

**PENGARUH MODEL *PROBLEM BASED LEARNING* BERBANTUAN
 SIMULASI PhET TERHADAP KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS
 SISWA SMA PADA MATERI FLUIDA STATIS**

The Effect of the Problem-Based Learning Model Assisted by PhET Simulation on High School Students' Critical Thinking Skills in Static Fluid Material

Pande Made Laksmi Puja Rastiti^{1,*}, Rai Sujanem², Ina Yuliana³

^{1,* 2, 3}Universitas Pendidikan Ganesha

^{1*}pande.laksmi@student.undiksha.ac.id, ²rai_sujanem@undiksha.ac.id, ³inay@undiksha.ac.id

Info Artikel: Abstract

Dikirim:
08 Mei 2026
Revisi:
02 Juni 2026
Diterima:
24 Juni 2026

Keyword:

Critical Thinking Skills, PhET Simulation, Problem Based Learning.

Kata Kunci:

Keterampilan Berpikir Kritis, Problem Based Learning, Simulasi PhET.

This study was motivated by students' low critical thinking skills (CTS) and the suboptimal implementation of student-centered learning. Previous studies have generally compared Problem-Based Learning (PBL) assisted by Physics Education Technology (PhET) simulations with Direct Instruction (DI) or compared PBL with DI. However, studies that simultaneously compare PBL assisted by PhET simulations, PBL, and DI while controlling for students' prior knowledge remain limited. Therefore, this study aimed to analyze the effect of PBL assisted by PhET simulations on students' CTS in Static Fluid learning by controlling prior knowledge as a covariate. This study employed a quasi-experimental method with a one-way pretest-posttest nonequivalent control group design involving 101 eleventh-grade students of SMA Negeri 1 Singaraja. The participants were divided into three groups: PBL assisted by PhET simulations, PBL, and DI. The instrument used was a CTS essay test on Static Fluids, and the data were analyzed using Analysis of Covariance (ANCOVA) followed by the Least Significant Difference (LSD) test. The results showed that the highest mean CTS score was achieved by the PBL assisted by PhET simulation group (73.1), followed by the PBL group (64.8) and the DI group (52.0). ANCOVA revealed significant differences among the groups ($p < 0.05$), and the LSD test indicated that the PBL assisted by PhET simulation group differed significantly from both the PBL and DI groups. Therefore, PBL assisted by PhET simulations was more effective in improving students' CTS than PBL and DI.

Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh rendahnya keterampilan berpikir kritis (KBK) siswa serta belum optimalnya pembelajaran yang berpusat pada siswa. Penelitian terdahulu umumnya membandingkan *Problem Based Learning* (PBL) berbantuan simulasi *Physics Education Technology* (PhET) dengan *Direct Instruction* (DI) atau PBL dengan DI, sedangkan penelitian

yang membandingkan PBL berbantuan PhET, PBL, dan DI secara bersamaan dengan mengontrol kemampuan awal siswa masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh model PBL berbantuan simulasi PhET terhadap KBK pada materi Fluida Statis dengan mengontrol kemampuan awal sebagai variabel kovariat. Penelitian ini merupakan kuasi eksperimen dengan desain *one-way pretest-posttest nonequivalent control group* yang melibatkan 101 siswa kelas XI SMA Negeri 1 Singaraja yang dibagi ke dalam tiga kelompok, yaitu PBL berbantuan PhET, PBL, dan DI. Instrumen yang digunakan berupa tes esai KBK pada materi Fluida Statis, sedangkan data dianalisis menggunakan analisis kovarian (ANCOVA) dan uji lanjut LSD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata KBK tertinggi diperoleh kelompok PBL berbantuan PhET (73,1), diikuti PBL (64,8), dan DI (52,0). Analisis kovarian menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar kelompok ($p < 0,05$) serta pengaruh signifikan kemampuan awal terhadap hasil akhir. Uji lanjut LSD menunjukkan bahwa kelompok PBL berbantuan PhET memiliki hasil yang berbeda signifikan dibandingkan kelompok PBL dan DI. Dengan demikian, model PBL berbantuan PhET lebih efektif dalam meningkatkan KBK siswa dibandingkan model PBL dan DI.

© 2026 STKIP Darud Da'wah wal Irsyad Pinrang

I. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia saat ini telah memasuki era industri 5.0 yang menekankan kolaborasi antara manusia dan teknologi dalam berbagai aspek kehidupan. Perkembangan ini turut berdampak pada sistem pendidikan yang dituntut untuk mampu menghasilkan sumber daya manusia yang memiliki kompetensi sesuai kebutuhan abad ke-21. Sejalan dengan Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang sistem Pendidikan Nasional, pendidikan bertujuan untuk mengembangkan siswa agar menjadi individu yang beriman, bertakwa, berakhlak mulia, sehat, berilmu, kreatif, serta bertanggung jawab sebagai warga negara yang demokratis (Depdiknas, 2003). Dalam konteks tersebut, keterampilan berpikir kritis (KBK) menjadi salah satu kompetensi penting yang harus dikembangkan. KBK merupakan bagian dari berpikir tingkat tinggi yang melibatkan kemampuan menganalisis, mengevaluasi, serta mengambil keputusan secara rasional (Zulianti, 2024; Dini *et al.*, 2022). Dimensi KBK menurut (Ennis, 2016) terdiri atas: 1) merumuskan masalah; 2) memberikan argumen; 3) melakukan deduksi; 4) melakukan induksi; 5) melakukan evaluasi; 6) memutuskan dan melaksanakan. Kurikulum merdeka juga menempatkan KBK sebagai salah satu capaian utama pembelajaran melalui pendekatan yang berpusat pada siswa dan bersifat kontekstual (Kollo & Suciptaningsih Adhi, 2024). Dalam pembelajaran sains, khususnya fisika, keterampilan ini sangat penting karena siswa dituntut memahami konsep melalui proses ilmiah seperti mengamati, menganalisis, dan menarik kesimpulan (Pieter & Risamasu, 2024).

Namun demikian, kondisi di lapangan menunjukkan bahwa KBK siswa masih tergolong rendah. Hal ini terlihat dari hasil *Programme for International Student Assessment* (PISA) tahun 2022 yang menempatkan Indonesia pada peringkat 65 dari 81 negara dengan skor literasi sains sebesar 383 (OECD, 2023). Rendahnya capaian tersebut menunjukkan bahwa kemampuan siswa dalam memahami dan mengolah informasi secara mendalam masih perlu ditingkatkan. Temuan ini didukung oleh berbagai penelitian yang menyatakan bahwa rendahnya KBK dipengaruhi oleh rendahnya literasi serta kurangnya keterlibatan aktif siswa dalam pembelajaran (Anisa *et al.*, 2021). Rendahnya KBK juga tidak terlepas dari proses pembelajaran yang masih berpusat pada guru. Penggunaan metode ceramah yang dominan menyebabkan siswa kurang terlibat secara aktif

sehingga KBK belum berkembang secara optimal (Aisyah & Gunada, 2024; Deviana *et al.*, 2026). Karakteristik tersebut serupa dengan model *Direct Instruction* (DI), yaitu model pembelajaran yang menekankan pengetahuan prosedural dan deklaratif melalui tahapan yang sistematis (Hunaepi *et al.*, 2014). Model ini memiliki karakteristik yang serupa dengan pembelajaran konvensional, yang didominasi oleh metode ceramah sebagai bentuk komunikasi utama antara guru dan siswa. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara tuntutan keterampilan abad ke-21 dengan praktik pembelajaran di kelas.

Sebagai upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan penerapan model pembelajaran yang berpusat pada siswa, salah satunya adalah *Problem Based Learning* (PBL). Model PBL menekankan penggunaan masalah sebagai stimulus pembelajaran yang mendorong siswa untuk berpikir kritis dalam mencari solusi (Dahri, 2022). Selain itu, karakteristik PBL yang menuntut siswa melakukan penyelidikan, eksplorasi, dan pemecahan masalah menjadikannya sesuai untuk dipadukan dengan media pembelajaran interaktif (Dahri, 2022; Noviyanti *et al.*, 2024). Melalui media interaktif, siswa dapat memperoleh pengalaman belajar yang lebih bermakna dan mendukung proses konstruksi pengetahuan secara mandiri. Salah satu media yang dapat digunakan adalah *Physics Education Technology* (PhET) yang memungkinkan siswa melakukan eksperimen virtual secara interaktif sehingga konsep fisika yang abstrak menjadi lebih mudah dipahami (Utami *et al.*, 2024).

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan model PBL berbantuan simulasi PhET dapat meningkatkan KBK siswa. Deswita *et al.* (2024) melaporkan adanya peningkatan KBK setelah menerapkan model PBL yang ditunjukkan melalui peningkatan skor dari *pretest* sebesar 76,25% menjadi *posttest* 83,75% dengan nilai N-gain sebesar 0,75 yang termasuk kategori cukup efektif. Hasil penelitian Noviyanti *et al.* (2024) menunjukkan bahwa PBL berbantuan media pembelajaran interaktif lebih efektif dibandingkan PBL, yang ditunjukkan oleh rata-rata KBK siswa pada kelas eksperimen sebesar 72,03 lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol sebesar 59,72. Aisyah dan Gunada (2024) juga melaporkan bahwa PBL berbantuan simulasi PhET memberikan peningkatan yang lebih tinggi pada hampir seluruh indikator KBK dibandingkan pembelajaran konvensional. Selain itu, Wilujeng *et al.* (2024) melaporkan bahwa KBK siswa masih tergolong cukup dengan rata-rata sebesar 60,92, sehingga perlu ditingkatkan melalui penerapan model pembelajaran yang lebih inovatif. Sementara itu, Sujanem *et al.* (2022) mengungkapkan bahwa penerapan PBL berbantuan PhET mampu meningkatkan keterlibatan aktif siswa yang berdampak pada peningkatan KBK yang ditunjukkan melalui nilai N-gain sebesar 0,6 dalam kategori sedang.

Meskipun berbagai penelitian menunjukkan bahwa PBL berbantuan simulasi PhET efektif meningkatkan KBK siswa, penelitian sebelumnya umumnya hanya membandingkan PBL berbantuan simulasi PhET dengan pembelajaran konvensional atau membandingkan PBL dengan DI. Dengan demikian, belum ditemukan penelitian yang membandingkan PBL berbantuan simulasi PhET, PBL, dan DI dalam satu penelitian untuk mengkaji efektivitas relatif masing-masing model terhadap KBK siswa. Selain itu, sebagian besar penelitian sebelumnya belum mempertimbangkan kemampuan awal siswa sebagai variabel kovariat dalam analisis data. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki kebaruan pada perbandingan tiga model pembelajaran, yaitu PBL berbantuan simulasi PhET, PBL, dan DI, serta penggunaan kemampuan awal sebagai variabel kovariat untuk memperoleh gambaran pengaruh model pembelajaran yang lebih akurat terhadap KBK siswa. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh model PBL berbantuan simulasi PhET terhadap KBK siswa SMA dalam pembelajaran fisika.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuasi eksperimen (*quasi experimental research*) dengan desain *one-way pretest-posttest nonequivalent control group design*. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI SMA Negeri 1 Singaraja semester genap tahun ajaran 2025/2026

yang terdiri atas tujuh kelas. Sampel penelitian ditentukan menggunakan teknik *simple random sampling*, sehingga diperoleh tiga kelas sebagai sampel, yaitu dua kelas eksperimen dan satu kelas kontrol. Kelas eksperimen pertama diberikan perlakuan berupa model PBL berbantuan simulasi PhET, kelas eksperimen kedua menggunakan model PBL, sedangkan kelas kontrol menggunakan model DI. Jumlah sampel penelitian sebanyak 101 siswa yang terdiri atas 36 siswa pada kelas eksperimen pertama, 30 siswa pada kelas eksperimen kedua, dan 35 siswa pada kelas kontrol.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah model pembelajaran, sedangkan variabel terikat adalah KBK siswa. Selain itu, kemampuan awal siswa digunakan sebagai variabel kovariat yang dikontrol dalam analisis. Desain penelitian yang digunakan mengacu pada Santyasa (2023) sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Desain penelitian

<i>Pretest</i>	<i>Perlakuan</i>	<i>Posttest</i>
O ₁	X ₁	O ₂
O ₃	X ₂	O ₄
O ₅	X ₃	O ₆

Keterangan:

- X₁ : Perlakuan yang diberikan kepada kelas eksperimen dengan model PBL berbantuan simulasi PhET
- X₂ : Perlakuan yang diberikan kepada kelas eksperimen dengan model PBL
- X₃ : Perlakuan yang diberikan kepada kelas kontrol dengan model DI
- O₁, O₃, O₅ : Pengamatan awal KBK pada setiap kelas sebelum diberikan perlakuan
- O₂, O₄, O₆ : Pengamatan akhir KBK pada setiap kelas setelah diberikan perlakuan
- : Random penuh tidak dapat dilakukan

Instrumen penelitian yang digunakan berupa tes esai yang disusun berdasarkan indikator KBK pada materi fluida statis. Instrumen terlebih dahulu diujicobakan kepada 82 siswa yang memiliki karakteristik serupa dengan sampel penelitian. Tes uji coba terdiri atas 25 butir soal yang dianalisis berdasarkan daya beda, tingkat kesukaran, konsistensi internal butir, dan reabilitas. Hasil analisis menunjukkan bahwa 12 butir soal memenuhi kriteria dan digunakan dalam penelitian. Uji konsistensi internal menunjukkan koefisien korelasi butir berkisar antara 0,403-0,850, sedangkan uji reabilitas memperoleh nilai *Cronbach's Alpha* sebesar 0,919 yang termasuk kategori sangat reliabel. Setiap butir soal memiliki rentang skor 0-4 sehingga skor total berkisar antara 0-48. Skor total kemudian dikonversi ke dalam skala 0-100 untuk keperluan analisis dan interpretasi hasil. Pengukuran KBK mengacu pada dimensi dan indikator yang dikemukakan oleh Ennis (2016), sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Dimensi dan Indikator KBK

Dimensi KBK	Indikator
Merumuskan masalah	a) Merumuskan masalah sesuai narasi masalah b) Memformulasikan pertanyaan yang mengarahkan pada perolehan jawaban
Memberikan argumen	a) Memberikan argumen dengan alasan yang sesuai b) Menunjukkan persamaan dan perbedaan
Melakukan deduksi	a) Mendeduksi secara logis b) Menginterpretasikan pertanyaan
Melakukan induksi	a) Melakukan investigasi/pengumpulan data secara lengkap b) Membuat generalisasi dari data, tabel, atau grafik
Melakukan evaluasi	a) Memberikan solusi sesuai masalah b) Memberikan alternatif solusi berdasarkan teori
Memutuskan dan melaksanakan	a) Memilih alternatif yang tersedia b) Menentukan solusi yang akan dilaksanakan berdasarkan teori

Skor pada setiap dimensi ditentukan berdasarkan tingkat keterpenuhan indikator yang dinilai. Rubrik penskoran yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rubik Penskoran KBK

Skor	Kriteria
4	Kedua indikator pada dimensi KBK terpenuhi
3	Salah satu indikator terpenuhi
2	Kedua indikator ada, tetapi belum terpenuhi
1	Salah satu indikator ada, tetapi belum terpenuhi
0	Kedua indikator tidak terpenuhi

Data yang dikumpulkan meliputi skor KBK awal (*pretest*) dan skor KBK akhir (*posttest*). Analisis data dilakukan menggunakan analisis deskriptif dan analisis kovarian (ANAKOVA). Analisis deskriptif digunakan untuk menentukan nilai rata-rata dan standar deviasi. Sementara itu, ANAKOVA satu jalur digunakan untuk menguji pengaruh perlakuan dengan taraf signifikansi 5%. Sebelum uji ANAKOVA, dilakukan uji prasyarat yang meliputi uji normalitas, homogenitas, dan linearitas. Selanjutnya, untuk mengetahui perbedaan rata-rata antar kelompok secara lebih rinci, digunakan uji *Least Significant Difference* (LSD) sebagai uji lanjut.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui tingkat KBK awal siswa, maka dilakukan tes awal (*pretest*) KBK. Hasil deskriptif *pretest* disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data *pretest* siswa

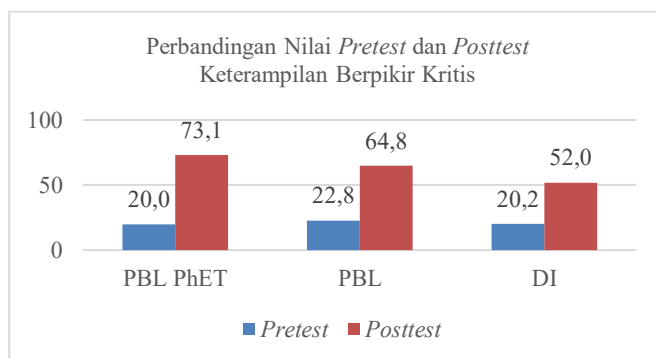
Statistik	Kelompok		
	PBL-PhET	PBL	DI
Jumlah siswa (<i>n</i>)	36	30	35
Nilai minimum	8,33	10,42	10,42
Nilai maksimum	39,58	37,50	37,50
Rentang	31,25	27,08	27,08
Rata-rata	20,0	22,8	20,2
Standar deviasi	6,85	7,36	5,95
Kualifikasi	Sangat Rendah	Sangat Rendah	Sangat Rendah

Berdasarkan Tabel 4, rata-rata KBK siswa pada ketiga kelompok masih berada pada kategori sangat rendah. Kelompok PBL memiliki rata-rata sedikit lebih tinggi dibandingkan kelompok lainnya, namun perbedaannya relatif kecil sehingga kemampuan awal siswa dapat dianggap hampir setara. Setelah perlakuan, dilakukan tes akhir (*posttest*) untuk mengukur KBK. Hasil *posttest* disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Data *posttest* siswa

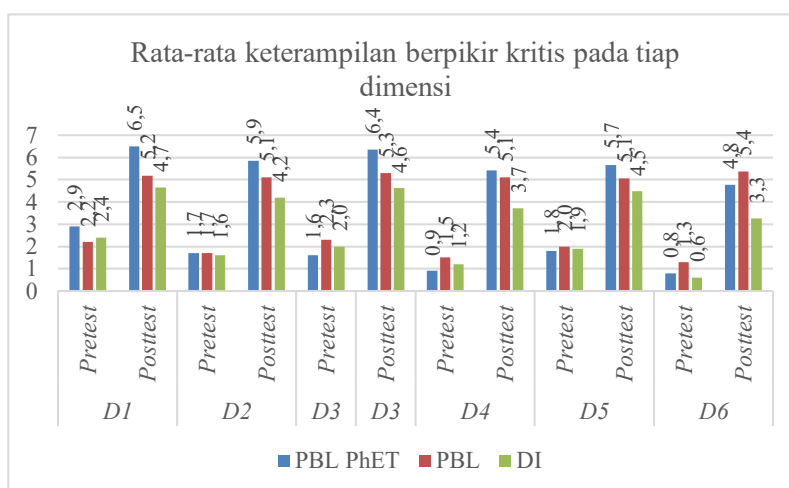
Statistik	Kelompok		
	PBL-PhET	PBL	DI
Jumlah siswa (<i>n</i>)	36	30	35
Nilai minimum	60,42	52,08	39,58
Nilai maksimum	85,42	79,17	64,58
Rentang	25,00	27,09	25,00
Rata-rata	73,1	64,8	52,0
Standar deviasi	6,87	7,20	6,91
Kualifikasi	Tinggi	Cukup	Rendah

Hasil *posttest* menunjukkan bahwa seluruh kelompok mengalami peningkatan KBK. Kelompok PBL berbantuan simulasi PhET memperoleh rata-rata tertinggi sebesar 73,1 dengan kategori tinggi, diikuti oleh kelompok PBL sebesar 64,8 dengan kategori cukup, dan kelompok DI sebesar 52,0 dengan kategori rendah. Perbedaan ini menunjukkan bahwa pembelajaran yang mengintegrasikan model PBL dengan simulasi PhET memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan model PBL tanpa bantuan media maupun DI. Untuk memperjelas perbandingan peningkatan KBK, disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik perbedaan nilai *pretest* dan *posttest*

Berdasarkan Gambar 1, terlihat bahwa seluruh kelompok mengalami peningkatan skor dari *pretest* ke *posttest*. Kelompok PBL berbantuan simulasi PhET menunjukkan peningkatan tertinggi dengan kenaikan skor rata-rata sebesar 53,1 poin, diikuti oleh kelompok PBL sebesar 42,0 poin dan kelompok DI sebesar 31,8 poin. Temuan ini menunjukkan bahwa PBL berbantuan simulasi PhET lebih efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dibandingkan model PBL maupun DI. Peningkatan yang lebih tinggi pada kelompok PBL berbantuan simulasi PhET mengindikasikan bahwa integrasi pemecahan masalah dengan visualisasi konsep melalui simulasi interaktif mampu memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna sehingga mendukung perkembangan keterampilan berpikir kritis siswa secara optimal. Setelah ditinjau secara umum, analisis lebih lanjut dilakukan pada setiap dimensi KBK siswa yang disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik perbedaan nilai *pretest* dan *posttest* pada tiap dimensi

Pada Gambar 2 terlihat bahwa terjadi peningkatan rata-rata skor KBK siswa pada seluruh dimensi setelah diberikan perlakuan pembelajaran. Peningkatan tersebut terlihat dari perolehan skor *posttest* yang lebih tinggi dibandingkan skor *pretest* pada kelompok PBL berbantuan simulasi PhET, PBL, maupun DI. Namun, peningkatan tertinggi diperoleh pada kelompok siswa yang dibelajarkan menggunakan model PBL berbantuan simulasi PhET. Pada setiap dimensi KBK, kelompok PBL berbantuan simulasi PhET menunjukkan capaian yang lebih baik dibandingkan kelompok PBL dan DI. Peningkatan paling menonjol terlihat pada beberapa dimensi, yaitu memberikan argumen, melakukan evaluasi, dan membuat keputusan. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan model PBL berbantuan simulasi PhET mampu membantu siswa dalam menganalisis permasalahan, menyusun alasan yang logis, serta menentukan solusi berdasarkan konsep fisika yang dipelajari.

Peningkatan pada setiap dimensi menunjukkan bahwa penerapan PBL berbantuan simulasi PhET tidak hanya berdampak pada peningkatan skor akhir, tetapi juga pada perkembangan proses berpikir siswa. Melalui kegiatan mengidentifikasi masalah, menyusun hipotesis, melakukan

penyelidikan, menganalisis data, dan menarik kesimpulan, siswa memperoleh kesempatan untuk melatih seluruh dimensi keterampilan berpikir kritis secara terpadu. Oleh karena itu, peningkatan yang terjadi tidak hanya bersifat kuantitatif pada skor tes, tetapi juga mencerminkan perkembangan kualitas proses berpikir siswa selama pembelajaran.

Untuk menguji apakah data *pretest* dan *posttest* berdistribusi normal, dilakukan uji *Shapiro-Wilk* karena jumlah sampel relatif kecil ($n < 50$) sehingga uji ini lebih sesuai. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai signifikansi pada masing-masing kelompok, baik pada tahap *pretest* maupun *posttest*, berada di atas 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa data KBK siswa pada ketiga kelompok telah memenuhi asumsi normalitas, baik sebelum maupun setelah perlakuan diberikan. Ringkasan hasil uji normalitas disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil uji normalitas

	Kelompok	Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
<i>Pretest</i>	PBL PhET	0,964	36	0,287
	PBL	0,944	30	0,114
	DI	0,940	35	0,055
<i>Posttest</i>	PBL PhET	0,954	36	0,139
	PBL	0,962	30	0,340
	DI	0,963	35	0,276

Untuk menguji kesamaan varians antar kelompok, dilakukan uji homogenitas menggunakan *Levene's Test of Equality of Variance*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai signifikansi pada data *pretest* dan *posttest* lebih besar dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa varians antar kelompok bersifat homogen, sehingga asumsi homogenitas terpenuhi. Ringkasan hasil uji homogenitas disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil uji homogenitas

	Source	Statistic Levene	df1	df2	Sig.
<i>Pretest</i>	Based on Mean	0,553	2	98	0,577
	Based on Median	0,631	2	98	0,534
	Based on Median and with adjusted df	0,631	2	93,819	0,535
	Based on trimmed mean	0,562	2	98	0,572
<i>Posttest</i>	Based on Mean	0,082	2	98	0,921
	Based on Median	0,062	2	98	0,939
	Based on Median and with adjusted df	0,062	2	97,417	0,939
	Based on trimmed mean	0,078	2	98	0,925

Uji linearitas dilakukan untuk mengetahui hubungan antara KBK siswa sebelum perlakuan (*pretest*) dan setelah perlakuan (*posttest*). Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai signifikansi pada *deviation from linearity* sebesar 0,338 ($> 0,05$), sehingga hubungan antara kedua variabel dinyatakan linear. Selain itu, nilai signifikansi pada uji *linearity* sebesar 0,025 ($< 0,05$) menunjukkan bahwa terdapat hubungan linear yang signifikan antara KBK awal dan KBK setelah perlakuan pada ketiga kelompok penelitian. Ringkasan hasil uji linearitas disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Ringkasan hasil uji linearitas

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	
<i>Posttest * Pretest</i>	Between Groups	(Combined)	2415,699	15	161,047	1,410	0,161
		Linearity	595,658	1	595,658	5,216	0,025
		Deviation from Linearity	1820,041	14	130,003	1,138	0,338
	Within Groups		9707,473	85	114,206		
	Total		12123,173	100			

Hipotesis yang diuji dalam penelitian ini adalah adanya perbedaan KBK siswa yang memperoleh perlakuan menggunakan model PBL berbantuan simulasi PhET, PBL, dan DI. Pengujian hipotesis dilakukan menggunakan analisis kovarians satu jalur (ANAKOVA) dengan bantuan perangkat lunak SPSS versi 27. Analisis ANCOVA digunakan untuk mengontrol

pengaruh variabel kovariat terhadap variabel dependen sehingga pengaruh perlakuan dapat dianalisis secara lebih akurat (Field, 2024). Hasil uji ANAKOVA satu jalur disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Ringkasan hasil uji ANAKOVA satu jalur

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7863,846 ^a	3	2621,282	59,696	0.000
Intercept	28490,093	1	28490,093	648,821	0.000
Pretest	519,941	1	519,941	11,841	0.001
Model Pembelajaran	7268,188	2	3634,094	82,761	0.000
Error	4259,326	97	43,911		
Total	412806,487	101			
Corrected Total	12123,175	100			

a. R. Squared = 0,649 (Adjusted R Squared = 0,638)

Berdasarkan hasil uji ANAKOVA pada Tabel 9, diperoleh beberapa temuan sebagai berikut. Pertama, KBK awal siswa (*pretest*) berpengaruh signifikan terhadap KBK setelah perlakuan (*posttest*), dengan nilai $F_{hitung} = 11,841$ dan tingkat signifikansi sebesar 0,001 ($p < 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan awal siswa memberikan kontribusi terhadap KBK akhir setelah perlakuan diberikan. Kedua, hasil analisis menunjukkan bahwa model pembelajaran sebagai variabel independen berpengaruh signifikan terhadap KBK siswa, dengan nilai $F_{hitung} = 82,761$ dan tingkat signifikansi sebesar 0,000 ($p < 0,05$). Hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan KBK siswa antara kelompok yang dibelajarkan menggunakan model PBL berbantuan simulasi PhET, model PBL, dan model DI. Ketiga, nilai $Adjusted R^2$ sebesar 0,638 menunjukkan bahwa sebesar 63,8% variasi KBK siswa setelah perlakuan dapat dijelaskan oleh model pembelajaran dan kemampuan awal siswa yang dikontrol dalam penelitian ini. Sementara itu, sisanya sebesar 36,2% dipengaruhi oleh faktor lain di luar penelitian.

Sebagai tindak lanjut dari analisis ANAKOVA, dilakukan uji lanjut *Least Significant Difference* (LSD) untuk mengetahui model pembelajaran yang menunjukkan perbedaan peningkatan KBK secara signifikan. Perhitungan nilai LSD tersebut didasarkan pada rata-rata terestimasi dari masing-masing kelompok. Penelitian ini melibatkan 101 siswa yang terbagi ke dalam tiga kelompok perlakuan, yaitu kelompok PBL berbantuan simulasi PhET yang terdiri atas 36 siswa, kelompok PBL yang terdiri atas 30 siswa, dan kelompok DI yang terdiri atas 35 siswa. Pengujian dilakukan pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$, sehingga diperoleh nilai $t_{tabel} = 1,984$. Berdasarkan hasil ANAKOVA satu jalur diperoleh nilai MS_E sebesar 43,911. Hasil uji lanjut LSD menunjukkan bahwa KBK siswa pada kelompok PBL berbantuan simulasi PhET secara signifikan lebih tinggi dibandingkan kelompok PBL maupun kelompok DI ($p < 0,05$). Selain itu, KBK pada kelompok PBL juga secara signifikan lebih tinggi dibandingkan kelompok DI ($p < 0,05$). Perbedaan rata-rata *posttest* menunjukkan bahwa kelompok PBL berbantuan simulasi PhET memperoleh rata-rata sebesar 73,1, kelompok PBL sebesar 64,8, dan kelompok DI sebesar 52,0. Temuan tersebut menunjukkan bahwa model PBL berbantuan simulasi PhET merupakan model pembelajaran yang paling efektif dalam meningkatkan KBK siswa, diikuti oleh model PBL, sedangkan model DI menunjukkan hasil yang paling rendah.

Perbedaan proses pembelajaran pada model PBL berbantuan simulasi PhET, PBL, dan DI berkontribusi terhadap perbedaan KBK. Model PBL berbantuan simulasi PhET menunjukkan hasil yang paling optimal karena memberikan kesempatan yang lebih luas kepada siswa untuk mengembangkan KBK melalui tahapan pemecahan yang sistematis, serta didukung oleh penggunaan simulasi interaktif yang efisien dan fleksibel (Noviyanti *et al.*, 2024; Aisyah & Gunada., 2024). Model PBL tanpa bantuan simulasi juga mampu meningkatkan KBK karena melibatkan siswa secara aktif dalam proses pembelajaran. Namun, siswa belum memperoleh kemudahan visualisasi dan fleksibilitas eksplorasi konsep sebagaimana yang difasilitasi oleh simulasi PhET, sehingga pengembangan KBK belum optimal. Sementara itu, model DI

menunjukkan hasil lebih rendah karena pembelajaran cenderung berpusat pada guru sehingga keterlibatan siswa dalam proses berpikir menjadi terbatas.

Keunggulan model PBL berbantuan simulasi PhET tidak hanya terlihat pada peningkatan skor akhir, tetapi juga pada berkembangnya proses berpikir siswa selama pembelajaran. Melalui kegiatan merumuskan masalah, menyusun hipotesis, melakukan penyelidikan, menganalisis data, dan menarik kesimpulan, siswa terlibat dalam proses penalaran deduktif maupun induktif secara berulang. Visualisasi yang disajikan melalui simulasi PhET juga membantu siswa menghubungkan konsep fluida statis yang abstrak dengan fenomena nyata sehingga pemahaman konseptual dan keterampilan berpikir kritis dapat berkembang secara lebih optimal.

Model PBL melatih berbagai dimensi KBK secara sistematis. Dimensi merumuskan masalah (D1) berkembang pada tahap orientasi masalah, ketika siswa dihadapkan pada fenomena kontekstual. Misalnya, siswa diminta menjelaskan mengapa telinga terasa sakit saat menyelam lebih dalam atau mengapa bendungan dibuat semakin tebal pada bagian bawah. Dari fenomena tersebut siswa mengidentifikasi variabel yang berpengaruh dan merumuskan masalah yang akan diselidiki. Dimensi memberikan argumen (D2) berkembang pada tahap diskusi dan penyelidikan. Sebagai contoh, saat membahas Hukum Pascal, siswa menyampaikan pendapat bahwa dongkrak hidrolik dapat mengangkat mobil karena tekanan yang diberikan pada fluida diteruskan sama besar ke segala arah. Siswa kemudian mempertahankan argumennya dengan mengaitkan luas penampang dan besar gaya yang bekerja. Dimensi melakukan deduksi (D3) terlihat ketika siswa menerapkan konsep umum untuk menjelaskan kasus khusus. Contohnya, setelah memahami konsep tekanan hidrostatis, siswa menjelaskan bahwa lubang pada bagian bawah botol memancarkan air lebih jauh dibandingkan lubang di bagian atas karena tekanan fluida semakin besar pada kedalaman yang lebih dalam.

Dimensi melakukan induksi (D4) berkembang ketika siswa menarik kesimpulan umum dari hasil pengamatan. Misalnya, melalui simulasi PhET siswa mencoba beberapa variasi kedalaman dan menemukan bahwa semakin dalam posisi titik ukur, semakin besar tekanan yang ditunjukkan alat ukur. Berdasarkan beberapa data tersebut siswa menyimpulkan bahwa tekanan hidrostatis dipengaruhi oleh kedalaman fluida. Dimensi melakukan evaluasi (D5) muncul ketika siswa meninjau kembali pemahaman awalnya. Sebagai contoh, sebagian siswa awalnya menganggap benda melayang pasti berada di tengah zat cair. Setelah menggunakan simulasi PhET, siswa mengetahui bahwa benda melayang dapat berada pada posisi mana pun selama gaya apung sama dengan berat benda. Siswa kemudian merevisi pemahaman awal berdasarkan bukti yang diperoleh. Dimensi memutuskan dan melaksanakan (D6) berkembang ketika siswa menentukan langkah penyelesaian masalah dan melaksanakannya. Misalnya, siswa diminta membuktikan apakah bentuk wadah memengaruhi tekanan hidrostatis pada kedalaman yang sama. Siswa kemudian merancang langkah percobaan melalui simulasi PhET dengan menyamakan kedalaman, jenis fluida, dan gravitasi, lalu membandingkan hasil pengukuran tekanan.

Penggunaan simulasi PhET memperkuat seluruh dimensi KBK karena siswa dapat memvariasikan variabel, mengulang percobaan, dan mengamati hasil secara langsung. Pembelajaran menjadi lebih efisien dibandingkan pembelajaran tanpa bantuan simulasi karena proses eksplorasi konsep dapat dilakukan dengan lebih cepat dan fleksibel. Pada materi Fluida Statis, beberapa konsep seperti tekanan hidrostatis, Hukum Pascal, dan Hukum Archimedes cenderung abstrak apabila hanya dijelaskan secara verbal. Simulasi PhET membantu memvisualisasikan hubungan antarvariabel sehingga siswa lebih mudah memahami konsep dan menghubungkannya dengan fenomena nyata. Temuan penelitian ini sejalan dengan teori konstruktivisme yang menyatakan bahwa pengetahuan dibangun secara aktif melalui pengalaman belajar (Suparlan, 2019). Dalam model PBL berbantuan simulasi PhET, siswa tidak sekadar menerima informasi dari guru, tetapi terlibat langsung dalam mengidentifikasi masalah, melakukan penyelidikan, menguji hipotesis, dan menarik kesimpulan berdasarkan data. Kegiatan tersebut memungkinkan siswa membangun pemahaman konseptual secara lebih mendalam sekaligus mengembangkan KBK. Interaksi sosial dalam diskusi kelompok juga memperkuat proses konstruksi pengetahuan melalui pertukaran gagasan dan argumentasi antarsiswa. Selain itu,

hasil penelitian ini juga mendukung penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa model PBL berbantuan simulasi PhET efektif dalam meningkatkan KBK siswa (Deswita *et al.*, 2024; Noviyanti *et al.*, 2024; Aisyah *et al.*, 2024).

Keunggulan model PBL berbantuan simulasi PhET dibandingkan model PBL tanpa bantuan simulasi terletak pada efisiensi waktu dan keluasan eksplorasi konsep. Pada PBL tanpa simulasi, siswa tetap memperoleh pengalaman belajar bermakna melalui praktikum langsung, tetapi sebagian waktu pembelajaran digunakan untuk menyiapkan alat, mengatur prosedur, dan merapikan kembali perlengkapan praktikum. Sebaliknya, penggunaan simulasi memungkinkan siswa langsung berfokus pada proses penyelidikan, analisis data, dan diskusi kelompok. Dengan demikian, waktu belajar dapat dimanfaatkan secara lebih optimal untuk melatih KBK. Sementara itu, perbedaan antara PBL berbantuan simulasi PhET dan DI terletak pada orientasi pembelajaran. Model DI lebih menekankan penyampaian informasi secara terstruktur dari guru kepada siswa. Pendekatan ini efektif untuk menjelaskan prosedur atau konsep dasar dalam waktu singkat, tetapi kurang memberikan ruang yang cukup bagi siswa untuk melakukan penyelidikan, menguji ide, maupun mengevaluasi argumen secara mandiri. Sebaliknya, model PBL berbantuan simulasi PhET menempatkan siswa sebagai subjek aktif yang terlibat dalam keseluruhan proses pembelajaran. Kondisi tersebut menyebabkan siswa memiliki kesempatan lebih besar untuk mengembangkan KBK secara komprehensif. Secara praktis, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa guru fisika dapat memanfaatkan model PBL berbantuan simulasi PhET sebagai alternatif pembelajaran inovatif, terutama pada materi yang bersifat abstrak atau memerlukan eksperimen. Penggunaan simulasi dapat menjadi solusi atas keterbatasan fasilitas laboratorium, keterbatasan waktu pembelajaran, maupun kendala keamanan penggunaan alat tertentu. Selain itu, simulasi PhET mudah diakses melalui perangkat digital sehingga memungkinkan siswa melakukan eksplorasi konsep secara mandiri di luar jam pelajaran.

Meskipun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, jumlah sampel penelitian masih terbatas pada satu sekolah sehingga generalisasi hasil perlu dilakukan secara hati-hati. Kedua, durasi perlakuan relatif singkat dan hanya diterapkan pada materi Fluida Statis. Ketiga, keberhasilan implementasi model PBL berbantuan simulasi PhET juga dipengaruhi kesiapan guru dalam mengelola kelas, merancang masalah kontekstual, dan memfasilitasi diskusi siswa. Oleh karena itu, penelitian lanjutan disarankan melibatkan cakupan sekolah yang lebih luas, materi fisika yang berbeda, serta durasi penerapan yang lebih panjang. Secara keseluruhan, hasil penelitian menegaskan bahwa model PBL berbantuan simulasi PhET lebih efektif dibandingkan model PBL maupun DI dalam meningkatkan KBK siswa. Integrasi model PBL dengan simulasi interaktif mampu menciptakan pengalaman belajar yang aktif, bermakna, dan kontekstual. Melalui proses tersebut, siswa tidak hanya memahami konsep fisika secara lebih baik, tetapi juga terlatih untuk merumuskan masalah, menyusun argumen, menarik kesimpulan, mengevaluasi bukti, serta mengambil keputusan secara rasional.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan KBK siswa yang signifikan antara kelompok yang dibelajarkan menggunakan model PBL berbantuan simulasi PhET, model PBL, dan model DI. Model PBL berbantuan simulasi PhET memberikan hasil paling tinggi dalam meningkatkan KBK siswa dibandingkan model PBL maupun DI. Secara implikasi, hasil penelitian ini memperkuat relevansi pendekatan konstruktivisme dalam pembelajaran aktif yang menempatkan siswa sebagai pusat pembelajaran. Namun, penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada cakupan sampel yang terbatas dan durasi perlakuan yang relatif singkat. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan melibatkan sampel yang lebih luas serta mengintegrasikan media pembelajaran interaktif lainnya untuk mengoptimalkan KBK siswa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala SMA Negeri 1 Singaraja, guru fisika, dan seluruh siswa yang telah memberikan izin, bantuan, serta berpartisipasi dalam pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada dosen pembimbing atas arahan, saran, dan masukan selama proses penyusunan penelitian hingga artikel ini dapat diselesaikan. Selain itu, apresiasi disampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, N., & Gunada, W. (2024). The Effect of Problem-Based Learning Model Assisted by PhET Media on Students' Critical Thinking Skills. *Indonesian Journal of STEM Education*, 6(2), 86–101.
- Anisa, R. A., Ipungkartti, A. A., & Saffanah, K. N. (2021). Pengaruh Kurangnya Literasi serta Kemampuan dalam Berpikir Kritis yang Masih Rendah dalam Pendidikan di Indonesia. Dalam *Conference Series Journal* (Vol. 01).
- Dahri, N. (2022). *Problem and Project Based Learning (PPjBL) Model Pembelajaran Abad 21*. Muhardika Rumah Ilmiah. <https://muharikarumahilmiah.com/>
- Depdiknas. (2003). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan Nasional*. Dirjen Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Deswita, Ayub, S., & Doyan, A. (2024). Pengaruh Model Problem Based Learning (PBL) Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik Kelas X Pada Materi Dinamika Rotasi. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, dan Geofisika*, 5, 150. <https://doi.org/10.29303/geosceinceed.v5i2.314>
- Deviana, Usman, & Yusuf, M. (2026). Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning (Pbl) Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik SMAN 1 Bone. *Al-Irsyad: Journal of Physics Education*, 5(1).
- Dini, S., Mardhani, T., Haryanto, Z., & Hakim, A. (2022). Penerapan Model Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2).
- Ennis, R. H. (2016). Critical Thinking Across the Curriculum: A Vision. *Topoi*, 37(1), 165–184. <https://doi.org/10.1007/s11245-016-9401-4>
- Field, A. (2024). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics* (6th edition). SAGE Publications.
- Hunaepi, Samsuri, T., & Afrilyana, M. (2014). *Model Pembelajaran Langsung*. Duta Pustaka Ilmu. <https://www.researchgate.net/publication/335569391>
- Kollo, N., & Suciptaningsih Adhi, O. (2024). Keterampilan Berpikir Kritis Siswa melalui Penerapan Kurikulum Merdeka. *JIIP (Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan)*, (2), 1452–1456. <http://Jiip.stkipyapisdampu.ac.id>
- Noviyanti, B. E., Baidowi, Salsabila, N. H., & Turmuzi, M. (2024). Penerapan Model PBL Berbantuan Media Pembelajaran Interaktif untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Mandalika Mathematics and Educations Journal*, 6(1), 111–119. <https://doi.org/10.29303/jm.v6i1.6873>
- OECD. (2023). *PISA 2022 Results (Volume I)*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Pieter, J., & Risamasu, V. M. (2024). Implementasi Pembelajaran Problem Based Learning Berbantuan Simulasi PhET pada Pelajaran Fisika. *J-HEST: Journal of Health, Education, Economics, Science, and Technology*, 6(2). <https://doi.org/10.36339/j-hest.v6i2.24>
- Santyasa, W. (2023). *Metodologi Penelitian Pendidikan*. Undiksha Press. <https://www.penerbit.undiksha.ac.id>
- Sujanem, R., Nyoman, I., Suwindra, P., & Suswandi, I. (2022). Efektivitas E-modul Fisika Berbasis Masalah Berbantuan Simulasi PhET dalam Uji Coba Terbatas untuk Meningkatkan

- Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika Undiksha*, 12(2), 181–191.
- Suparlan. (2019). Teori Konstruktivisme dalam Pembelajaran. *Jurnal Keislaman dan Ilmu Pendidikan*, 1(2), 79–88. <https://ejournal.stitpn.ac.id/index.php/islamika>
- Utami, M. P., Aristya Putra, P. D., & Wahyuni, D. (2024). Pengaruh Media Pembelajaran Berbasis PhET Simulation Pada Materi Tekanan Zat Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMP. *Jurnal Pembelajaran dan Pengajaran Fisika*, 7(1), 1–4. <https://doi.org/10.33627/ge.v7i1.1150>
- Wilujeng, I., Wibowo, H., & Akbar, A. (2024). Analisis Kebutuhan Penerapan Model PBLA Berbantuan PhET Simulation untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis pada Materi Gerak Parabola. Dalam *Jurnal Pendidikan Fisika dan Fisika Terapan* 10(1).
- Zulianti, W. (2024). Pengaruh Model Problem Based Learning Berbantuan Multimedia PhET Simulation Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa (Studi Quasi Eksperimen Pada Muatan IPA di Kelas VI SD Negeri 1 Cimaranten). *UNIEDU: Universal Journal of Education Research*, 5(3), 133–147.