang menunjukkan peningkatan berpikir kritis dan kreatif melalui PBL. Meskipun demikian, meta-analisis tersebut mencakup pendidikan tinggi dan berbagai disiplin, sedangkan kajian ini mempersempit konteks pada pendidikan menengah dan biologi. Fokus tersebut penting karena karakter masalah biologis, kesiapan peserta didik kelas X, dan durasi pembelajaran sekolah berbeda dari konteks universitas.

Novelty penelitian ini terletak pada tiga kontribusi. Pertama, korpus dibatasi pada artikel primer terindeks SINTA atau Scopus sehingga artikel ulasan, meta-analisis, prosiding, dan karya akhir mahasiswa tidak dihitung sebagai bukti empiris langsung. Kedua, studi kelas X dipisahkan dari bukti pendidikan menengah pendukung, sehingga simpulan tidak

menggeneralisasikan konteks secara berlebihan. Ketiga, sintesis membedakan PBL murni dan PBL terintegrasi serta memetakan fungsi komponen tambahan terhadap indikator berpikir kritis. Pendekatan ini menunjukkan bahwa efektivitas PBL bukan atribut tunggal model, tetapi hasil interaksi antara masalah, investigasi, kolaborasi, representasi informasi, scaffolding, dan refleksi.

Secara teoretis, hasil penelitian memperkuat hubungan antara sintaks PBL dan kerangka berpikir kritis Facione. Orientasi masalah mengaktifkan interpretasi; investigasi memperkuat analisis dan evaluasi; penyusunan solusi mendorong inferensi; presentasi melatih eksplanasi; dan evaluasi proses membuka ruang regulasi diri. Secara praktis, guru biologi kelas X perlu memilih masalah yang memiliki data memadai, lebih dari satu alternatif solusi, dan hubungan jelas dengan konsep kurikulum. Guru juga perlu menggunakan pertanyaan diagnostik, rubrik argumen, pembagian peran, dan tugas revisi agar diskusi tidak berhenti pada opini.

Implikasi kurikuler dari kajian ini adalah perlunya mengintegrasikan asesmen berpikir kritis ke dalam proses PBL, bukan hanya tes akhir. Penilaian dapat mencakup kualitas pertanyaan, relevansi sumber, ketepatan hubungan data-konsep, kekuatan alasan, respons terhadap sanggahan, dan kemampuan merevisi simpulan. Pada materi ekosistem, perubahan lingkungan, fungi, keselamatan laboratorium, dan bioteknologi, peserta didik dapat diminta menganalisis kasus lokal serta membandingkan solusi berdasarkan bukti. Media digital sebaiknya digunakan untuk menyediakan data, simulasi, atau ruang umpan balik, bukan menggantikan interaksi argumentatif.

Kajian ini memiliki keterbatasan. Jumlah studi primer hanya 10 dan didominasi publikasi Indonesia, sehingga representasi internasional masih terbatas. Empat studi menggunakan penelitian tindakan kelas tanpa kelompok kontrol, sedangkan instrumen, durasi, dan pelaporan ukuran efek tidak seragam. Status indeks jurnal diverifikasi pada saat kajian dan dapat berubah. Penelusuran melalui Google Scholar dan Scopus berpotensi melewatkan artikel dari basis data lain, sedangkan pembatasan bahasa dan akses teks lengkap dapat menimbulkan bias. Meta-analisis tidak dilakukan karena data statistik tidak homogen, dan protokol kajian belum diregistrasi pada repositori terbuka. Oleh karena itu, simpulan harus dipahami sebagai kecenderungan efektivitas, bukan estimasi ukuran efek kausal tunggal.

Penelitian lanjutan perlu menggunakan eksperimen multisitus dengan sampel lebih besar, instrumen berpikir kritis yang tervalidasi, pelaporan fidelitas implementasi, dan ukuran efek yang dapat dibandingkan. Studi perlu membedakan kontribusi PBL dari kontribusi media atau strategi tambahan melalui kelompok pembandingan yang tepat. Penelitian longitudinal juga diperlukan untuk menilai retensi dan transfer berpikir kritis ke masalah baru. Jika data primer yang homogen semakin tersedia, meta-analisis khusus PBL pada biologi kelas X dapat dilakukan untuk menguji moderator materi, durasi, bentuk integrasi, dan jenis asesmen.

KESIMPULAN

Berdasarkan sintesis terhadap 10 artikel empiris pada jurnal terindeks SINTA atau Scopus, *Problem Based Learning* menunjukkan kecenderungan efektivitas yang konsisten dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada pembelajaran biologi, khususnya kelas X. Peningkatan paling nyata terjadi pada interpretasi masalah, analisis hubungan data dan konsep, evaluasi bukti, inferensi, serta eksplanasi solusi, sedangkan regulasi diri memerlukan kegiatan refleksi dan revisi yang lebih eksplisit. PBL murni dapat menghasilkan

perbaikan apabila masalah autentik, investigasi, diskusi, dan evaluasi terlaksana secara konsisten; integrasi *Think Pair Share*, *Student Facilitator and Explaining*, LKPD STEM, penguatan karakter, *e-magazine*, *Articulate Storyline*, dan RMS memperkuat fungsi tertentu seperti kolaborasi, pengorganisasian informasi, visualisasi, dan argumentasi. Efektivitas dipengaruhi oleh kualitas masalah, *scaffolding* guru, pembagian peran, durasi, media, asesmen formatif, dan validitas instrumen. Kebaruan kajian ini terletak pada pembatasan bukti primer SINTA/Scopus, pemisahan studi kelas X dari bukti pendukung, serta pemetaan PBL murni dan PBL terintegrasi. Meskipun demikian, heterogenitas desain dan terbatasnya studi internasional menuntut interpretasi hati-hati. PBL direkomendasikan sebagai pendekatan utama pembelajaran biologi kelas X dengan dukungan rubrik argumentasi, sumber data kredibel, refleksi, dan penelitian lanjutan yang lebih terkontrol.

INFORMASI PENULIS

Penulis Koresponden

Siti Nuraini – Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung (Indonesia);

Email: ssitynr12@gmail.com

Penulis

Siti Nuraini – Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung (Indonesia);

Email: ssitynr12@gmail.com

Suci Wulan Pawhestri – Program Studi Biologi, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung (Indonesia);

Email: suciwulanpawhestri@radenintan.ac.id

Iqlima Amelia – Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung (Indonesia);

Email: iqlimaamelia@radenintan.ac.id

KONFLIK KEPENTINGAN

"Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan."

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Sujatmika, M. Masykuri, B. A. Prayitno, and S. Sutarno, "Fostering critical thinking in science education: Exploring effective pedagogical models," *Int. J. Adv. Appl. Sci.*, vol. 11, no. 7, pp. 149–159, Jul. 2024. <https://doi.org/10.21833/ijaas.2024.07.016>
- [2] I. K. Wati, D. Rosana, and I. Wilujeng, "How science teachers foster critical thinking in junior secondary classrooms: A narrative inquiry from a constructivist perspective," *Int. J. Educ. Reform*, Jun. 2026. <https://doi.org/10.1177/10567879261458338>
- [3] C. O'Reilly, A. Devitt, and N. Hayes, "Critical thinking in the preschool classroom—A systematic literature review," *Think. Ski. Creat.*, vol. 46, Art. no. 101110, Dec. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101110>
- [4] A. Id Babou, S. Selmaoui, A. Alami, N. Benjelloun, and M. Zaki, "Teaching

- biodiversity: Towards a sustainable and engaged education,” *Educ. Sci.*, vol. 13, no. 9, Art. no. 931, Sep. 2023. <https://doi.org/10.3390/educsci13090931>
- [5] A. Cano-Ortiz, J. C. Piñar-Fuentes, C. M. Musarella, and J. Peña-Martínez, “Education for environmental sustainability component: Innovative strategies for experiential learning in natural contexts,” *Educ. Sci.*, vol. 15, no. 6, Art. no. 697, Jun. 2025. <https://doi.org/10.3390/educsci15060697>
 - [6] R. H. Ennis, “The nature of critical thinking: An outline of critical thinking dispositions and abilities,” 2011. <https://doi.org/10.5840/inquiryctnews201126215>
 - [7] P. A. Facione, “Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction,” 1990.
 - [8] C. E. Hmelo-Silver, “Problem-based learning: What and how do students learn?,” *Educ. Psychol. Rev.*, vol. 16, no. 3, pp. 235–266, 2004. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
 - [9] O. Sabancı and N. Yürük, “Effect of metaconceptual processes on 7th-grade students’ understanding of the concepts of republic, democracy, and the state of law,” *Instr. Sci.*, vol. 54, no. 2, Art. no. 54, Sep. 2026. <https://doi.org/10.1007/s11251-026-09805-3>
 - [10] E. Gkintoni, H. Antonopoulou, A. Sortwell, and C. Halkiopoulos, “Challenging cognitive load theory: The role of educational neuroscience and artificial intelligence in redefining learning efficacy,” *Brain Sci.*, vol. 15, no. 2, Art. no. 203, Feb. 2025. <https://doi.org/10.3390/brainsci15020203>
 - [11] Y. K. Dwivedi et al., “Opinion paper: ‘So what if ChatGPT wrote it?’ Multidisciplinary perspectives on opportunities, challenges and implications of generative conversational AI for research, practice and policy,” *Int. J. Inf. Manage.*, vol. 71, Art. no. 102642, Aug. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2023.102642>
 - [12] S. Amin, S. Utaya, S. Bachri, Sumarmi, and S. Susilo, “Effect of problem-based learning on critical thinking skill and environmental attitude,” *J. Educ. Gift. Young Sci.*, vol. 8, no. 2, pp. 743–755, 2020. <https://doi.org/10.17478/jegys.650344>
 - [13] J. A. Orozco and R. T. Yangco, “Problem-based learning: Effects on critical and creative thinking skills in biology,” *Asian J. Biol. Educ.*, vol. 9, pp. 2–10, 2016. https://doi.org/10.57443/ajbe.9.0_2
 - [14] Suhirman, S. Prayogi, and M. Asy’ari, “Problem-based learning with character-emphasis and naturalist intelligence: Examining students’ critical thinking and curiosity,” *Int. J. Instr.*, vol. 14, no. 2, pp. 217–232, 2021. <https://doi.org/10.29333/iji.2021.14213a>
 - [15] H. S. Barrows and R. M. Tamblyn, *Problem-Based Learning: An Approach to Medical Education*. Springer Publishing Company, 1980.
 - [16] J. R. Savery, “Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions,” *Interdiscip. J. Probl. Learn.*, vol. 1, no. 1, pp. 9–20, 2006. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1002>
 - [17] Y. Liu and A. Pásztor, “Effects of problem-based learning instructional intervention on critical thinking in higher education: A meta-analysis,” *Think. Ski. Creat.*, vol. 45, Art. no. 101069, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101069>
 - [18] A. Masek and S. Yamin, “The effect of problem based learning on critical thinking ability: A theoretical and empirical review,” *Int. Rev. Soc. Sci. Humanit.*, vol. 2, no. 1, pp. 215–221, 2011.
 - [19] N. Salim, S. Santosa, and U. Fatmawati, “Penerapan model pembelajaran problem based learning untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa kelas X MIPA 1 SMA Negeri 1 Karanganyar tahun pelajaran 2014/2015,” *Bio-Pedagogi*, vol. 4, no. 2, pp. 15–21, 2015. <https://doi.org/10.20961/bio-pedagogi.v4i2.5376>
 - [20] H. S. Mardiyanti, “Penerapan model pembelajaran problem based learning untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa kelas X MIPA-2,” *J. Classr. Action*

- Res., vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2020. <https://doi.org/10.29303/jcar.v2i1.395>
- [21] T. Fakhrizal and U. Hasanah, “Upaya meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada mata pelajaran biologi melalui penerapan model pembelajaran problem based learning di kelas X SMA Negeri 1 Kluet Tengah,” *Biot. J. Ilm. Biol. Teknol. dan Kependidikan*, vol. 8, no. 2, pp. 200–217, 2020. <https://doi.org/10.22373/biotik.v8i2.8222>
- [22] M. A. Setiawan, D. A. Budiretnani, and B. Utami, “Pengaruh model pembelajaran problem based learning dipadu student facilitator and explaining terhadap kemampuan berpikir kritis siswa kelas X SMAN 6 Kediri pada pokok bahasan fungi,” *Florea J. Biol. dan Pembelajarannya*, vol. 4, no. 1, pp. 1–4, 2017. <https://doi.org/10.25273/florea.v4i1.1167>
- [23] A. Husen, S. E. Indriwati, and U. Lestari, “Peningkatan kemampuan berpikir kritis dan keterampilan proses sains siswa SMA melalui implementasi problem based learning dipadu think pair share,” *J. Pendidik. Teor. Penelitian, dan Pengemb.*, vol. 2, no. 6, pp. 853–860, 2017. <https://doi.org/10.17977/jptpp.v2i6.9547>
- [24] Z. Hasanah, A. U. T. Pada, Safrida, W. Artika, and Mudatsir, “Implementasi model problem based learning dipadu LKPD berbasis STEM untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada materi pencemaran lingkungan,” *J. Pendidik. Sains Indones.*, vol. 9, no. 1, pp. 65–75, 2021. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v9i1.18134>
- [25] M. Trisna, R. S. Iswari, and R. Susanti, “The development of PBL-oriented e-magazine to improve critical thinking skills and caring attitudes toward laboratory work safety,” *J. Innov. Sci. Educ.*, vol. 11, no. 2, pp. 196–206, 2022. <https://doi.org/10.15294/jise.v10i1.53159>
- [26] Nurhasanah, P. K. Suprpto, and R. Ardiansyah, “The effectiveness of problem-based learning assisted by Articulate Storyline interactive media on students’ critical thinking skills,” *J. Inov. Pendidik. IPA*, vol. 10, no. 1, pp. 1–9, 2024. <https://doi.org/10.21831/jipi.v10i1.64847>
- [27] K. Nihlah, R. H. Ristanto, and T. H. Kurniati, “The effect of PBL integrated RMS on biological literacy and critical thinking ability of high school students,” *JPBI (Jurnal Pendidik. Biol. Indones.)*, vol. 10, no. 3, pp. 714–723, 2024. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v10i3.35515>
- [28] B. Kitchenham and S. Charters, “Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering,” 2007.
- [29] M. J. Page et al., “The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews,” *BMJ*, vol. 372, Art. no. n71, 2021. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- [30] H. Snyder, “Literature review as a research methodology: An overview and guidelines,” *J. Bus. Res.*, vol. 104, pp. 333–339, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- [31] M. J. Page et al., “PRISMA 2020 explanation and elaboration: Updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews,” *BMJ*, Art. no. n160, Mar. 2021. <https://doi.org/10.1136/bmj.n160>
- [32] Kardoyo, A. Nurkhin, Muhsin, and H. Pramusinto, “Problem-based learning strategy: Its impact on students’ critical and creative thinking skills,” *Eur. J. Educ. Res.*, vol. 9, no. 3, pp. 1141–1150, 2020. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.9.3.1141>