Charm Sains Jurnal Pendidikan Fisika
Volume 7, Nomor 3, 31 Oktober 2026 : 342-351 E-ISSN 2722-5860

Pengaruh *Problem-Based Learning* Terintegrasi Kegiatan Laboratorium terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik

The Effect of Laboratory Activity-Integrated Problem-Based Learning on Students' Critical Thinking Skills

Anita Arruan Langi*, Muhammad Arsyad, A. Sri Astika Wahyuni
Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Makassar, Makassar 90222 Indonesia
*Corresponding author. email: anitaarruanlangi17@gmail.com

Diterima : 15/08/2026; Direvisi : 19/10/2026; Disetujui : 30/10/2026 ; Diterbitkan : 31/10/2026

ABSTRAK
Kemampuan berpikir kritis merupakan kompetensi penting dalam pembelajaran fisika karena peserta didik dituntut menganalisis fenomena, mengevaluasi bukti, memecahkan masalah, dan merumuskan kesimpulan secara logis. Kenyataannya, kemampuan tersebut belum berkembang optimal pada peserta didik kelas XI SMAN 14 Makassar meskipun pembelajaran *Discovery Learning* telah diterapkan. Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan kemampuan berpikir kritis peserta didik yang dibelajarkan dengan *Problem-Based Learning* terintegrasi kegiatan laboratorium dan dengan *Discovery Learning*, mengetahui perbedaan kemampuan berpikir kritis antara kedua kelompok, serta mengetahui pengaruh *Problem-Based Learning* terintegrasi kegiatan laboratorium terhadap kemampuan berpikir kritis. Ruang lingkup penelitian mencakup materi suhu dan kalor pada semester genap tahun ajaran 2024/2025. Penelitian kuasi-eksperimen ini menggunakan desain *Nonequivalent Control Group Design* dengan sampel 70 peserta didik yang terbagi atas kelas eksperimen dan kelas kontrol, masing-masing 35 orang. Data dikumpulkan melalui tes esai yang telah divalidasi dan memiliki reliabilitas tinggi, kemudian dianalisis secara deskriptif dan inferensial. Hasil penelitian menunjukkan bahwa skor rata-rata kelas eksperimen meningkat dari 44,14 menjadi 86,68, sedangkan kelas kontrol meningkat dari 35,97 menjadi 59,91. Sebanyak 71,43% peserta didik kelas eksperimen mencapai kategori sedang hingga sangat tinggi, sedangkan pada kelas kontrol hanya 28,57%. Terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok sehingga *Problem-Based Learning* terintegrasi kegiatan laboratorium berpengaruh positif terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik. Implikasinya, model ini layak diterapkan guru fisika secara konsisten dengan dukungan fasilitas laboratorium yang memadai.
Kata kunci : berpikir kritis, *discovery learning*, kegiatan laboratorium, pembelajaran fisika, *problem-based learning*

ABSTRACT
Critical thinking is an essential competency in physics learning because students are required to analyze phenomena, evaluate evidence, solve problems, and draw logical conclusions. In practice, this competency has not developed optimally among Grade XI students at SMAN 14 Makassar, although Discovery Learning has been implemented. This study aimed to describe the critical thinking skills of students taught through Problem-Based Learning integrated with laboratory activities and through Discovery Learning, to determine the difference in critical thinking skills between the two groups, and to determine the effect of Problem-Based Learning integrated with laboratory activities on critical thinking skills. The scope of the study covered temperature and heat topics in the even semester of the 2024/2025 academic year. This quasi-experimental study employed a Nonequivalent Control Group Design involving 70 students divided into an experimental class and a control class of 35 students each. Data were collected using a validated essay test with high reliability and analyzed descriptively and inferentially. The results showed that the mean score of the experimental class increased from 44.14 to 86.68, while that of the control class increased from 35.97 to 59.91. A total of 71.43% of students in the experimental class reached the moderate to very high categories, compared with only 28.57% in the control class. A significant difference was found between the two groups; therefore, Problem-Based Learning integrated with laboratory activities had a positive effect on students' critical thinking skills. These findings imply that physics teachers should apply the model consistently with adequate laboratory support.
Keywords: *critical thinking, discovery learning, laboratory activities, physics learning, problem-based learning*

 Doi: https://doi.org/10.67006/charmsains.v7i3.781

1. PENDAHULUAN

Pendidikan menuntut proses pembelajaran yang mampu mengembangkan kapasitas peserta didik dalam memahami konsep, mengevaluasi informasi, merumuskan argumen, dan memecahkan masalah secara sistematis. Kemampuan berpikir kritis menjadi salah satu kompetensi utama yang perlu dikembangkan dalam pembelajaran sains. Adam (2026) menunjukkan bahwa pembelajaran inkuiri terbimbing yang didukung paket buku elektronik terintegrasi dapat memperkuat prestasi belajar dan kemampuan berpikir kritis peserta didik melalui aktivitas belajar yang terstruktur. Misbah (2024) melaporkan bahwa pendekatan laboratorium inkuiri berbasis argumentasi pada materi fisika fluida mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah melalui kegiatan investigasi dan penalaran ilmiah. Indrasari (2022) juga mengidentifikasi keterampilan berpikir tingkat tinggi sebagai komponen penting praktikum fisika karena kegiatan praktikum menuntut peserta didik menganalisis hasil pengamatan, menafsirkan bukti, dan merumuskan kesimpulan.

Pembelajaran fisika semestinya membawa peserta didik melampaui hafalan rumus menuju kemampuan menganalisis fenomena dan menerapkan konsep pada masalah autentik. Haris (2024) menemukan bahwa model *flipped classroom* berbasis pengetahuan dapat meningkatkan hasil belajar fisika karena memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mempersiapkan, mengolah, dan mendiskusikan materi secara lebih aktif. Malchenko (2025) menegaskan bahwa pembelajaran berbasis kompetensi pada astrofisika dan astronomi mendukung perkembangan kompetensi ilmiah melalui aktivitas yang menghubungkan pengetahuan konseptual dengan tugas analitis. Benyamin (2024) menunjukkan bahwa keterlibatan dan keterampilan pemecahan masalah berkontribusi terhadap prestasi akademik peserta didik jenjang sekolah menengah atas. Dengan demikian, pembelajaran fisika yang efektif perlu menyediakan kesempatan bagi peserta didik untuk menyelidiki masalah, mengevaluasi bukti, dan menyusun solusi yang berlandaskan konsep ilmiah.

Problem-Based Learning (PBL) merupakan kerangka pembelajaran yang relevan karena peserta didik dihadapkan pada masalah bermakna yang menuntut penyelidikan, penalaran, dan pengembangan solusi. Kabilan (2024) menjelaskan bahwa penerapan PBL memberikan kesempatan terstruktur bagi peserta didik untuk menghadapi masalah autentik dan menerapkan pengetahuan dalam proses pemecahan masalah. Noris (2023) membuktikan bahwa PBL yang didukung media laboratorium virtual dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik sekolah menengah pertama melalui kegiatan ilmiah yang berorientasi masalah. Efektivitas PBL dalam fisika dapat diperkuat melalui kegiatan laboratorium yang memberikan pengalaman langsung dalam mengamati fenomena, mengumpulkan bukti, menganalisis hasil, dan menarik kesimpulan. Digarbayeva (2024) menemukan bahwa pelatihan laboratorium meningkatkan keterampilan profesional dengan menghubungkan pengetahuan teoretis dengan pengalaman empiris, sedangkan Zhang (2024) dan Sequeira (2025) menunjukkan bahwa eksperimen laboratorium berbasis inkuiri dan pendekatan laboratorium berbasis STEAM melibatkan peserta didik dalam prosedur eksperimen, analisis kuantitatif, dan interpretasi bukti ilmiah.

Hasil observasi awal dan wawancara dengan guru fisika di SMAN 14 Makassar menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis peserta didik belum berkembang optimal. Guru telah menerapkan model *Discovery Learning*, tetapi sebagian peserta didik masih cenderung menerima penjelasan tanpa menelaah konsep secara mendalam dan mengalami kesulitan ketika menjawab soal esai yang menuntut analisis, penalaran logis, interpretasi, dan pemecahan masalah secara sistematis. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara penerapan model pembelajaran aktif dan kemampuan nyata peserta didik dalam menunjukkan keterampilan berpikir kritis pada tugas fisika yang kompleks.

Kajian terdahulu tentang pembelajaran berbasis laboratorium dan praktikum telah dilakukan dalam berbagai konteks, antara lain laboratorium virtual dan simulasi (De Lorenzis, 2024; Liu, 2025; Xiang, 2024), perancangan mata kuliah laboratorium (Mohalley-Snedeker, 2022; Sonbuchner, 2025; Suthar, 2024), pembelajaran inkuiri dan proyek (Cao, 2024; Garofalo, 2025; Luska, 2023; Turner, 2023), pembelajaran berbasis permainan (Crestani, 2025; Kavanaugh, 2022; Trčková, 2025), pembelajaran *flipped* (Chaturvedi, 2022; Yao, 2025), serta pembelajaran eksperiensial dan STEM (Fasciolo, 2025; Gao, 2026; Laiskhanov, 2026; Shryock, 2023; Snyder,

 Doi: https://doi.org/10.67006/charmsains.v7i3.781

2026). Sebagian besar kajian tersebut dilaksanakan di pendidikan tinggi dan di luar konteks pembelajaran fisika sekolah menengah atas. Kajian yang secara khusus memadukan PBL dengan kegiatan laboratorium langsung sebagai satu kerangka pembelajaran fisika di kelas XI masih terbatas. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi pemecahan masalah autentik dengan penyelidikan laboratorium langsung pada materi suhu dan kalor, sehingga peserta didik memperoleh pengalaman berurutan mulai dari identifikasi masalah, perumusan hipotesis, penyelidikan eksperimental, analisis bukti, perumusan solusi, hingga penarikan kesimpulan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) mendeskripsikan kemampuan berpikir kritis peserta didik yang dibelajarkan dengan PBL terintegrasi kegiatan laboratorium; (2) mendeskripsikan kemampuan berpikir kritis peserta didik yang dibelajarkan dengan *Discovery Learning*; (3) mengetahui perbedaan kemampuan berpikir kritis antara kedua kelompok; dan (4) mengetahui pengaruh PBL terintegrasi kegiatan laboratorium terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik. Pembanding *Discovery Learning* dipilih karena model tersebut telah diterapkan di sekolah, sehingga hasil penelitian diharapkan menjadi dasar berbasis bukti dalam memilih strategi pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik dan karakteristik pembelajaran sains. Hipotesis penelitian ini adalah terdapat perbedaan kemampuan berpikir kritis yang signifikan antara peserta didik yang dibelajarkan dengan PBL terintegrasi kegiatan laboratorium dan peserta didik yang dibelajarkan dengan *Discovery Learning*.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis kuasi-eksperimen (*quasi-experimental design*). Desain kuasi-eksperimen memungkinkan peneliti menguji pengaruh suatu perlakuan melalui perbandingan antarkelompok ketika penempatan individu secara acak penuh sulit dilakukan (Sugiyono, 2016). Penelitian kuantitatif eksperimental menggunakan data numerik dan prosedur statistik untuk menguji perbedaan yang timbul akibat perlakuan tertentu (Creswell & Creswell, 2018), sehingga diperlukan data terukur yang diperoleh melalui instrumen yang sistematis (Arikunto, 2010).

Desain, Tempat, dan Subjek Penelitian

Penelitian dilaksanakan di SMAN 14 Makassar pada semester genap tahun ajaran 2024/2025. Populasi penelitian adalah peserta didik kelas XI SMAN 14 Makassar. Sampel penelitian terdiri atas dua kelas yang dipilih dengan teknik *simple random sampling*, yaitu kelas XI.5 sebagai kelas eksperimen (35 peserta didik) yang dibelajarkan dengan PBL terintegrasi kegiatan laboratorium dan kelas XI.3 sebagai kelas kontrol (35 peserta didik) yang dibelajarkan dengan *Discovery Learning*. Desain yang digunakan adalah *Nonequivalent Control Group Design* sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Desain Penelitian *Nonequivalent Control Group Design*

Kelas	*Pretest*	Perlakuan	*Posttest*
Eksperimen (XI.5)	O_1	X_1	O_2
Kontrol (XI.3)	O_3	X_2	O_4

Keterangan: O_1 dan O_3 adalah *pretest*; O_2 dan O_4 adalah *posttest*; X_1 adalah perlakuan PBL terintegrasi kegiatan laboratorium; X_2 adalah pembelajaran *Discovery Learning*.

Prosedur Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam tiga tahap, yaitu persiapan, pelaksanaan, dan akhir. Tahap persiapan meliputi observasi sekolah, identifikasi fasilitas laboratorium, penyusunan instrumen tes esai kemampuan berpikir kritis, validasi ahli, revisi instrumen, dan uji coba empiris kepada 32 responden. Tahap pelaksanaan terdiri atas satu kali *pretest*, lima kali pertemuan pembelajaran, dan satu kali *posttest*. Materi yang dibelajarkan meliputi suhu, kalor, asas Black dan kalor laten, pemuaian, serta perpindahan kalor. Kelas eksperimen mengikuti tahapan orientasi peserta didik pada masalah kontekstual, pengorganisasian kelompok, penyelidikan melalui kegiatan laboratorium, pengembangan dan penyajian hasil, serta analisis dan evaluasi proses pemecahan masalah. Kelas kontrol mengikuti tahapan *Discovery Learning*, yaitu stimulasi, identifikasi

 Doi: https://doi.org/10.67006/charmsains.v7i3.781

masalah, pengumpulan data, pengolahan data, verifikasi, dan generalisasi. Tahap akhir meliputi pemberian *posttest*, pemeriksaan kelengkapan data, pengolahan data, dan penyusunan laporan penelitian.

Instrumen Penelitian

Variabel bebas penelitian adalah model pembelajaran, sedangkan variabel terikat adalah kemampuan berpikir kritis, yang secara operasional didefinisikan sebagai skor peserta didik pada tes esai yang mengukur lima indikator, yaitu memberikan penjelasan sederhana, membangun keterampilan dasar, menyimpulkan, memberikan penjelasan lebih lanjut, serta mengatur strategi dan taktik. Validitas isi diuji melalui penilaian ahli menggunakan koefisien validitas Gregory (Gregory, 2014) dengan hasil 0,86, sehingga memenuhi kriteria minimal 0,75. Validitas empiris diuji menggunakan korelasi *product moment* (Sugiyono, 2016) terhadap 15 butir soal dan menghasilkan 11 butir valid serta 4 butir tidak valid. Selanjutnya dipilih 10 butir yang mewakili lima indikator, masing-masing dua butir. Reliabilitas instrumen diuji menggunakan *Cronbach's Alpha* dan menghasilkan koefisien 0,722 yang termasuk kategori tinggi, sehingga instrumen layak digunakan (Arikunto, 2010).

Teknik Analisis Data

Data dianalisis secara deskriptif dan inferensial. Analisis deskriptif meliputi skor maksimum, skor minimum, rata-rata, varians, standar deviasi, dan kategorisasi skor kemampuan berpikir kritis berdasarkan rentang skor ideal 0–165 sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 2. Analisis inferensial diawali dengan uji prasyarat berupa uji normalitas *Shapiro-Wilk* dan uji homogenitas varians. Karena data tidak memenuhi asumsi homogenitas, pengujian hipotesis dilakukan menggunakan uji nonparametrik *Mann-Whitney U* untuk dua sampel independen pada taraf signifikansi (α) = 0,05 dengan bantuan *SPSS 27* (Sugiyono, 2016). Hipotesis nol ditolak apabila nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05.

Tabel 2. Kategori Skor Kemampuan Berpikir Kritis

No	Interval Skor	Kategori
1	133–165	Sangat Tinggi
2	100–132	Tinggi
3	67–99	Sedang
4	34–66	Rendah
5	0–33	Sangat Rendah

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian disajikan sesuai dengan empat tujuan penelitian, yaitu deskripsi kemampuan berpikir kritis kelas eksperimen, deskripsi kemampuan berpikir kritis kelas kontrol, perbedaan kemampuan berpikir kritis antara kedua kelas, serta pengaruh perlakuan terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik.

Deskripsi kemampuan berpikir kritis peserta didik.

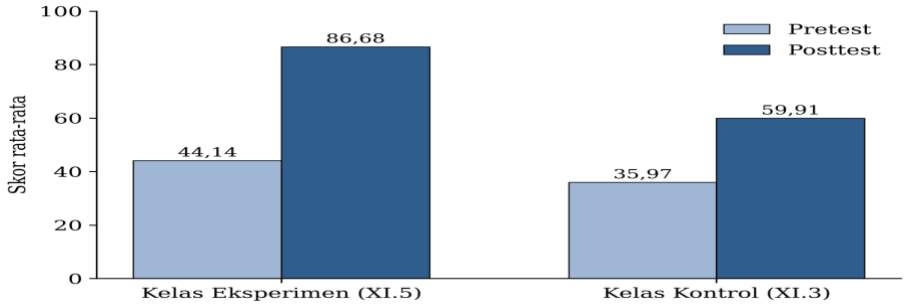
Statistik deskriptif skor kemampuan berpikir kritis peserta didik pada kelas eksperimen dan kelas kontrol, baik sebelum maupun sesudah perlakuan, dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Statistik Deskriptif Skor Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik

Statistik	*Pretest* Eksperimen	*Posttest* Eksperimen	*Pretest* Kontrol	*Posttest* Kontrol
Jumlah sampel (n)	35	35	35	35
Skor ideal maksimum	165	165	165	165
Skor ideal minimum	0	0	0	0
Skor maksimum	71	145	71	112
Skor minimum	21	34	10	30
Rata-rata	44,14	86,68	35,97	59,91
Varians	139,89	776,00	218,09	309,55
Standar deviasi	11,83	27,86	14,77	17,59

Doi: https://doi.org/10.67006/charmsains.v7i3.781

Tabel 3 menunjukkan bahwa sebelum perlakuan kedua kelas memiliki kemampuan berpikir kritis yang relatif rendah dibandingkan skor ideal maksimum 165. Skor rata-rata *pretest* kelas eksperimen sebesar 44,14 dan kelas kontrol sebesar 35,97. Setelah perlakuan, skor rata-rata kelas eksperimen meningkat menjadi 86,68 atau naik 42,54 poin, sedangkan kelas kontrol meningkat menjadi 59,91 atau naik 23,94 poin. Selisih peningkatan antara kedua kelas mencapai 18,60 poin. Skor maksimum kelas eksperimen meningkat dari 71 menjadi 145 dan skor minimum dari 21 menjadi 34, sedangkan pada kelas kontrol skor maksimum meningkat dari 71 menjadi 112 dan skor minimum dari 10 menjadi 30. Standar deviasi kelas eksperimen meningkat dari 11,83 menjadi 27,86, yang menandakan sebaran skor yang lebih lebar setelah perlakuan karena tingkat peningkatan setiap peserta didik tidak sama. Perbandingan skor rata-rata kedua kelas dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Perbandingan Skor Rata-rata *Pretest* dan *Posttest* Kemampuan Berpikir Kritis

Distribusi kategori kemampuan berpikir kritis kelas eksperimen sebelum dan sesudah perlakuan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Distribusi Kategori Kemampuan Berpikir Kritis Kelas Eksperimen

Interval Skor	Kategori	Frekuensi *Pretest*	Persentase *Pretest* (%)	Frekuensi *Posttest*	Persentase *Posttest* (%)
133–165	Sangat Tinggi	0	0,00	3	8,57
100–132	Tinggi	0	0,00	8	22,86
67–99	Sedang	2	5,71	14	40,00
34–66	Rendah	29	82,86	10	28,57
0–33	Sangat Rendah	4	11,43	0	0,00
	Jumlah	35	100,00	35	100,00

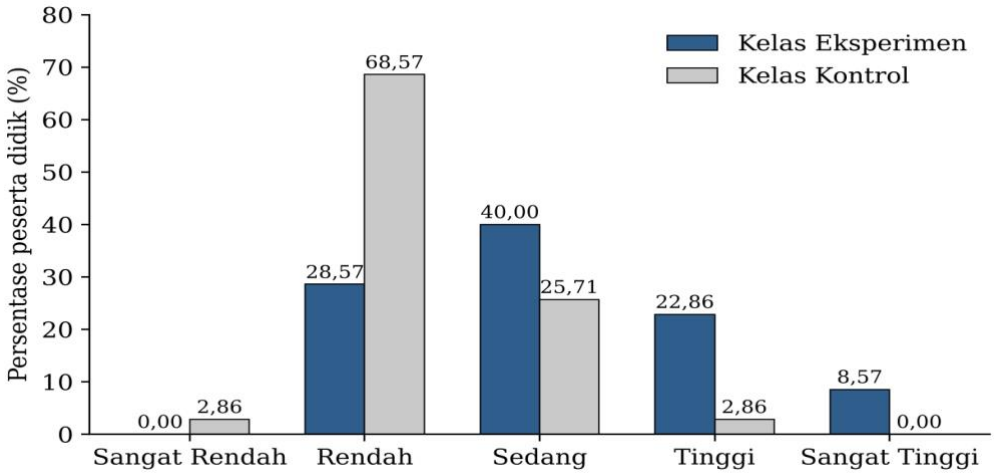
Tabel 4 menunjukkan bahwa sebelum perlakuan sebagian besar peserta didik kelas eksperimen berada pada kategori rendah (82,86%) dan sangat rendah (11,43%), dan tidak ada peserta didik yang mencapai kategori tinggi maupun sangat tinggi. Setelah perlakuan, kategori sangat rendah tidak lagi ditemukan, kategori rendah menurun menjadi 28,57%, sedangkan kategori sedang, tinggi, dan sangat tinggi masing-masing mencapai 40,00%, 22,86%, dan 8,57%. Proporsi peserta didik pada kategori sedang hingga sangat tinggi meningkat dari 5,71% menjadi 71,43%. Distribusi kategori kemampuan berpikir kritis kelas kontrol dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Distribusi Kategori Kemampuan Berpikir Kritis Kelas Kontrol

Interval Skor	Kategori	Frekuensi *Pretest*	Persentase *Pretest* (%)	Frekuensi *Posttest*	Persentase *Posttest* (%)
133–165	Sangat Tinggi	0	0,00	0	0,00
100–132	Tinggi	0	0,00	1	2,86
67–99	Sedang	2	5,71	9	25,71
34–66	Rendah	19	54,29	24	68,57
0–33	Sangat Rendah	14	40,00	1	2,86
	Jumlah	35	100,00	35	100,00

 Doi: https://doi.org/10.67006/charmsains.v7i3.781

Tabel 5 menunjukkan bahwa sebelum perlakuan peserta didik kelas kontrol didominasi kategori rendah (54,29%) dan sangat rendah (40,00%). Setelah pembelajaran *Discovery Learning*, kategori sedang meningkat menjadi 25,71% dan muncul satu peserta didik pada kategori tinggi (2,86%), tetapi kategori rendah tetap mendominasi dengan 68,57%. Proporsi peserta didik pada kategori rendah dan sangat rendah berkurang dari 94,29% menjadi 71,43%. Perbandingan distribusi kategori *posttest* kedua kelas dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Distribusi Kategori *Posttest* Kemampuan Berpikir Kritis Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Uji hipotesis.

Hasil uji prasyarat menunjukkan bahwa data skor *posttest* tidak memenuhi asumsi homogenitas varians dengan nilai signifikansi 0,007 < 0,05, sehingga pengujian hipotesis dilakukan menggunakan uji *Mann-Whitney U*. Hasil uji *Mann-Whitney U* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji *Mann-Whitney U* Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik

Statistik Uji	Nilai
Mann-Whitney U	263,500
Wilcoxon W	893,500
Z	−4,102
Asymp. Sig. (2-tailed)	< 0,001
Taraf signifikansi (α)	0,05
Keputusan	H_0 ditolak

Tabel 6 menunjukkan nilai *Mann-Whitney U* sebesar 263,500, *Wilcoxon W* sebesar 893,500, dan *Z* sebesar −4,102 dengan nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)* < 0,001. Nilai signifikansi tersebut lebih kecil dari 0,05 sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima. Dengan demikian, terdapat perbedaan yang signifikan antara kemampuan berpikir kritis peserta didik yang dibelajarkan dengan PBL terintegrasi kegiatan laboratorium dan peserta didik yang dibelajarkan dengan *Discovery Learning*.

Pembahasan

Temuan pertama menunjukkan bahwa PBL terintegrasi kegiatan laboratorium diikuti peningkatan kemampuan berpikir kritis yang besar, baik dari sisi skor rata-rata maupun pergeseran kategori. Hilangnya kategori sangat rendah dan munculnya kategori tinggi serta sangat tinggi menunjukkan bahwa peningkatan tidak hanya dialami peserta didik yang sejak awal memiliki kemampuan lebih baik. Temuan ini sejalan dengan Noris (2023) yang melaporkan bahwa PBL yang didukung media laboratorium meningkatkan kemampuan berpikir kritis melalui kegiatan penyelidikan dan pemecahan masalah, serta Misbah (2024) yang menemukan bahwa kegiatan laboratorium berbasis inkuiri dan argumentasi mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Peningkatan tersebut konsisten dengan karakteristik perlakuan, karena peserta didik menghadapi masalah kontekstual, bekerja secara kolaboratif, melakukan

 Doi: https://doi.org/10.67006/charmsains.v7i3.781

penyelidikan laboratorium, menafsirkan data eksperimen, menyajikan temuan, dan mengevaluasi solusi.

Temuan kedua menunjukkan bahwa *Discovery Learning* juga diikuti peningkatan skor rata-rata, tetapi sebagian besar peserta didik kelas kontrol masih berada pada kategori rendah. *Discovery Learning* tetap memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk menyelidiki konsep dan menghasilkan temuan melalui eksplorasi (Luska, 2023), dan pembelajaran yang melibatkan peserta didik secara aktif dapat meningkatkan hasil belajar fisika (Haris, 2024). Namun, hasil ini mengindikasikan bahwa sebagian peserta didik masih memerlukan dukungan yang lebih kuat, misalnya melalui masalah autentik dan pengalaman empiris langsung, untuk mencapai tingkat berpikir kritis yang lebih tinggi.

Temuan ketiga dan keempat menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok, dengan kelas eksperimen menunjukkan skor rata-rata *posttest* 26,77 poin lebih tinggi dan proporsi kategori sedang hingga sangat tinggi yang jauh lebih besar dibandingkan kelas kontrol. Kedua model sama-sama melibatkan partisipasi aktif peserta didik, tetapi perlakuan pada kelas eksperimen secara eksplisit menghubungkan pemecahan masalah kontekstual dengan penyelidikan laboratorium langsung. Kabilan (2024) menjelaskan bahwa PBL menata pembelajaran di sekitar masalah bermakna yang menuntut penerapan pengetahuan untuk mengembangkan solusi, sedangkan Digarbayeva (2024) dan Bahaeddin (2026) menunjukkan bahwa pengalaman praktik langsung yang dipadukan dengan pengetahuan akademik memperkuat kompetensi peserta didik. Komponen laboratorium memberikan pengalaman empiris yang memungkinkan peserta didik mengaitkan konsep fisika yang abstrak, seperti asas Black dan perpindahan kalor, dengan fenomena yang dapat diamati, sebagaimana juga ditunjukkan oleh Sequeira (2025) dan Rumain (2024) bahwa kegiatan laboratorium yang terstruktur menghasilkan capaian belajar yang terukur.

Hasil penelitian ini perlu dimaknai dengan mempertimbangkan beberapa keterbatasan. Skor rata-rata *pretest* kelas eksperimen (44,14) lebih tinggi daripada kelas kontrol (35,97), sementara pengujian hipotesis dilakukan terhadap skor *posttest*. Selain itu, sampel terbatas pada dua kelas di satu sekolah dengan materi suhu dan kalor selama lima pertemuan. Oleh karena itu, penelitian lanjutan disarankan menggunakan analisis yang mengendalikan kemampuan awal, misalnya analisis skor peningkatan, serta melibatkan sampel, materi, dan durasi perlakuan yang lebih luas.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa kemampuan berpikir kritis peserta didik kelas XI SMAN 14 Makassar pada awalnya tergolong rendah di kedua kelas. Pembelajaran *Problem-Based Learning* terintegrasi kegiatan laboratorium mampu menggeser sebagian besar peserta didik ke kategori sedang hingga sangat tinggi, sedangkan *Discovery Learning* memberikan peningkatan yang lebih terbatas karena mayoritas peserta didik tetap berada pada kategori rendah. Perbedaan kemampuan berpikir kritis antara kedua kelompok signifikan, sehingga *Problem-Based Learning* terintegrasi kegiatan laboratorium berpengaruh positif terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik. Keunggulan model ini bersumber dari perpaduan masalah kontekstual dengan penyelidikan empiris yang memberi kesempatan berulang bagi peserta didik untuk menganalisis informasi, mengevaluasi bukti, dan menyusun kesimpulan. Guru fisika disarankan menerapkan model ini, terutama pada materi yang menuntut pengamatan dan penyelidikan, dengan dukungan sekolah berupa fasilitas laboratorium yang memadai, sedangkan peneliti selanjutnya disarankan menguji model ini pada sampel, materi, dan durasi perlakuan yang lebih luas dengan mengendalikan kemampuan awal peserta didik.

5. PERNYATAAN KONTRIBUSI PENULIS

Anita Arruan Langi: konseptualisasi, pengembangan instrumen, pelaksanaan penelitian, pengumpulan dan analisis data, serta penyusunan naskah. Muhammad Arsyad: supervisi, validasi instrumen, dan penyuntingan naskah. A. Sri Astika Wahyuni: supervisi, evaluasi, dan peninjauan naskah. Seluruh penulis telah membaca dan menyetujui versi akhir artikel.

 Doi: https://doi.org/10.67006/charmsains.v7i3.781

6. PERNYATAAN PENDANAAN

Penelitian ini tidak menerima pendanaan khusus dari lembaga pendanaan publik, komersial, maupun nirlaba.

7. PERNYATAAN KONFLIK KEPENTINGAN

Para penulis menyatakan tidak terdapat konflik kepentingan yang berkaitan dengan pelaksanaan penelitian maupun penerbitan artikel ini.

8. PERNYATAAN PENGGUNAAN KECERDASAN ARTIFISIAL

Penulis menggunakan Claude (Anthropic) untuk membantu penerjemahan, penyuntingan bahasa, dan penyesuaian format naskah dengan template jurnal. Seluruh keluaran yang dihasilkan telah diperiksa dan diverifikasi oleh penulis. Penulis bertanggung jawab sepenuhnya atas keakuratan, orisinalitas, dan integritas seluruh isi artikel.

9. DAFTAR PUSTAKA

Adam, A. S. (2026). Empowering all-in-one e-book package into guided inquiry learning: Analysis of students' learning achievement and critical thinking skill. *Journal of Science Education and Technology*, *35*(2), 369–383. https://doi.org/10.1007/s10956-025-10253-w

Arikunto, S. (2010). *Prosedur penelitian: Suatu pendekatan praktik* (Edisi revisi). Rineka Cipta.

Bahaeddin, F. (2026). Adopting oriented practical learning with academic knowledge to enhance engineering skills in recycling and sustainable manufacturing. *Engineered Science*, *40*(2), 1–11. https://doi.org/10.30919/es2158

Benyamin. (2024). Studying the student's perceptions of engagement and problem-solving skills for academic achievement in chemistry at the higher secondary level. *Education and Information Technologies*, *29*(7), 8347–8368. https://doi.org/10.1007/s10639-023-12165-x

Cao, J. (2024). Interdisciplinary project-based learning of fine chemical technology for applied chemistry majors: Preparation of high cationic degree cotton-based adsorbent. *Journal of Chemical Education*, *101*(11), 4857–4869. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00788

Chaturvedi, S. (2022). Teach less and practice more: Flipped learning for nursing education. *Proceedings of the 2022 3rd International Conference on Intelligent Computing Instrumentation and Control Technologies (ICICICT 2022)*, 189–192. https://doi.org/10.1109/ICICICT54557.2022.9917815

Crestani, T. B. (2025). Old habits die hard? How to challenge students and professors to rethink the teaching and learning processes in biophysics using escape room-based games. *Advances in Physiology Education*, *49*(3), 817–823. https://doi.org/10.1152/advan.00260.2023

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.

De Lorenzis, F. (2024). Combining virtual reality with asymmetric collaborative learning: A case study in chemistry education. *Smart Learning Environments*, *11*(1), 1–11. https://doi.org/10.1186/s40561-024-00331-8

Digarbayeva, A. (2024). Enhancing the professional skills of future biologists through laboratory training. *Journal of Advanced Academics*, *35*(4), 752–771. https://doi.org/10.1177/1932202X241253448

Fasciolo, B. (2025). Education in I&M: Experiential learning in instrumentation and measurement: Smart green student team project. *IEEE Instrumentation and Measurement Magazine*, *28*(4), 40–45. https://doi.org/10.1109/MIM.2025.11021360

Gao, Z. X. (2026). Perceptions, attitudes, practices, and barriers towards research in standardized training of laboratory medicine trainees: A cross-sectional questionnaire-based survey. *Scientific Reports*, *16*(1), 1–11. https://doi.org/10.1038/s41598-026-42037-6

Garofalo, S. G. (2025). Conceptual understanding of the DNA molecule through model building at the initial learning stage. *Journal of Science Education and Technology*, *34*(1), 88–102. https://doi.org/10.1007/s10956-024-10150-8

Gregory, R. J. (2014). *Psychological testing: History, principles, and applications* (7th ed.). Pearson.

Haris. (2024). Knowledge-based flipped classroom model to improve physics learning outcomes. *Journal of Physics: Conference Series*, *2866*(1), 012108. https://doi.org/10.1088/1742-6596/2866/1/012108

Indrasari, W. (2022). The level of higher-order thinking skills in basic physics practicum. *Journal of Physics: Conference Series*, *2377*(1), 012078. https://doi.org/10.1088/1742-6596/2377/1/012078

Kabilan, S. J. (2024). Implementation of problem-based learning (PBL) approach for computer aided drug designing (CADD) course. *Journal of Engineering Education Transformations*, *38*(1), 166–172. https://doi.org/10.16920/jeet/2024/v38is1/24227

Kavanaugh, R. (2022). Who killed Mr. Brown? A hospital murder mystery in a pharmacy skills course. *Medical Teacher*, *44*(10), 1151–1157. https://doi.org/10.1080/0142159X.2022.2071690

Laiskhanov, S. (2026). Integration of STEM technologies in geography education. *Indonesian Journal of Geography*, *58*(1), 1–14. https://doi.org/10.22146/ijg.104907

Liu, Y. (2025). Design and teaching practice of virtual simulation experiment for controlled blasting in urban underground engineering. *Experimental Technology and Management*, *42*(8), 150–157. https://doi.org/10.16791/j.cnki.sjg.2025.08.019

Luska, K. L. (2023). Transformation of a classic column and thin layer chromatography experiment into a multioutcome, discovery-based activity. *Journal of Chemical Education*, *100*(5), 1980–1989. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c01196

Malchenko, S. L. (2025). Implementation of a competency-based approach in teaching astrophysics and astronomy. *Journal of Physics: Conference Series*, *3105*(1), 012012. https://doi.org/10.1088/1742-6596/3105/1/012012

Misbah, M. (2024). Development of fluid physics e-module based on argumentation-driven inquiry laboratory to develop critical thinking skills and problem-solving abilities in prospective physics teachers. *Journal of Engineering Science and Technology*, *19*(6), 1–8. https://www.scopus.com/inward/record.uri?partnerID=HzOxMe3b&scp=85207027715&origin=inward

Mohalley-Snedeker, J. (2022). Expanding chemical engineering laboratory course design for next-generation engineers. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*, 1–11. https://www.scopus.com/inward/record.uri?partnerID=HzOxMe3b&scp=85138292601&origin=inward

Noris, M. (2023). The development of problem based learning-based virtual laboratory media to improve critical thinking ability of junior high school students. *AIP Conference Proceedings*, *2805*(1), 1–11. https://doi.org/10.1063/5.0147995

Rumain, B. (2024). Students' assessment of learning gains with a POGIL-based experimental psychology laboratory curriculum. *Scholarship of Teaching and Learning in Psychology*, *10*(2), 119–132. https://doi.org/10.1037/stl0000275

Sequeira, C. A. (2025). A STEAM-based laboratory approach: Evaluating vitamin C content with multiple titration and statistical methods. *Journal of Chemical Education*, *102*(7), 3018–3026. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c01414

Shryock, K. J. (2023). Dissolving interdisciplinary barriers in STEM curriculum through unconventional hydrofoil boat educational lab at the college undergraduate level. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*, 1–11. https://www.scopus.com/inward/record.uri?partnerID=HzOxMe3b&scp=85172144843&origin=inward

Snyder, C. (2026). Art of hair bleaching: A scientific exploration. *Journal of Chemical Education*, *103*(4), 2142–2148. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5c01131

Sonbuchner, T. M. (2025). Leveraging micro-credentialing to foster interdisciplinary learning in first-year biology and chemistry lab courses: The DUCKs approach. *Journal of College Science Teaching*, *54*(3), 241–247. https://doi.org/10.1080/0047231X.2024.2416471

Sugiyono. (2016). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.

Suthar, K. J. (2024). Practical exercises of computer-aided process synthesis for chemical engineering undergraduates. *Education for Chemical Engineers*, *48*(1), 31–43. https://doi.org/10.1016/j.ece.2024.04.002

Trčková, K. (2025). Lost in humus: An educational escape game focused on soil analysis. *Journal of Chemical Education*, *102*(7), 3049–3057. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5c00157

Turner, L. G. (2023). Inquiry-guided learning in a food science capstone course. In *Teaching and learning through inquiry: A guidebook for institutions and instructors* (pp. 103–111). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003447351-11

Xiang, Z. (2024). Construction and application of a virtual simulation experimental teaching platform for placental abruption based on Jeffries' nursing simulation teaching theory. *Chinese Journal of Nursing Education*, *21*(8), 938–944. https://doi.org/10.3761/j.issn.1672-9234.2024.08.007

Yao, Q. (2025). Synergising flipped classroom and case-based learning in resource-intensive anatomy education in China: A quasi-experimental study. *BMJ Open*, *15*(11), 1–11. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2025-102001

Zhang, W. (2024). Efficient detection of low-content diamond crystals in sand via X-ray powder diffraction: A guided-inquiry instrumental analysis laboratory experiment. *Journal of Chemical Education*, *101*(10), 4411–4416. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00730

 Doi: https://doi.org/10.67006/charmsains.v7i3.781