SAKALIMA
PILAR PEMBERDAYAAN MASYARAKAT PENDIDIKAN
VOL 3. NO. 4 (2026)

ISSN: 3064-2361

Pengaruh Problem Based Learning Berbantuan Handout terhadap Berpikir Kritis dan Motivasi Belajar Siswa Kelas VII pada Pencemaran Lingkungan

Aryani Dwi Kesumawardani, Anita Fritichia, Aulia Novitasari, dan Raicha Oktafiani

To cite this article Kesumawardani, A. D., Fritichia, A., Novitasari, A., Oktafiani, R. Pengaruh Problem Based Learning Berbantuan Handout terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Motivasi Belajar Siswa Kelas VII pada Materi Pencemaran Lingkungan. *SAKALIMA Pilar Pemberdaya. Masy. Pendidik.,* vol. 3, no. 4, pp. 1–14, 2026. https://doi.org/10.70211/sakalima.v3i4.714

To link to this article:

Published online: Nov. 12, 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

OPEN ACCESS

https://doi.org/10.70211/sakalima.v3i4.714

SAKALIMA: Pilar Pemberdayaan Masyarakat Pendidikan Vol. 3 No. 4 (2026)

Check for updates

Research Article

Pengaruh *Problem Based Learning* Berbantuan *Handout* terhadap Berpikir Kritis dan Motivasi Belajar Siswa Kelas VII pada Pencemaran Lingkungan

Aryani Dwi Kesumawardani, Anita Fritichia, Aulia Novitasari, Raicha Oktafiani

Received: 22 Juli 2026	Revised: 10 Agustus 2026	Accepted: 12 September 2026	Online: 12 November 2026

Abstract

Improving adolescents' critical thinking and learning motivation remains a priority in school science education, particularly when instruction addresses real-world environmental problems. This study compared handout-assisted problem-based learning with cooperative learning in Grade VII environmental pollution lessons. The manuscript reported a quasi-experimental, two-class pretest–posttest design involving 60 students at a public junior secondary school in East Lampung, Indonesia: 30 students in the intervention class and 30 in the comparison class. Critical thinking was assessed using essay questions, and learning motivation was assessed using a Likert-type questionnaire. Descriptive statistics, normalized gain, normality and variance-homogeneity checks, and independent-samples t tests were reported. Mean critical-thinking scores rose from 43 to 84 in the intervention class and from 41 to 78 in the comparison class; the corresponding reported normalized gains were 0.72 and 0.63. Mean motivation scores increased from 50 to 85 and from 45 to 80, respectively, representing equal 35-point absolute gains. The source manuscript reported p values below .001 for both outcomes, but did not provide the tested score definitions, test statistics, confidence intervals, or effect sizes. Consequently, these findings describe promising classroom-level patterns rather than independently verified causal effects. The study illustrates the potential value of combining authentic environmental problems with concise learning materials, while underscoring the importance of transparent measurement, baseline adjustment, and stronger classroom-level designs in future research.

Keywords: Critical Thinking; Environmental Pollution; Handouts; Learning Motivation; Problem-Based Learning; Secondary Science Education

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//).



PENDAHULUAN

Kemampuan berpikir kritis merupakan komponen penting pembelajaran IPA karena peserta didik perlu membedakan hasil pengamatan dari interpretasi, menilai kredibilitas bukti, serta merumuskan penjelasan yang dapat dipertanggungjawabkan untuk berbagai fenomena kompleks. Pembelajaran yang hanya berorientasi pada pengingatan informasi memberikan ruang yang lebih terbatas bagi peserta didik untuk membandingkan alternatif dan memberikan justifikasi atas suatu keputusan. Sebaliknya, kegiatan yang berpusat pada masalah memungkinkan proses penalaran berlangsung secara terstruktur. Berbagai kajian mengenai pembelajaran berbasis masalah menempatkan evaluasi bukti dan perumusan penjelasan sebagai proses belajar yang berkaitan erat dengan kemampuan berpikir kritis, meskipun besarnya pengaruh yang ditemukan tidak selalu konsisten pada setiap studi dan konteks pendidikan [1], [2], [3]. Keterampilan tersebut relevan untuk pembelajaran IPA pada jenjang SMP ketika peserta didik mulai diarahkan untuk tidak hanya menggambarkan kejadian lingkungan, tetapi juga menganalisis keterkaitan penyebab, dampak, serta berbagai alternatif penanganannya [4], [5], [6].

Motivasi belajar melengkapi capaian kognitif, tetapi tidak tepat apabila diperlakukan sebagai konstruk yang sepenuhnya tunggal. Peserta didik dapat berpartisipasi karena tertarik pada kegiatan, memahami nilai kegiatan tersebut, atau merasakan tekanan dari luar; alasan-alasan ini berkaitan dengan pola ketekunan dan kesejahteraan psikologis yang berbeda. Teori determinasi diri menekankan pentingnya otonomi, kompetensi, dan keterhubungan, sedangkan perspektif sosial-kognitif menyoroti efikasi diri, ekspektasi hasil, serta regulasi diri [7], [8], [9], [10]. Sintesis penelitian mutakhir juga menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran berbasis masalah berpotensi mendukung keyakinan motivasional dan penilaian peserta didik terhadap kebermaknaan tugas, tetapi pengaruhnya beragam dan tidak dapat diasumsikan sama kuat pada seluruh dimensi motivasi [8], [11], [12]. Oleh karena itu, penilaian terhadap kemampuan berpikir kritis dan motivasi belajar secara bersamaan dapat memberikan gambaran mengenai perubahan kinerja penalaran sekaligus respons peserta didik terhadap aktivitas pembelajaran.

Materi pencemaran lingkungan menyediakan konteks autentik yang mempertemukan pengetahuan ilmiah, keputusan sosial, dan pengalaman peserta didik di lingkungan sekitar. Pencemaran air, pengelolaan sampah yang tidak memadai, serta polusi udara dapat dikaji melalui bukti mengenai sumber pencemar, mekanisme terjadinya, konsekuensi, dan kemungkinan penanganannya. Literatur pendidikan lingkungan menunjukkan bahwa keterlibatan dengan persoalan yang bermakna secara lokal dapat mendukung pembelajaran dan partisipasi, asalkan kegiatan tidak berhenti pada peningkatan kesadaran, melainkan mengajak peserta didik menelaah bukti dan merancang tanggapan yang relevan [13], [14], [15]. Relevansi kontekstual tersebut menjadi landasan yang masuk akal bagi diskusi dan penyelidikan pada materi pencemaran lingkungan, tanpa mengandaikan bahwa satu model pembelajaran tertentu selalu menghasilkan capaian yang lebih tinggi.

Problem Based Learning (PBL) mengawali pembelajaran melalui masalah yang bermakna, kemudian mengorganisasikan kegiatan untuk mengidentifikasi pengetahuan awal, menentukan informasi yang perlu diselidiki, mencari sumber, mendiskusikan berbagai penafsiran, dan menyajikan solusi disertai alasan. Rangkaian kegiatan ini dapat membuka kesempatan berulang bagi peserta didik untuk mengevaluasi bukti alih-alih hanya mengulang isi buku ajar. Berbagai tinjauan dan penelitian kelas memperlihatkan keterkaitan penerapan

PBL dengan kemampuan berpikir kritis maupun pemecahan masalah di sejumlah konteks, sekaligus mengingatkan bahwa karakteristik peserta didik, bidang kajian, pendampingan guru, dan desain penelitian dapat memengaruhi hasil [1], [16], [17], [18]. Studi pada pendidikan menengah di Indonesia juga melaporkan pola yang positif, tetapi temuannya tetap terikat pada konteks penelitian sehingga tidak dapat digeneralisasi secara otomatis [6], [19], [20].

Keberhasilan pembelajaran berbasis masalah kemungkinan turut dipengaruhi oleh sumber belajar yang digunakan selama proses penyelidikan. Handout dapat menggabungkan konsep dasar, diagram, penjelasan singkat, dan informasi terkait tugas ke dalam satu bahan rujukan yang mudah diakses kembali ketika peserta didik mempertimbangkan bukti. Penelitian tentang handout dan bahan ajar terstruktur telah mengkaji kegunaan serta potensinya dalam mendukung pemahaman materi. Namun, studi pengembangan maupun perbandingan pada mata pelajaran tertentu tidak dengan sendirinya membuktikan pengaruh kausal handout terhadap kemampuan berpikir kritis atau motivasi belajar secara umum [21], [22], [23]. Bahan ajar berorientasi PBL juga dikembangkan untuk mengorganisasikan kegiatan dan memandu analisis peserta didik, sehingga kajian terhadap satu paket intervensi pembelajaran lebih tepat daripada memandang bahan ajar sebagai pelengkap yang tidak berperan [24], [25], [26]. Dalam penelitian ini, PBL dan handout diterapkan secara bersamaan; dengan demikian, setiap perbedaan capaian harus ditafsirkan sebagai hasil yang berkaitan dengan paket pembelajaran tersebut, bukan sebagai pengaruh handout secara terpisah.

Penelitian terdahulu memberikan titik pembanding yang relevan, tetapi memiliki karakteristik yang berbeda. Anggraeni *et al.* [1] mensintesis penelitian PBL dan berpikir kritis pada berbagai konteks; Aripin *et al.* [2] memusatkan perhatian pada berpikir kritis dan kesadaran lingkungan; sementara Maulina *et al.* [27] mengkaji PBL berbantuan video pada materi pencemaran lingkungan. Sari *et al.* [28] menelaah lembar kerja elektronik berbasis PBL untuk materi pencemaran, sedangkan Mulyati *et al.* [29] meneliti majalah IPA berbasis masalah dan melaporkan capaian kemampuan berpikir kritis serta motivasi pada materi yang berbeda. Secara bersama-sama, penelitian tersebut mendukung relevansi sumber belajar berorientasi masalah, tetapi berbeda dalam bentuk media, lingkungan penelitian, kombinasi variabel hasil, dan pembelajaran pembanding [1], [27], [28], [29]. Perbedaan ini tidak dapat digunakan untuk mengklaim bahwa topik penelitian sekarang sama sekali belum pernah ditelaah. Akan tetapi, masih terdapat ruang kajian kontekstual yang lebih spesifik mengenai paket PBL berbantuan handout dibandingkan dengan pembelajaran kooperatif pada materi pencemaran lingkungan kelas VII.

Penelitian tentang motivasi juga menegaskan perlunya menjelaskan kondisi pembelajaran pembanding secara tepat. Dirgari *et al.* [30] menelaah motivasi dalam pembelajaran ekosistem berbasis PBL; Astuti *et al.* [31] mengkaji PBL dengan bantuan *mind mapping*; sedangkan Mustika Piliang *et al.* [32] meneliti pembelajaran berbasis masalah dan motivasi pada materi ekosistem. Bentuk intervensi tersebut berbeda dari pembelajaran berbantuan handout yang ringkas. Bukti yang tersedia belum memisahkan kontribusi keterlibatan dalam pemecahan masalah, penggunaan bahan ajar, dan situasi kelas terhadap perubahan motivasi [30], [31], [32]. Temuan dari konteks PBL lainnya memperkuat pentingnya menguraikan sumber belajar, kekhasan materi, dan pengaturan implementasi alih-alih menggabungkan semuanya dalam penjelasan yang terlalu umum [12], [33], [34].

Kondisi sekolah penelitian memberikan alasan praktis untuk mengkaji persoalan tersebut. Naskah sumber melaporkan wawancara awal dengan guru dan asesmen diagnostik di UPTD SMP Negeri 1 Sekampung Udik SATAP, Lampung Timur, yang mengindikasikan perlunya perhatian terhadap partisipasi, berpikir kritis, dan motivasi belajar peserta didik. Perlu ditegaskan bahwa tabel diagnostik awal berkaitan dengan materi sistem ekskresi, bukan materi pencemaran lingkungan, sehingga tidak dapat diperlakukan sebagai data pretest intervensi yang dilaporkan. Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan membandingkan capaian kemampuan berpikir kritis dan motivasi belajar yang dilaporkan pada siswa kelas VII yang mengikuti PBL berbantuan handout dengan siswa yang mengikuti pembelajaran kooperatif pada materi pencemaran lingkungan. Analisis berfokus pada pola skor pretest–posttest di tingkat kelompok, N-Gain yang dilaporkan, serta sejauh mana bukti statistik yang tersedia mendukung interpretasi perbedaan antarkelas secara hati-hati.

METODOLOGI

Desain dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini dilaporkan menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain kuasi-eksperimen dua kelompok pretest–posttest di UPTD SMP Negeri 1 Sekampung Udik SATAP, Lampung Timur. Penelitian bertujuan untuk menguji pengaruh model *Problem Based Learning* (PBL) berbantuan handout terhadap kemampuan berpikir kritis dan motivasi belajar peserta didik kelas VII pada materi pencemaran lingkungan.

Desain penelitian ini lebih tepat dikategorikan sebagai *non-equivalent control group design* karena masing-masing kondisi perlakuan hanya diwakili oleh satu kelas dan mekanisme pengacakan belum terdokumentasi secara jelas. Meskipun naskah awal menyebutkan teknik *cluster random sampling*, tidak tersedia bukti yang menunjukkan proses pemilihan kelas secara acak maupun penempatan kelas ke dalam kelompok perlakuan. Oleh karena itu, penelitian ini tidak dapat dikategorikan sebagai eksperimen acak terkontrol. Penjelasan desain secara tepat diperlukan untuk mendukung validitas interpretasi hasil dan mengurangi risiko klaim kausal yang berlebihan [35], [36], [37].

Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi penelitian terdiri atas 93 peserta didik kelas VII UPTD SMP Negeri 1 Sekampung Udik SATAP, Lampung Timur, yang terbagi menjadi tiga kelas, yaitu VII A sebanyak 30 peserta didik, VII B sebanyak 30 peserta didik, dan VII C sebanyak 33 peserta didik. Sampel penelitian melibatkan 60 peserta didik dari dua kelas utuh, yakni kelas VII A sebagai kelompok eksperimen dan kelas VII B sebagai kelompok kontrol.

Kelompok eksperimen memperoleh pembelajaran menggunakan model PBL berbantuan handout, sedangkan kelompok kontrol memperoleh pembelajaran menggunakan model *Cooperative Learning*. Pemilihan kelas tersebut didasarkan pada informasi sampel dalam naskah sumber, sedangkan prosedur pengambilan sampel dan alokasi kelas masih memerlukan konfirmasi berdasarkan dokumentasi penelitian.

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian terdiri atas tes kemampuan berpikir kritis dan angket motivasi belajar. Tes kemampuan berpikir kritis menggunakan soal berbentuk esai yang dikembangkan berdasarkan

lima indikator, yaitu memberikan penjelasan sederhana, membangun keterampilan dasar, menyimpulkan, memberikan penjelasan lebih lanjut, serta mengatur strategi dan taktik. Instrumen tersebut digunakan untuk mengukur kemampuan peserta didik dalam menganalisis permasalahan, mengevaluasi informasi, menyusun argumentasi, dan menentukan alternatif penyelesaian masalah pada materi pencemaran lingkungan.

Motivasi belajar diukur menggunakan angket skala Likert dengan lima alternatif jawaban, yaitu sangat setuju, setuju, netral, tidak setuju, dan sangat tidak setuju. Instrumen tersebut mencakup enam indikator, yaitu hasrat dan keinginan berhasil, dorongan dan kebutuhan belajar, harapan dan cita-cita masa depan, penghargaan dalam belajar, kegiatan pembelajaran yang menarik, serta lingkungan belajar yang kondusif [35], [38], [39], [40], [41].

Prosedur Penelitian

Penelitian dilaporkan melibatkan tahapan persiapan, pelaksanaan pembelajaran, dan pengumpulan data. Tahap persiapan mencakup penyusunan perangkat pembelajaran, penyiapan handout, penyusunan instrumen, serta penentuan kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

Pada tahap pelaksanaan, kelompok eksperimen memperoleh pembelajaran menggunakan model PBL berbantuan handout, sedangkan kelompok kontrol mengikuti pembelajaran menggunakan model *Cooperative Learning*. Kedua kelompok dilaporkan mengikuti pengukuran kemampuan berpikir kritis sebelum dan setelah pembelajaran. Bagian hasil juga memuat pengukuran motivasi belajar pada kedua waktu tersebut, meskipun konsistensi prosedurnya masih harus dikonfirmasi [24], [25], [27].

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan menggunakan tes dan angket. Tes esai digunakan untuk memperoleh informasi mengenai kemampuan berpikir kritis peserta didik, sedangkan angket digunakan untuk mengukur motivasi belajar. Data hasil tes dan angket kemudian diolah menjadi skor yang digunakan dalam analisis deskriptif dan inferensial.

Data kemampuan berpikir kritis disajikan dalam bentuk skor rata-rata pretest dan posttest serta persentase pencapaian setiap indikator. Data motivasi belajar disajikan melalui skor rata-rata kelompok dan persentase ketercapaian enam indikator motivasi belajar.

Teknik Analisis Data

Analisis data menggunakan pendekatan statistik deskriptif dan inferensial. Analisis deskriptif dilakukan untuk menggambarkan skor rata-rata kemampuan berpikir kritis dan motivasi belajar pada kelompok eksperimen dan kontrol, baik sebelum maupun setelah pembelajaran. Selain itu, analisis dilakukan terhadap persentase pencapaian setiap indikator untuk mengidentifikasi perubahan hasil pengukuran pada masing-masing kelompok.

Peningkatan skor dianalisis menggunakan *Normalized Gain* (N-Gain), yang dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$N\text{-}Gain = \frac{S_{\text{posttest}} - S_{\text{pretest}}}{S_{\text{maksimum}} - S_{\text{pretest}}}$$

Keterangan:

S_{posttest}= skor setelah pembelajaran.

$S_{pretest}$ = skor sebelum pembelajaran.

$S_{maksimum}$= skor maksimum yang dapat diperoleh.

Sebelum pengujian hipotesis, dilakukan uji normalitas menggunakan Kolmogorov–Smirnov dan uji homogenitas menggunakan *Levene's test* dengan taraf signifikansi 0,05. Selanjutnya, pengujian hipotesis dilaporkan menggunakan *Independent Samples t-test* untuk membandingkan hasil kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Namun, naskah awal belum menjelaskan apakah pengujian tersebut dilakukan terhadap skor posttest, selisih skor, atau N-Gain. Selain itu, nilai statistik t, derajat kebebasan, simpangan baku, interval kepercayaan, dan ukuran efek belum tersedia. Informasi tersebut diperlukan agar pengujian hipotesis dapat dievaluasi secara menyeluruh [36], [37], [42].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Karakteristik Sampel dan Rerata Capaian

Sampel yang dilaporkan terdiri atas 60 siswa dari dua kelas VII, masing-masing berjumlah 30 siswa pada setiap kondisi pembelajaran. Sebagaimana disajikan dalam Tabel 1, rerata skor berpikir kritis meningkat pada kedua kelompok, dengan rerata posttest yang lebih tinggi pada kelas PBL berbantuan handout. Rerata motivasi belajar juga meningkat pada kedua kelompok. Perlu diperhatikan bahwa peningkatan absolut pada masing-masing kelas sama-sama sebesar 35 poin, meskipun nilai pretest dan posttest awal berbeda. Angka N-Gain ditampilkan sebagaimana dilaporkan dalam naskah sumber dan belum diperlakukan sebagai estimasi yang telah diverifikasi secara independen.

Tabel 1. Rerata pretest, posttest, perubahan skor, dan N-Gain yang dilaporkan

Variabel	Kelompok	n	Rerata pretest	Rerata posttest	Δ (poin)	N-Gain dilaporkan
Berpikir kritis	PBL berbantuan handout	30	43	84	+41	0.72
Berpikir kritis	Pembelajaran kooperatif	30	41	78	+37	0.63
Motivasi belajar	PBL berbantuan handout	30	50	85	+35	0.71
Motivasi belajar	Pembelajaran kooperatif	30	45	80	+35	0.64

Uji Prasyarat Analisis

Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2, seluruh nilai p yang dilaporkan untuk uji normalitas lebih besar dari 0,05 pada delapan kombinasi variabel hasil, waktu pengukuran, dan kelompok. Uji Levene juga menghasilkan nilai p lebih besar dari 0,05 untuk kedua variabel (Tabel 3). Hasil uji ini tidak dengan sendirinya membuktikan bahwa kedua kelas setara pada awal penelitian, menjamin normalitas distribusi, ataupun mengatasi kenyataan bahwa masing-masing kondisi hanya terdiri atas satu kelas.

Tabel 2. Nilai p uji normalitas Kolmogorov–Smirnov yang dilaporkan

Variabel	Kelompok	Nilai p pretest	Nilai p posttest
Berpikir kritis	PBL berbantuan handout	0.200	0.076
Berpikir kritis	Pembelajaran kooperatif	0.058	0.085
Motivasi belajar	PBL berbantuan handout	0.200	0.200
Motivasi belajar	Pembelajaran kooperatif	0.097	0.058

Tabel 3. Hasil uji homogenitas varians Levene yang dilaporkan

Variabel	Nilai p uji Levene	Keputusan pada α = 0,05
Berpikir kritis	0.224	Tidak terdeteksi perbedaan varians
Motivasi belajar	0.367	Tidak terdeteksi perbedaan varians

Capaian Setiap Indikator Kemampuan Berpikir Kritis

Tabel 4 menunjukkan bahwa persentase pencapaian setiap indikator berpikir kritis meningkat dari pretest ke posttest pada kedua kelas. Di kelas PBL berbantuan handout, capaian posttest tertinggi terdapat pada indikator mengatur strategi dan taktik (77,56%), sedangkan yang terendah pada indikator menyimpulkan (71,33%). Rerata persentase indikator tidak sama dengan skala rerata skor keseluruhan, sehingga dasar pembagi atau pembobotan setiap skor perlu dijelaskan sebelum kedua ringkasan statistik tersebut ditafsirkan sebagai ukuran yang sebanding.

Tabel 4. Persentase pencapaian rata-rata indikator kemampuan berpikir kritis

Indikator	PBL pre (%)	PBL post (%)	Kontrol pre (%)	Kontrol post (%)
Memberikan penjelasan sederhana	35.33	74.83	33.33	65.00
Membangun keterampilan dasar	37.33	72.67	36.67	66.67
Menyimpulkan	38.00	71.33	31.33	68.00
Memberikan penjelasan lebih lanjut	44.67	72.00	34.00	70.00
Mengatur strategi dan taktik	38.22	77.56	36.44	71.11
Rerata indikator yang dilaporkan	38.71	73.67	34.34	68.16

Capaian Setiap Indikator Motivasi Belajar

Sebagaimana disajikan dalam Tabel 5, persentase seluruh enam indikator angket motivasi belajar meningkat pada kedua kelas. Kelas eksperimen memiliki persentase posttest indikator yang dilaporkan lebih tinggi pada keenam dimensi. Meski demikian, agregat persentase indikator tidak otomatis sebanding dengan rerata skor motivasi keseluruhan; pengodean angket dan aturan penghitungan skor asli diperlukan untuk merekonsiliasi kedua bentuk pelaporan tersebut.

Tabel 5. Persentase pencapaian rata-rata indikator motivasi belajar

Indikator	PBL pre (%)	PBL post (%)	Kontrol pre (%)	Kontrol post (%)
Hasrat dan keinginan berhasil	53.56	82.22	48.22	70.22
Dorongan dan kebutuhan belajar	35.00	79.60	47.00	70.93
Harapan dan cita-cita masa depan	52.22	81.78	46.44	72.22
Penghargaan dalam belajar	50.00	81.11	48.44	70.00
Kegiatan pembelajaran yang menarik	49.56	80.67	48.67	72.44
Lingkungan belajar yang kondusif	48.44	83.78	49.00	76.67
Rerata indikator yang dilaporkan	48.13	81.53	48.00	72.08

Uji Hipotesis Antarkelompok dan Pemeriksaan N-Gain

Naskah sumber menyatakan nilai $p < 0{,}001$ pada *Independent Samples t-test* antarkelompok untuk kedua variabel hasil, tetapi belum menyebutkan secara tepat skor yang dibandingkan dan tidak menyediakan statistik uji lainnya (Tabel 6). Oleh karena itu, signifikansi statistik

disampaikan sebagai hasil yang dilaporkan, bukan sebagai hasil uji yang telah direplikasi secara independen. Apabila skor maksimum adalah 100 dan N-Gain dihitung dari rerata kelompok yang tercantum, perkiraan N-Gain berpikir kritis adalah 0,72 dan 0,63, sejalan dengan angka sumber. Untuk motivasi, hasil perhitungan setara menjadi 0,70 dan 0,64, sedangkan sumber menyajikan 0,71 dan 0,64. Perbedaan ini mungkin terjadi jika N-Gain dihitung pada setiap peserta didik kemudian dirata-ratakan, tetapi belum dapat dipastikan tanpa skor individual. Penting pula dicatat bahwa kenaikan absolut skor motivasi sama-sama 35 poin pada kedua kelompok.

Tabel 6. Pelaporan uji antarkelompok dan statistik yang belum dapat diverifikasi

Variabel	Nilai p yang dilaporkan	Skor yang diuji	t, df, IK 95%, ukuran efek
Berpikir kritis	$p < 0,001$	Belum dijelaskan	Belum tersedia
Motivasi belajar	$p < 0,001$	Belum dijelaskan	Belum tersedia

Pembahasan

Temuan deskriptif utama penelitian ini adalah peningkatan rerata kemampuan berpikir kritis yang lebih besar pada kelas PBL berbantuan handout dibandingkan dengan kelas pembelajaran kooperatif. Pola tersebut sejalan dengan sintesis penelitian yang mengaitkan pembelajaran berbasis masalah dengan kesempatan peserta didik menganalisis bukti dan mempertahankan solusi berdasarkan alasan. Namun, keselarasan dengan teori dan studi terdahulu belum membuktikan bahwa paket intervensi pada penelitian ini menjadi penyebab tunggal perbedaan yang teramati. Tinjauan sistematis Anggraeni *et al.* [1] dan meta-analisis Aripin *et al.* [2] mendukung PBL sebagai alternatif yang masuk akal untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis. Walaupun demikian, keberagaman temuan pada berbagai penelitian serta keterbatasan metodologis perbandingan antarkelas mengharuskan peneliti berhati-hati agar perbedaan rerata deskriptif tidak dinyatakan sebagai efek universal yang dapat digeneralisasi tanpa syarat [1], [2], [18].

Konteks materi pencemaran lingkungan memberikan penjelasan pedagogis mengapa kegiatan berorientasi masalah berpotensi mendorong penalaran. Dalam pembelajaran tentang pencemaran, peserta didik dapat mengidentifikasi sumber pencemar, menafsirkan bukti lingkungan, membandingkan strategi mitigasi, dan menjelaskan konsekuensi masing-masing pilihan. Maulina *et al.* [27] melaporkan pembelajaran PBL berbantuan video pada materi serupa, sedangkan Sari *et al.* [28] mengkaji lembar kerja elektronik berorientasi PBL dan Fadilah *et al.* [25] meneliti lembar kerja untuk materi perubahan lingkungan. Titik temu penelitian tersebut terletak pada pentingnya keterlibatan yang terstruktur dalam penyelesaian masalah. Namun, perbedaan media yang digunakan tidak memungkinkan peneliti mengisolasi kontribusi tambahan handout pada penelitian sekarang [25], [27], [28].

Kelima indikator kemampuan berpikir kritis menunjukkan pola peningkatan persentase dari pretest ke posttest, dengan capaian posttest pada pengembangan strategi yang dilaporkan lebih tinggi daripada indikator menyimpulkan. Secara pedagogis, hal ini dapat mengindikasikan bahwa peserta didik lebih mudah mengusulkan tindakan daripada membangun kesimpulan yang menghubungkan klaim dan bukti secara runtut. Namun, penjelasan tersebut masih bersifat dugaan, bukan mekanisme belajar yang diamati langsung, karena data proses dan contoh jawaban peserta didik tidak tersedia. Penelitian pemecahan masalah dan pembelajaran IPA pada jenjang menengah juga mengindikasikan bahwa kualitas

pertanyaan, fasilitasi guru, serta tugas penalaran perlu diperhatikan selain label model pembelajaran itu sendiri [6], [16], [17], [19].

Temuan motivasi belajar memerlukan pembahasan yang lebih terperinci daripada pernyataan bahwa intervensi menghasilkan peningkatan lebih besar. Walaupun naskah awal melaporkan N-Gain motivasi yang lebih tinggi pada kelas eksperimen, kedua kelompok mengalami kenaikan yang sama, yakni 35 poin, berdasarkan rerata skor total yang disajikan. Rerata pretest kedua kelas juga berbeda, sehingga rasio yang dinormalisasi dapat menunjukkan nilai berbeda walaupun kenaikan absolutnya sama. Sintesis teori motivasi terkini mendukung hubungan yang positif tetapi beragam antara pembelajaran berbasis masalah dan keyakinan, nilai, atau sikap belajar peserta didik, bukan peningkatan seragam pada semua konstruk motivasional [7], [8], [12]. Dengan demikian, data yang ada mendukung pernyataan bahwa skor motivasi meningkat pada kedua kelas, tetapi belum menunjukkan secara independen adanya kenaikan absolut motivasi yang lebih tinggi akibat pembelajaran berbantuan handout.

Perbandingan dengan penelitian kelas sebelumnya juga menunjukkan pentingnya bentuk intervensi dan definisi variabel hasil. Dirgari *et al.* [30] mengkaji motivasi pada materi ekosistem, Astuti *et al.* [31] meneliti PBL yang dipadukan dengan *mind mapping*, sedangkan Mulyati *et al.* [29] mengevaluasi majalah IPA berbasis masalah dengan mengukur motivasi dan kemampuan berpikir kritis. Perbedaan materi, bentuk bahan ajar, dan desain penelitian tidak serta-merta berarti hasil-hasil tersebut saling bertentangan hanya karena besar atau keseimbangan perubahan yang dilaporkan tidak sama. Keberagaman ini justru konsisten dengan kerangka motivasi yang menekankan bahwa nilai belajar, dukungan otonomi, persepsi kompetensi, dan kondisi pembelajaran bersama-sama membentuk respons peserta didik [9], [29], [30], [31].

Secara praktis, handout dapat menyediakan rujukan ringkas selama penyelidikan, terutama ketika peserta didik perlu kembali membaca definisi inti atau penjelasan ilmiah saat berdiskusi mengenai suatu masalah. Akan tetapi, desain penelitian ini mengevaluasi paket yang menggabungkan PBL dengan handout dan membandingkannya dengan model pembelajaran lain; penelitian ini tidak membandingkan PBL dengan dan tanpa handout. Bukti dari studi pengembangan dan penerapan handout karena itu dapat menjadi dasar relevansi sumber belajar, tetapi belum memungkinkan penarikan kesimpulan mengenai efek handout secara terpisah [21], [22], [23]. Kajian lebih luas mengenai bahan ajar berbasis masalah juga menekankan pentingnya mendokumentasikan kemudahan penggunaan serta kesesuaian dengan tugas pembelajaran secara eksplisit, bukan menyimpulkannya hanya dari meningkatnya skor tes [24], [25], [43].

Kontribusi penelitian ini bersifat kontekstual dan integratif, bukan klaim menemukan pendekatan pembelajaran yang sepenuhnya baru. Penelitian membandingkan satu paket PBL berbantuan handout dengan pembelajaran kooperatif pada materi pencemaran lingkungan siswa kelas VII, sekaligus melaporkan dua variabel hasil yang berbeda secara teoretis. Beberapa penelitian terkait berfokus pada berpikir kritis saja, meneliti motivasi dalam materi biologi yang berbeda, atau menggunakan video, lembar kerja digital, serta majalah alih-alih handout yang ringkas. Kombinasi konteks, intervensi, dan variabel hasil tersebut menawarkan pertanyaan penelitian yang spesifik dan dapat menjadi dasar perencanaan eksperimen yang lebih kuat [1], [27], [28], [29]. Secara teoretis, pembedaan antara capaian penalaran dan

motivasi belajar penting agar perkembangan kognitif tidak diperlakukan sebagai ukuran yang dapat saling menggantikan dengan perkembangan afektif [8], [9], [10].

Sejumlah keterbatasan membatasi kekuatan interpretasi kausal. Pertama, penggunaan hanya satu kelas utuh pada setiap kondisi membuat karakteristik kelas tidak dapat dipisahkan dari penempatan perlakuan. Kedua, mekanisme pemilihan dan penempatan sampel, durasi pembelajaran, pengaruh guru, keterlaksanaan sintaks, serta jadwal pengukuran yang tepat masih memerlukan dokumen pendukung. Ketiga, informasi psikometrik yang tersedia belum cukup untuk mengevaluasi kualitas pengukuran dan merekonsiliasi skor total dengan persentase indikator. Keempat, nilai p yang dilaporkan tidak dapat diaudit tanpa statistik uji dan penjelasan perbandingan yang digunakan, sementara interval kepercayaan dan ukuran efek belum tersedia. Transparansi pelaporan pengukuran, justifikasi jumlah sampel, dan besaran efek merupakan aspek penting dalam penelitian pendidikan terapan [35], [36], [37], [38], [39], [40], [41].

Dalam praktik pembelajaran, pola temuan ini dapat menjadi pertimbangan bagi guru untuk memadukan kasus pencemaran yang autentik dengan bahan ajar ringkas yang selaras dengan tujuan, disertai kesempatan eksplisit untuk mengevaluasi bukti. Guru sebaiknya memantau proses penalaran selama pembelajaran, bukan hanya mengandalkan nilai akhir. Literatur pendidikan lingkungan mengaitkan masalah yang relevan, kegiatan belajar yang terarah, dan sumber belajar yang sesuai dengan pengalaman belajar yang berpotensi produktif, tetapi hubungan tersebut tetap memerlukan evaluasi berdasarkan kondisi tiap sekolah [13], [14], [15]. Penelitian selanjutnya sebaiknya melibatkan beberapa kelas pada setiap kondisi, dokumentasi pengacakan atau prosedur pemadanan yang kredibel, pengukuran kedua variabel sebelum dan sesudah pembelajaran, instrumen tervalidasi, rencana analisis yang ditetapkan sebelumnya, estimasi dengan penyesuaian kondisi awal, ukuran efek terstandar, serta jika memungkinkan desain faktorial untuk memisahkan kontribusi PBL dan handout [36], [37], [42].

KESIMPULAN

Penelitian ini menelaah perubahan kemampuan berpikir kritis dan motivasi belajar yang dilaporkan pada siswa kelas VII melalui perbandingan PBL berbantuan handout dan pembelajaran kooperatif dalam materi pencemaran lingkungan. Rerata kemampuan berpikir kritis meningkat dari 43 menjadi 84 pada kelas PBL berbantuan handout dan dari 41 menjadi 78 pada kelas pembanding, dengan N-Gain yang dilaporkan masing-masing sebesar 0,72 dan 0,63. Rerata motivasi belajar meningkat dari 50 menjadi 85 dan dari 45 menjadi 80, sehingga kedua kelas menunjukkan kenaikan absolut yang sama, yaitu 35 poin, meskipun N-Gain yang tercantum berbeda. Naskah sumber juga melaporkan $p < 0,001$ untuk kedua variabel, tetapi jenis skor yang diuji dan hasil statistik lengkap belum tersedia untuk verifikasi independen. Oleh karena itu, temuan ini memberikan indikasi deskriptif yang menjanjikan pada kemampuan berpikir kritis, tetapi belum cukup untuk menyimpulkan kausalitas secara definitif atau memisahkan kontribusi handout dari model PBL. Kontribusi utama penelitian ialah menghadirkan perbandingan pembelajaran dalam konteks pencemaran lingkungan kelas VII serta menegaskan perlunya menginterpretasikan capaian kognitif dan motivasi secara berbeda. Sebelum publikasi, penulis perlu memastikan kesesuaian skor asli, waktu pengukuran, validitas dan reliabilitas instrumen, mekanisme alokasi kelas, dan output statistik lengkap. Penelitian

lanjutan disarankan menggunakan lebih banyak kelas pada setiap kondisi dan desain perbandingan yang lebih transparan.

INFORMASI PENULIS

Penulis Koresponden

Aryani Dwi Kesumawardani – Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung (Indonesia);
orcid.org/0009-0005-5585-0883
Email: aryani@radenintan.ac.id

Penulis

Aryani Dwi Kesumawardani – Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung (Indonesia);
orcid.org/0009-0005-5585-0883
Email: aryani@radenintan.ac.id
Anita Fritichia – Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung (Indonesia);
Email: anitafritichia@gmail.com
Aulia Novitasari– Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung (Indonesia);
orcid.org/0009-0002-0442-8058
Email: aulianovitasari@radenintan.ac.id
Raicha Oktafiani– Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung (Indonesia);
orcid.org/0009-0003-2339-7215
Email: raichaoktafiani@radenintan.ac.id

KONFLIK KEPENTINGAN

"Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan."

DAFTAR PUSTAKA

[1] D. M. Anggraeni, B. K. Prahani, N. Suprapto, N. Shofiyah, and B. Jatmiko, "Systematic review of problem based learning research in fostering critical thinking skills," Thinking Skills and Creativity, vol. 49, Art. no. 101334, 2023. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101334

[2] N. Aripin, T. Kurniati, Festiyed, Asrizal, S. Diliarosta, and Helendra, "Enhancing critical thinking skills and environmental awareness through problem-based learning: A meta-analytical approach," Jurnal Pendidikan MIPA, vol. 25, no. 3, pp. 1480–1497, 2024. https://doi.org/10.23960/jpmipa/v25i3.pp1480-1497

[3] T. Juliyantika and H. H. Batubara, "Tren penelitian keterampilan berpikir kritis pada jurnal pendidikan dasar di Indonesia," Jurnal Basicedu, vol. 6, no. 3, pp. 4731–4744, 2022. https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i3.2869

[4] Y. Bustami, F. R. E. Wahyuni, and B. Ege, "Pemberdayaan kemampuan berpikir kritis siswa melalui model pembelajaran JiRQA pada pembelajaran biologi," Biosfer: Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi, vol. 8, no. 2, pp. 82–88, 2023. https://doi.org/10.23969/biosfer.v8i2.9964
[5] N. I. L. Mustakim, H. Hambali, and Nurdiyanti, "Pengaruh model pembelajaran problem based learning terhadap kemampuan berpikir kritis siswa pada materi sistem koordinasi," COMPASS: Journal of Education and Counselling, vol. 1, no. 2, pp. 287–292, 2023. https://doi.org/10.58738/compass.v1i2.367
[6] Nurfahrani, L. Hayati, U. Lu'luilmaknun, and N. Kurniati, "Pengaruh model PBL terhadap kemampuan berpikir kritis siswa kelas VIII SMPN 23 Mataram," Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan, vol. 8, no. 4, pp. 2403–2407, 2023. https://doi.org/10.29303/jipp.v8i4.1831
[7] J. S. Bureau, J. L. Howard, J. X. Y. Chong, and F. Guay, "Pathways to student motivation: A meta-analysis of antecedents of autonomous and controlled motivations," Review of Educational Research, vol. 92, no. 1, pp. 46–72, 2022. https://doi.org/10.3102/00346543211042426
[8] J. L. Howard, J. Bureau, F. Guay, J. X. Y. Chong, and R. M. Ryan, "Student motivation and associated outcomes: A meta-analysis from self-determination theory," Perspectives on Psychological Science, vol. 16, no. 6, pp. 1300–1323, 2021. https://doi.org/10.1177/1745691620966789
[9] R. M. Ryan and E. L. Deci, "Intrinsic and extrinsic motivation from a self-determination theory perspective: Definitions, theory, practices, and future directions," Contemporary Educational Psychology, vol. 61, Art. no. 101860, 2020. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101860
[10] D. H. Schunk and M. K. DiBenedetto, "Motivation and social cognitive theory," Contemporary Educational Psychology, vol. 60, Art. no. 101832, 2020. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2019.101832
[11] L. S. Morris, M. M. Grehl, S. B. Rutter, M. Mehta, and M. L. Westwater, "On what motivates us: A detailed review of intrinsic v. extrinsic motivation," Psychological Medicine, vol. 52, no. 10, pp. 1801–1816, 2022. https://doi.org/10.1017/S0033291722001611
[12] L. Wijnia, G. Noordzij, L. R. Arends, R. M. J. P. Rikers, and S. M. M. Loyens, "The effects of problem-based, project-based, and case-based learning on students' motivation: A meta-analysis," Educational Psychology Review, vol. 36, Art. no. 29, 2024. https://doi.org/10.1007/s10648-024-09864-3
[13] N. M. Ardoin, A. W. Bowers, and E. Gaillard, "Environmental education outcomes for conservation: A systematic review," Biological Conservation, vol. 241, Art. no. 108224, 2020. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108224
[14] M. C. Monroe, R. R. Plate, A. Oxarart, A. Bowers, and W. A. Chaves, "Identifying effective climate change education strategies: A systematic review of the research," Environmental Education Research, vol. 25, no. 6, pp. 791–812, 2019. https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1360842
[15] D. Rousell and A. Cutter-Mackenzie-Knowles, "A systematic review of climate change education: Giving children and young people a 'voice' and a 'hand' in redressing climate change," Children's Geographies, vol. 18, no. 2, pp. 191–208, 2020. https://doi.org/10.1080/14733285.2019.1614532
[16] I. Anugraheni, "Meta analisis model pembelajaran problem based learning dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis di sekolah dasar," Polyglot: Jurnal Ilmiah, vol. 14, no. 1, pp. 9–18, 2018. https://doi.org/10.19166/pji.v14i1.789
[17] J. Purnama, Nehru, F. B. Pujaningsih, and C. Riantoni, "Studi literatur model problem based learning terhadap kemampuan pemecahan masalah siswa," Edumaspul: Jurnal

Pendidikan, vol. 5, no. 2, pp. 272–277, 2021. https://doi.org/10.33487/edumaspul.v5i2.1687
[18] T. Su, J. Liu, L. Meng, Y. Luo, Q. Ke, and L. Xie, "The effectiveness of problem-based learning (PBL) in enhancing critical thinking skills in medical education: A systematic review and meta-analysis," Frontiers in Education, vol. 10, Art. no. 1565556, 2025. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1565556
[19] C. Hermawan, "Pengaruh problem-based learning (PBL) terhadap keterampilan berpikir kritis siswa SMA pada materi perubahan lingkungan," Biology Teaching and Learning, vol. 5, no. 2, 2022. https://doi.org/10.35580/btl.v5i2.41840
[20] Ngatiyem, "Penerapan pembelajaran problem based learning untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa," ACTION: Jurnal Inovasi Penelitian Tindakan Kelas dan Sekolah, vol. 1, no. 2, pp. 149–157, 2021. https://doi.org/10.51878/action.v1i2.637
[21] R. Imanda, S. Alvina, S. Setiawaty, and R. Hartati, "Penggunaan handout terhadap hasil belajar siswa pada konsep kelarutan dan hasil kali kelarutan di SMA 6 Banda Aceh," KATALIS: Jurnal Penelitian Kimia dan Pendidikan Kimia, vol. 4, no. 1, pp. 9–13, 2021. https://doi.org/10.33059/katalis.v4i1.3138
[22] Jauharati, Hardiansyah, and B. Halang, "Pengembangan handout berbasis Flip HTML5 pada materi sistem peredaran darah untuk siswa kelas XI SMA," JUPEIS: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Sosial, vol. 1, no. 3, pp. 140–151, 2022. https://doi.org/10.55784/jupeis.Vol1.Iss3.159
[23] P. Lestari, Khairuna, and Z. Herni, "Pengembangan handout terintegrasi paradigma Wahdatul Ulum pada materi sistem pernapasan untuk meningkatkan hasil belajar siswa MAS Al-Falah," Jurnal Binomial, vol. 7, no. 1, pp. 13–24, 2024. https://doi.org/10.46918/bn.v7i1.2187
[24] Asminah, K. Ningsih, and E. S. Wahyuni, "Pengembangan perangkat pembelajaran berbasis problem based learning terhadap kemampuan berpikir kritis siswa," Jurnal Penelitian Sains dan Pendidikan, vol. 2, no. 2, pp. 113–124, 2022. https://doi.org/10.23971/jpsp.v2i2.4020
[25] N. Fadilah, S. Suhartini, and S. Aloysius, "Fostering critical thinking: Designing problem-based learning student worksheet on environmental change topic," JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia), vol. 10, no. 1, pp. 291–298, 2024. https://doi.org/10.22219/jpbi.v10i1.30931
[26] R. Handika Putra, Asrial, and J. Marzal, "Pengembangan rencana pelaksanaan pembelajaran model problem based learning daring untuk meningkatkan motivasi belajar siswa materi perubahan lingkungan," Biodik, vol. 7, no. 1, pp. 84–94, 2021. https://doi.org/10.22437/bio.v7i01.11775
[27] D. Maulina, M. A. Priadi, Viyanti, A. P. Wijaya, E. S. Ibrilia, and Y. P. Nurhadian, "Video-assisted problem based learning model to improve students' critical thinking skills in environmental pollution," Jurnal Pendidikan MIPA, vol. 25, no. 1, pp. 486–495, 2024. https://doi.org/10.23960/jpmipa/v25i1.pp486-495
[28] N. D. Sari, W. Isnaeni, and Ellianawati, "The effectiveness of E-LKPD on environmental pollution material based on PBL (problem based learning) to improve students' critical thinking skills," Unnes Science Education Journal, vol. 13, no. 3, pp. 267–273, 2024. https://doi.org/10.15294/usej.v13i3.16983
[29] Y. Mulyati, N. N. Ula, S. Hasan, N. E. Putri, A. Ardiansyah, and N. D. A. Winarmi, "Enhancing students' motivation and critical thinking through problem-based science magazines in ecology and biodiversity learning," Indonesian Journal of Biology Education, vol. 8, no. 1, pp. 35–48, 2025. https://doi.org/10.31002/ijobe.v8i1.2833
[30] Y. Dirgari, R. G. P. Panjaitan, and A. Kusmawati, "Penerapan problem based learning untuk meningkatkan motivasi belajar siswa pada materi ekosistem," Jurnal Pendidikan

Informatika dan Sains, vol. 12, no. 1, pp. 56–65, 2023. https://doi.org/10.31571/saintek.v12i1.5688
[31] A. Astuti, Masiah, and S. Nurhidayati, “Pengaruh model pembelajaran problem based learning dengan mind mapping terhadap motivasi dan hasil belajar siswa di SMA Negeri 1 Sekongkang,” Educatoria: Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan, vol. 5, no. 3, pp. 151–160, 2025. https://doi.org/10.36312/educatoria.v5i3.488
[32] F. Mustika Piliang, I. R. Purba, and F. Sinaga, “Motivasi dan hasil belajar siswa kelas X pada materi ekosistem melalui pembelajaran berbasis masalah (PBL),” Jurnal Metabio, vol. 6, no. 1, pp. 1–12, 2024. https://doi.org/10.36985/9taycc93
[33] L. Y. Amin, Mohzana, and Aminah, “Memperkuat kemampuan siswa melalui model problem based learning dalam menulis teks diskusi,” Jurnal Kajian Bahasa, Sastra dan Pengajaran (KIBASP), vol. 7, no. 1, pp. 295–310, 2023. https://doi.org/10.31539/kibasp.v7i1.6873
[34] M. Harefa, N. K. Lase, and N. A. Zega, “Deskripsi minat dan motivasi belajar siswa pada pembelajaran biologi,” Educativo: Jurnal Pendidikan, vol. 1, no. 2, pp. 381–389, 2022. https://doi.org/10.56248/educativo.v1i2.65
[35] J. K. Flake and E. I. Fried, “Measurement schmeasurement: Questionable measurement practices and how to avoid them,” Advances in Methods and Practices in Psychological Science, vol. 3, no. 4, pp. 456–465, 2020. https://doi.org/10.1177/2515245920952393
[36] D. C. Funder and D. J. Ozer, “Evaluating effect size in psychological research: Sense and nonsense,” Advances in Methods and Practices in Psychological Science, vol. 2, no. 2, pp. 156–168, 2019. https://doi.org/10.1177/2515245919847202
[37] D. Lakens, “Sample size justification,” Collabra: Psychology, vol. 8, no. 1, Art. no. 33267, 2022. https://doi.org/10.1525/collabra.33267
[38] A. F. Hayes and J. J. Coutts, “Use omega rather than Cronbach's alpha for estimating reliability. But…,” Communication Methods and Measures, vol. 14, no. 1, pp. 1–24, 2020. https://doi.org/10.1080/19312458.2020.1718629
[39] E. Knekta, C. Runyon, and S. Eddy, “One size doesn't fit all: Using factor analysis to gather validity evidence when using surveys in your research,” CBE—Life Sciences Education, vol. 18, no. 1, Art. no. rm1, 2019. https://doi.org/10.1187/cbe.18-04-0064
[40] D. McNeish, “Thanks coefficient alpha, we'll take it from here,” Psychological Methods, vol. 23, no. 3, pp. 412–433, 2018. https://doi.org/10.1037/met0000144
[41] K. S. Taber, “The use of Cronbach's alpha when developing and reporting research instruments in science education,” Research in Science Education, vol. 48, pp. 1273–1296, 2018. https://doi.org/10.1007/s11165-016-9602-2
[42] M. S. Ben-Shachar, D. Lüdecke, and D. Makowski, “effectsize: Estimation of effect size indices and standardized parameters,” Journal of Open Source Software, vol. 5, no. 56, Art. no. 2815, 2020. https://doi.org/10.21105/joss.02815
[43] P. Guo, N. Saab, L. S. Post, and W. Admiraal, “A review of project-based learning in higher education: Student outcomes and measures,” International Journal of Educational Research, vol. 102, Art. no. 101586, 2020. https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101586