



Pengaruh *Problem Based Learning* Berbantuan E-Modul Interaktif terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa dalam Pembelajaran Fisika

N L P. Indah Juliyanti^{1*}, I K. Suma², Ina Yuliana³

¹²³Program Studi Pendidikan Fisika, FMIPA, Universitas Pendidikan Ganesha, Jl. Udayana No. 11, Singaraja, Bali, 81116

Email Korespondensi: indah.juliyanti@student.undiksha.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan kemampuan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran fisika SMA antara kelas yang diajar menggunakan model *Problem Based Learning* (PBL) yang didukung oleh modul elektronik interaktif dan kelas yang diajar menggunakan model Pengajaran *Direct Instruction* (DI). Penelitian ini menggunakan metode kuasi eksperimental dengan desain *One way pretest-posttest nonequivalent control group desain*. Penelitian ini melibatkan 65 siswa kelas sebelas MIPA dari SMA Negeri 3 Singaraja, yang dibagi menjadi dua kelas. Hasil uji ANAKOVA diperoleh sebagai berikut. Pertama, kemampuan berpikir kritis siswa sebelum perlakuan memberikan pengaruh yang signifikan secara statistik terhadap kemampuan berpikir kritis siswa setelah perlakuan. Hal ini dibuktikan dengan nilai F_{hitung} sebesar 45,404 dan tingkat signifikansi $p = 0,001 < 0,005$. Kedua, terdapat perbedaan yang signifikan dalam kemampuan berpikir kritis siswa antara kelompok yang menggunakan model PBL berbantuan E-modul dengan kelompok yang menggunakan model DI. Hasil pengujian hipotesis dengan ANAKOVA menunjukkan nilai $F_{hitung} = 678,929$ dengan $p = 0,001 < 0,005$. Kelompok PBL berbantuan E-modul lebih unggul daripada kelompok DI. Rata-rata skor keterampilan berpikir kritis siswa pada kelompok PBL berbantuan E-Modul sebesar 33,58 (SD = 1,733), sedangkan kelompok DI sebesar 25,53 (SD = 1,481). Rata-rata skor kelompok eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol.

Kata kunci: *Problem Based Learning*; e-modul interaktif; kemampuan berpikir kritis; fisika.

The Effect of Problem Based Learning Assisted by Interactive E-Modules on Students' Critical Thinking Skills in Physics Learning

Abstract

This study aimed to determine the differences in senior high school students' critical thinking skills in physics learning between a class taught using the Problem-Based Learning (PBL) model assisted by an interactive e-module and a class taught using the Direct Instruction (DI) model. This study employed a quasi-experimental method with a one-way pretest-posttest nonequivalent control group design. The participants consisted of 65 eleventh-grade science students (Grade XI MIPA) from SMA Negeri 3 Singaraja, who were divided into two classes. The results of the Analysis of Covariance (ANCOVA) revealed that students' critical thinking skills before the treatment had a statistically significant effect on their critical thinking skills after the treatment, as indicated by an F-value of 45.404 and a significance level of $p = 0.001 < 0.05$. Furthermore, there was a significant difference in students' critical thinking skills between the group taught using the PBL model assisted by an interactive e-module and the group taught using the DI model. The ANCOVA results showed an F-value of 678.929 with $p = 0.001 < 0.05$, indicating that the PBL group assisted by the interactive e-module outperformed the DI group. The mean critical thinking skill score of students in the PBL group was 33.58 (SD = 1.733), whereas the mean score of students in the DI group was 25.53 (SD = 1.481). These findings indicate that students taught using the PBL model assisted by an interactive e-module achieved higher critical thinking skills than those taught using the DI model in physics learning.

Keywords: Problem-Based Learning, interactive e-module, critical thinking skills, physics.

How to Cite: Juliyanti, N. L. P. I., Suma, I. K. K. ., & Yuliana, I. (2026). Pengaruh Problem Based Learning Berbantuan E-Modul Interaktif terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa dalam Pembelajaran Fisika. *Empiricism Journal*, 7(2), 1550-1558. <https://doi.org/10.36312/ej.v7i2.5796>



<https://doi.org/10.36312/ej.v7i2.5796>

Copyright© 2026, Juliyanti et al.

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



PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi digital telah mendorong terjadinya transformasi yang signifikan dalam dunia pendidikan. Proses pembelajaran yang sebelumnya berpusat pada guru (*teacher-centered learning*) kini bergeser menuju pembelajaran yang lebih interaktif,

kolaboratif, dan berpusat pada peserta didik (*student-centered learning*). Transformasi tersebut sejalan dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21 yang menekankan penguasaan keterampilan 4C, yaitu *critical thinking*, *creativity*, *communication*, dan *collaboration* (Mulyani, 2022). Di antara keempat keterampilan tersebut, kemampuan berpikir kritis menjadi kompetensi yang sangat penting karena memungkinkan siswa menganalisis informasi secara mendalam, mengevaluasi bukti secara objektif, serta mengambil keputusan secara logis dalam menyelesaikan berbagai permasalahan yang dihadapi (Mastuti & Sehuwaky, 2022).

Pengembangan kemampuan berpikir kritis sangat relevan diterapkan dalam pembelajaran sains, khususnya fisika. Pembelajaran fisika tidak hanya bertujuan menguasai konsep dan rumus, tetapi juga melatih siswa mengidentifikasi masalah, menyusun hipotesis, menganalisis data, menginterpretasikan hasil, dan menarik kesimpulan berdasarkan bukti empiris (Jatmiko & Saphira, 2025). Sejalan dengan hal tersebut, Kurikulum Merdeka menekankan pembelajaran yang mendorong peserta didik membangun pengetahuan secara aktif melalui kegiatan penyelidikan, pemecahan masalah, dan refleksi sehingga kemampuan berpikir kritis dapat berkembang secara optimal.

Meskipun demikian, berbagai hasil evaluasi menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa Indonesia masih perlu ditingkatkan. Salah satu indikatornya dapat dilihat dari hasil *Programme for International Student Assessment* (PISA) tahun 2022, di mana Indonesia memperoleh skor literasi sains sebesar 383, masih berada di bawah rata-rata OECD sebesar 485 (OECD, 2022). Literasi sains dalam PISA tidak hanya mengukur penguasaan konsep, tetapi juga kemampuan peserta didik dalam menjelaskan fenomena ilmiah, mengevaluasi bukti, serta menggunakan pengetahuan ilmiah untuk mengambil keputusan berdasarkan fakta. Kompetensi tersebut merupakan komponen penting dalam kemampuan berpikir kritis sehingga rendahnya capaian literasi sains mencerminkan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa dalam konteks pembelajaran sains masih memerlukan perhatian dan penguatan.

Rendahnya kemampuan berpikir kritis tersebut diduga dipengaruhi oleh proses pembelajaran yang masih didominasi pendekatan berpusat pada guru. Pembelajaran yang lebih banyak menggunakan metode ceramah menyebabkan siswa cenderung pasif dan kurang memperoleh kesempatan untuk menganalisis, mengevaluasi, maupun memecahkan masalah secara mandiri (Yu & Zin, 2022). Dalam pembelajaran fisika, kondisi ini mengakibatkan siswa lebih berorientasi pada penghafalan rumus dibandingkan memahami konsep secara mendalam dan mengaitkannya dengan fenomena yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari (Rohman & Nurbaiti, 2024). Selain itu, kemampuan berpikir kritis awal siswa juga menjadi faktor penting yang memengaruhi keberhasilan pembelajaran. Siswa yang memiliki kemampuan awal lebih baik cenderung lebih mudah memahami konsep baru, menghubungkan informasi, dan mengembangkan kemampuan berpikir kritis selama proses pembelajaran berlangsung. Oleh karena itu, kemampuan berpikir kritis awal perlu dipertimbangkan dalam mengevaluasi efektivitas suatu model pembelajaran agar pengaruh perlakuan dapat diukur secara lebih objektif.

Kondisi tersebut juga ditemukan di SMA Negeri 3 Singaraja. Berdasarkan hasil observasi awal dan wawancara dengan guru fisika, proses pembelajaran masih didominasi penyampaian materi oleh guru, sedangkan keterlibatan siswa dalam kegiatan penyelidikan dan pemecahan masalah belum optimal. Hasil tes awal kemampuan berpikir kritis yang diberikan kepada siswa menunjukkan bahwa sebagian besar siswa masih mengalami kesulitan dalam menganalisis permasalahan, memberikan alasan berdasarkan bukti, mengevaluasi informasi, serta menyusun kesimpulan secara logis. Selain itu, penggunaan media pembelajaran digital, khususnya e-modul interaktif, dalam pembelajaran fisika masih belum dimanfaatkan secara optimal sehingga pembelajaran belum sepenuhnya mendukung keterlibatan aktif siswa.

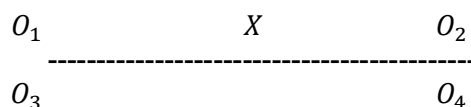
Salah satu model pembelajaran yang berpotensi mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa adalah PBL. Model PBL menjadikan masalah kontekstual sebagai titik awal pembelajaran sehingga siswa terdorong melakukan penyelidikan, mencari informasi, berdiskusi, dan merumuskan solusi secara mandiri maupun kolaboratif (Savery, 2015). Melalui tahapan tersebut, siswa memperoleh pengalaman belajar yang mendorong berkembangnya kemampuan berpikir kritis secara lebih optimal. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan model PBL mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran fisika (Alfiah & Dwikoranto, 2022).

Efektivitas PBL dapat ditingkatkan melalui pemanfaatan e-modul interaktif sebagai media pembelajaran. E-modul interaktif menyajikan materi dalam bentuk teks, gambar, animasi, video, simulasi, dan kuis interaktif yang memungkinkan siswa belajar secara mandiri sekaligus memperoleh umpan balik secara langsung (Astutiningsih et al., 2025). Penelitian Apriadi et al. (2024) menunjukkan bahwa e-modul berbasis PBL mampu meningkatkan kualitas pembelajaran dan kemampuan berpikir kritis siswa, sedangkan Akmala (2025) melaporkan bahwa integrasi e-modul interaktif dalam pembelajaran berbasis masalah memberikan dampak positif terhadap kemampuan berpikir kritis dan keterlibatan siswa.

Meskipun penelitian mengenai PBL maupun e-modul interaktif telah banyak dilakukan, masih terdapat beberapa kesenjangan penelitian. Sebagian besar penelitian sebelumnya hanya menguji efektivitas PBL atau e-modul interaktif terhadap kemampuan berpikir kritis menggunakan analisis perbedaan rata-rata tanpa mengendalikan kemampuan berpikir kritis awal siswa. Padahal, kemampuan awal merupakan faktor yang berpotensi memengaruhi hasil belajar sehingga perlu dikontrol agar pengaruh perlakuan dapat diestimasi secara lebih akurat. Selain itu, penelitian yang mengintegrasikan model PBL berbantuan e-modul interaktif dalam pembelajaran fisika pada jenjang SMA dengan menganalisis data menggunakan *Analysis of Covariance* (ANCOVA) masih relatif terbatas, khususnya pada materi gelombang. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh model Problem Based Learning berbantuan e-modul interaktif terhadap kemampuan berpikir kritis siswa pada pembelajaran fisika dengan mempertimbangkan kemampuan berpikir kritis awal sebagai kovariat menggunakan analisis ANCOVA.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian *quasi experimental research* yang menggunakan desain *one-way pretest–posttest nonequivalent control group design*. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI MIPA SMA Negeri 3 Singaraja semester genap tahun ajaran 2025/2026 yang terdiri atas empat kelas dengan jumlah 127 siswa. Dua kelas dipilih sebagai sampel menggunakan teknik simple random sampling berbasis kelompok (*cluster random sampling*), yaitu dengan mengundi dua kelas dari empat kelas yang tersedia, kemudian dilakukan pengundian kembali untuk menentukan kelas eksperimen dan kelas kontrol. Jumlah sampel penelitian sebanyak 65 siswa. Berdasarkan perhitungan *Standard Error of Proportion* (SEP) menggunakan rumus Warwick dalam Widiana (2007), diperoleh nilai SEP sebesar 4,37%. Nilai tersebut lebih kecil dari batas kesalahan 5%, sehingga sampel dinyatakan representatif untuk mewakili populasi penelitian. Untuk meminimalkan pengaruh variabel luar, kedua kelas diajar oleh guru yang sama, menggunakan materi, alokasi waktu, dan jadwal pembelajaran yang setara. Perbedaan perlakuan hanya terletak pada model pembelajaran yang diterapkan. Desain penelitian ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Desain Penelitian

(Creswell, 2023;212)

Keterangan:

- | | | |
|-------|---|--|
| O_1 | : | <i>Pretest</i> kemampuan berpikir kritis pada kelas eksperimen sebelum diberikan perlakuan. |
| X | : | Perlakuan pada kelas eksperimen berupa pembelajaran <i>PBL berbantuan E-modul Interaktif</i> . |
| O_2 | : | <i>Posttest</i> kemampuan berpikir kritis pada kelas eksperimen setelah diberikan perlakuan. |

- O_3 : *Pretest* kemampuan berpikir kritis pada kelas kontrol sebelum pembelajaran.
- O_3 : *Posttest* kemampuan berpikir kritis pada kelas kontrol setelah pembelajaran.
- — — : Garis putus-putus ini menunjukkan bahwa *random* penuh tidak dapat dilakukan

Pada penelitian ini, kelas eksperimen memperoleh pembelajaran menggunakan model PBL berbantuan e-modul interaktif, sedangkan kelas kontrol menggunakan model DI. Perlakuan diberikan selama delapan kali pertemuan pada materi gelombang bunyi dan gelombang cahaya. Pembelajaran pada kelas eksperimen mengikuti sintaks PBL yang meliputi orientasi pada masalah, mengorganisasikan siswa, membimbing penyelidikan, mengembangkan dan mempresentasikan hasil, serta menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah. E-modul interaktif yang digunakan memuat materi, gambar, video, animasi, latihan, dan kuis interaktif untuk mendukung aktivitas penyelidikan dan pembelajaran mandiri siswa. Sebelum dan sesudah perlakuan, kedua kelompok diberikan pretest dan posttest untuk mengukur kemampuan berpikir kritis.

Instrumen penelitian berupa tes esai kemampuan berpikir kritis pada materi gelombang bunyi dan gelombang cahaya yang disusun berdasarkan lima aspek kemampuan berpikir kritis menurut Ennis (1996), yaitu *elementary clarification*, *basic support*, *inference*, *advanced clarification*, dan *strategies and tactics*. Instrumen terdiri atas 10 soal esai dengan rentang skor 0–4 pada setiap butir sehingga skor maksimum sebesar 40. Sebelum digunakan, instrumen telah melalui uji validitas isi oleh ahli dan uji coba empiris sehingga memenuhi kriteria valid, reliabel, memiliki tingkat kesukaran yang sesuai, serta daya pembeda yang baik

Analisis data menggunakan analisis deskriptif dan analisis kovarian (ANCOVA) satu jalur pada taraf signifikansi 5%. Analisis deskriptif digunakan untuk memperoleh nilai rata-rata dan standar deviasi, sedangkan ANCOVA digunakan untuk menguji pengaruh model pembelajaran dengan mengontrol kemampuan berpikir kritis awal sebagai kovariat. Sebelum dilakukan ANCOVA, terlebih dahulu dilakukan uji prasyarat yang meliputi uji normalitas, uji homogenitas, uji linearitas, dan uji homogenitas kemiringan regresi (*homogeneity of regression slopes*). Apabila hasil ANCOVA menunjukkan perbedaan yang signifikan, maka analisis dilanjutkan dengan uji *Least Significant Difference* (LSD).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap awal penelitian, seluruh siswa menjalani tes awal (*pretest*) yang bertujuan untuk mengukur tingkat kemampuan berpikir kritis siswa. Hasil dari *pretest* tersebut disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Data *Pretest* Siswa

Statistik	Model Pembelajaran	
	<i>PBL</i> Berbantuan E-Modul	<i>DI</i>
Jumlah siswa	33	32
Skor minimum	8,00	8,00
Skor maksimum	15,00	15,00
Rata-rata	11,03	10,94
Standar deviasi	1,603	2,031

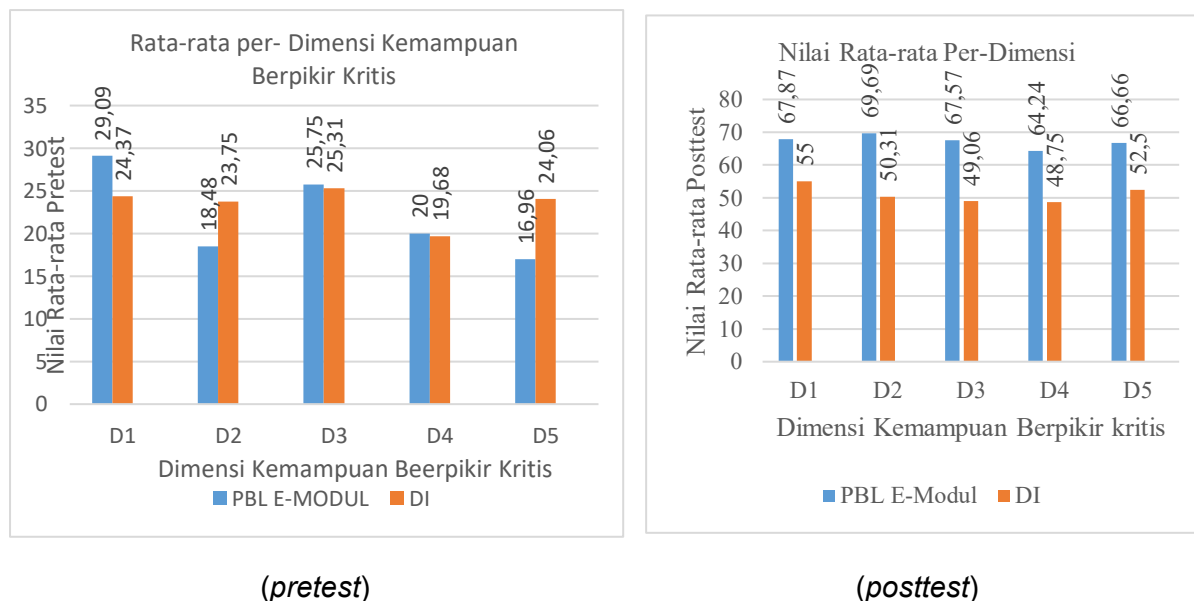
Berdasarkan tabel 1, dapat dilihat bahwa skor rata-rata kemampuan berpikir kritis siswa sebelum perlakuan cenderung seimbang. Kelompok *PBL* berbantuan E-modul interaktif memperoleh rata-rata skor pretest sebesar 11,03 dengan standar deviasi 1,603, sementara kelompok *DI* memperoleh rata-rata skor pretest sebesar 10,94 dengan standar deviasi 2,031. Selain itu, kedua kelompok memiliki skor terendah dan tertinggi yang sama, yaitu 8,00 dan 15,00. Perbedaan rata-rata pretest yang hanya sebesar 0,09 menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis awal siswa pada kedua kelompok tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Dengan demikian, kedua kelompok memiliki kemampuan awal yang relatif serupa sebelum menerima perlakuan pembelajaran yang berbeda.

Tabel 2. Data *Posttest* Siswa

Statistik	Model Pembelajaran	
	PBL Berbantuan E-Modul	DI
Jumlah siswa	33	32
Skor minimum	30,00	23,00
Skor maksimum	37,00	28,00
Rata-rata	33,58	25,53
Standar deviasi	1,733	1,481

Data pada tabel 2 menunjukkan bahwa skor kemampuan berpikir kritis siswa setelah menerima perlakuan (*posttest*) menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan antara kelompok PBL berbantuan E-modul interaktif dan kelompok DI. Kelompok PBL berbantuan E-modul interaktif memperoleh rata-rata skor *posttest* sebesar 33,58 dengan standar deviasi 1,733, sementara kelompok DI memperoleh rata-rata skor *posttest* sebesar 25,53 dengan standar deviasi 1,481. Selain itu, skor terendah dan tertinggi pada kelompok PBL berbantuan E-modul interaktif berturut-turut adalah 30,00 dan 37,00, sedangkan kelompok pada DI adalah 23,00 dan 28,00. Selisih rata-rata *posttest* sebesar 8,05 poin menunjukkan bahwa siswa yang mengikuti pembelajaran dengan model PBL berbantuan E-modul interaktif memiliki kemampuan berpikir kritis yang lebih tinggi dibandingkan siswa yang mengikuti pembelajaran dengan model DI. Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan model PBL berbantuan E-modul interaktif memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa dibandingkan dengan model DI.

Perbandingan skor rata-rata berdasarkan dimensi kemampuan berpikir kritis siswa disajikan pada Gambar 2. Dimensi tersebut mengacu pada dimensi kemampuan berpikir kritis yang dikembangkan oleh Ennis (1996), yaitu: *Elementary Clarification* (D1), *Basic Support* (D2), *Inference* (D3), *Advanced Clarification* (D4), dan *Strategies and Tactics* (D5). Perbandingan ini dilakukan antara siswa yang mengikuti pembelajaran menggunakan model PBL berbantuan E-modul interaktif dan siswa yang mengikuti pembelajaran menggunakan model DI, dengan melihat perubahan skor dari *pretest* hingga *posttest*. Melalui perbandingan ini dapat diketahui dimensi kemampuan berpikir kritis yang mengalami peningkatan paling signifikan serta efektivitas masing-masing model pembelajaran dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa pada setiap dimensinya.

**Gambar 2.** Rata-rata skor *pretest-posttest*

Untuk memastikan bahwa data *pretest* dan *posttest* memenuhi persyaratan distribusi normal, dilakukan uji *Shapiro-Wilk*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai signifikansi untuk masing-masing kelompok, baik pada tahap *pretest* maupun *posttest*, lebih besar dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa data kemampuan berpikir kritis siswa dari kedua kelompok

penelitian memenuhi asumsi distribusi normal, baik sebelum maupun menerima perlakuan. Ringkasan hasil uji normalitas disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Ringkasan Hasil Uji Normalitas

Tests of Normality							
Model_Pembelajaran		<i>Kolmogorov-Smirnov^a</i>			<i>Shapiro-Wilk</i>		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
<i>Posttest</i>	PBL_EMODUL	0,131	33	0,166	0,947	33	0,109
	DI	0,140	32	0,112	0,937	32	0,063
<i>Pretest</i>	PBL_EMODUL	0,144	33	0,081	0,953	33	0,159
	DI	0,144	32	0,090	0,938	32	0,064

a. Lilliefors Significance Correction

Untuk mengetahui apakah kedua kelompok homogen atau tidak, dilakukan uji homogenitas antar kelompok menggunakan *Levene's Test of Equality of Variance*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai signifikansi data *pretest* dan *posttest* lebih besar dari 0,05. Berdasarkan hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa varian antar kelompok adalah homogen dan asumsi homogenitas varian terpenuhi. Ringkasan hasil uji homogenitas disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Ringkasan Hasil Uji Homogenitas

Test of Homogeneity of Variance				
		<i>Levene Statistic</i>	<i>df1</i>	<i>df2</i>
<i>Posttest</i>	<i>Based on Mean</i>	0,293	1	63
	<i>Based on Median</i>	0,211	1	63
	<i>Based on Median and with adjusted df</i>	0,211	1	56.384
	<i>Based on trimmed mean</i>	0,292	1	63
<i>Pretest</i>	<i>Based on Mean</i>	1,308	1	63
	<i>Based on Median</i>	1,249	1	63
	<i>Based on Median and with adjusted df</i>	1,249	1	60.476
	<i>Based on trimmed mean</i>	1,447	1	63

Uji linearitas dilakukan untuk mengidentifikasi bentuk hubungan antara kemampuan berpikir kritis siswa sebelum perlakuan (*pretest*) dengan kemampuan berpikir kritis setelah perlakuan (*posttest*). Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai signifikansi pada uji deviasi linearitas adalah 0,741 yang lebih besar dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kemampuan berpikir kritis awal siswa dan kemampuan berpikir kritis setelah perlakuan bersifat linier. Kemudian nilai signifikansi pada uji linearitas adalah 0,039 yang lebih kecil dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan secara statistik antara kemampuan berpikir kritis awal dan kemampuan berpikir kritis setelah perlakuan pada kedua kelompok penelitian. Ringkasan hasil uji linearitas disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Ringkasan Hasil Uji Linearitas

ANOVA Table							
			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Posttest * Pretest	Between Groups	(Combined)	149.419	7	21,346	1,141	0,351
		Linearity	83.823	1	83,823	4,482	0,039
		Deviation from Linearity	65.596	6	10,933	0,585	0,741
	Within Groups		1065.965	57	18,701		
	Total		1215.385	64			

Hipotesis yang diuji dalam penelitian ini adalah adanya perbedaan kemampuan berpikir kritis siswa yang menerima perlakuan dengan model PBL berbantuan E-modul dan model DI. Pengujian dilakukan menggunakan analisis kovarians satu jalur (ANAKOVA) melalui SPSS versi 24. Hasil uji ANAKOVA satu jalur disajikan pada tabel 5.

Tabel 6. Ringkasan Hasil Uji ANAKOVA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
<i>Corrected Model</i>	1120.697 ^a	2	560.349	366.908	0,000
<i>Intercept</i>	931.188	1	931.188	609.728	0,000
<i>Pretest</i>	69.342	1	69.342	45.404	0,000
<i>Model Pembelajaran</i>	1036.874	1	1036.874	678.929	0,000
<i>Error</i>	94.688	62	1.527		
<i>Total</i>	58225.000	65			
<i>Corrected Total</i>	1215.385	64			

a. R Squared = .922 (Adjusted R Squared = .920)

Berdasarkan hasil uji ANAKOVA pada Tabel 6, deskripsi hasil analisis dapat dijelaskan sebagai berikut. Pertama, hasil analisis menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis awal siswa (*pretest*) sebagai kovariat berpengaruh signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis siswa setelah perlakuan (*posttest*), dengan nilai F_{hitung} sebesar 45,404 dan tingkat signifikansi 0,001 ($p < 0,05$). Temuan ini menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis awal siswa memberikan kontribusi dalam menentukan kemampuan berpikir kritis akhir siswa. Oleh karena itu, pengaruh kemampuan awal dikendalikan secara statistik melalui analisis kovariat (ANAKOVA). Kedua, pengaruh model pembelajaran sebagai variabel independen terhadap kemampuan berpikir kritis siswa sebagai variabel dependen menunjukkan nilai F_{hitung} sebesar 678.929 dengan tingkat signifikansi 0,001 ($p < 0,05$). Berdasarkan hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa perbedaan kemampuan berpikir kritis yang signifikan antara siswa yang mengikuti pembelajaran menggunakan model PBL berbantuan E-modul interaktif dan siswa yang mengikuti pembelajaran menggunakan model DI. Ketiga, nilai *Adjusted R Squared* sebesar 0,920 menunjukkan bahwa 92,0% variasi kemampuan berpikir kritis siswa dapat dijelaskan oleh model pembelajaran dan kemampuan berpikir kritis awal siswa pada tingkat kepercayaan 95%. Dengan demikian, model yang digunakan memberikan kontribusi yang sangat besar terhadap kemampuan berpikir kritis siswa, sedangkan sisanya sebesar 8,0% dipengaruhi oleh faktor-faktor lain di luar penelitian.

Sebagai tindak lanjut dari uji ANAKOVA, dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (LSD) untuk mengetahui perbedaan rata-rata kemampuan berpikir kritis antar kelompok secara lebih spesifik. Hasil pengujian LSD menunjukkan adanya perbedaan rata-rata yang signifikan antara kelompok yang belajar menggunakan model PBL berbantuan E-modul interaktif dan kelompok yang belajar menggunakan model DI. Selisih rata-rata yang diperoleh sebesar 7,992 dengan tingkat signifikansi 0,001 ($p < 0,05$). Selain itu, nilai rata-rata terestimasi kelompok PBL berbantuan E-modul interaktif sebesar 33,550 lebih tinggi dibandingkan kelompok DI sebesar 25,558. Temuan ini menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa yang belajar menggunakan model PBL berbantuan E-modul interaktif secara signifikan lebih tinggi dibandingkan siswa yang belajar menggunakan model DI. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan model PBL berbantuan E-modul interaktif lebih efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa dibandingkan model DI.

Perbedaan penerapan model PBL berbantuan e-modul interaktif dan model DI menghasilkan perbedaan kemampuan berpikir kritis siswa. Hasil analisis menunjukkan bahwa siswa yang belajar menggunakan model PBL berbantuan e-modul interaktif memperoleh kemampuan berpikir kritis yang lebih tinggi dibandingkan siswa yang belajar menggunakan model DI. Temuan ini mengindikasikan bahwa pembelajaran yang berpusat pada siswa memberikan kesempatan yang lebih besar untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis melalui aktivitas penyelidikan, diskusi, pemecahan masalah, dan refleksi dibandingkan pembelajaran yang lebih berpusat pada guru (Alameddine & Bashir, 2024).

Apabila ditinjau berdasarkan setiap dimensi kemampuan berpikir kritis, seluruh dimensi mengalami peningkatan setelah penerapan model PBL berbantuan e-modul interaktif, meskipun besarnya peningkatan tidak sama. Dimensi yang memperoleh peningkatan tertinggi adalah *Basic Support*, sedangkan dimensi yang peningkatannya paling rendah adalah *Advanced Clarification*. Peningkatan yang lebih tinggi pada dimensi tersebut menunjukkan bahwa aktivitas pembelajaran yang dirancang melalui sintaks PBL mampu memberikan

kesempatan yang lebih luas kepada siswa untuk mengembangkan aspek kemampuan berpikir kritis tertentu. Sebaliknya, dimensi yang mengalami peningkatan lebih rendah menunjukkan bahwa kemampuan tersebut memerlukan proses latihan yang lebih intensif dan berkelanjutan sehingga belum berkembang secara optimal dalam durasi perlakuan penelitian.

Model PBL dirancang untuk memberikan kesempatan kepada siswa membangun pengetahuan melalui penyelesaian masalah kontekstual (Savery, 2015). Pada tahap orientasi masalah, siswa mengidentifikasi dan memahami permasalahan sehingga mengembangkan kemampuan *elementary clarification*. Selanjutnya, pada tahap mengorganisasikan siswa dan melakukan penyelidikan, siswa mencari berbagai sumber informasi, mengumpulkan bukti, dan menyusun argumen sehingga memperkuat dimensi *basic support*. Ketika siswa menganalisis informasi untuk memperoleh solusi, kemampuan *inference* berkembang melalui proses penarikan kesimpulan berdasarkan bukti yang diperoleh. Tahap presentasi hasil diskusi memberikan kesempatan kepada siswa mempertahankan argumen sehingga melatih *advanced clarification*, sedangkan tahap analisis dan evaluasi mendorong siswa memilih strategi penyelesaian masalah yang paling tepat sehingga meningkatkan dimensi *strategies and tactics*.

Efektivitas sintaks PBL semakin diperkuat oleh penggunaan e-modul interaktif. Fitur-fitur seperti video pembelajaran, animasi, ilustrasi visual, latihan berbasis masalah, dan kuis interaktif membantu siswa memahami konsep-konsep fisika yang bersifat abstrak, khususnya pada materi gelombang bunyi dan gelombang cahaya. Selain mempermudah visualisasi konsep, e-modul memberikan umpan balik secara langsung sehingga siswa dapat mengevaluasi pemahamannya selama proses pembelajaran. Kondisi tersebut mendorong siswa menghubungkan konsep fisika dengan fenomena kehidupan sehari-hari, menganalisis informasi yang diperoleh, serta merumuskan solusi berdasarkan bukti ilmiah. Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Apriadi et al. (2024) dan Akmala (2025) yang menunjukkan bahwa integrasi e-modul dalam pembelajaran berbasis masalah mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis, pemahaman konsep, dan keterlibatan siswa.

Meskipun demikian, hasil penelitian ini perlu diinterpretasikan dengan mempertimbangkan beberapa keterbatasan. Penelitian hanya dilakukan pada satu sekolah sehingga karakteristik sampel belum sepenuhnya mewakili populasi siswa SMA secara umum. Selain itu, durasi perlakuan yang relatif singkat memungkinkan belum seluruh dimensi kemampuan berpikir kritis berkembang secara optimal. Meskipun guru, materi, dan alokasi waktu pembelajaran telah dikendalikan agar sama pada kedua kelompok, faktor-faktor seperti motivasi belajar, kesiapan siswa, dan pengalaman menggunakan media digital tetap berpotensi memengaruhi hasil penelitian. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan melibatkan lebih banyak sekolah dengan durasi pembelajaran yang lebih panjang sehingga efektivitas model PBL berbantuan e-modul interaktif terhadap setiap dimensi kemampuan berpikir kritis dapat dikaji secara lebih komprehensif.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa pengintegrasian model PBL dengan e-modul interaktif lebih efektif dibandingkan model DI dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Keunggulan tersebut tidak hanya ditunjukkan oleh peningkatan skor kemampuan berpikir kritis secara keseluruhan, tetapi juga oleh perkembangan pada setiap dimensi kemampuan berpikir kritis yang difasilitasi melalui tahapan PBL dan dukungan fitur interaktif pada e-modul.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, kemampuan berpikir kritis awal siswa pada kelompok eksperimen dan kontrol berada pada kategori sangat rendah serta cenderung seimbang. Setelah menerima perlakuan, kelompok kedua mengalami peningkatan kemampuan berpikir kritis. Namun demikian, peningkatan pada kelompok yang menggunakan model PBL berbantuan E-modul interaktif lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok DI. Hasil pengujian ANAKOVA menunjukkan bahwa model pembelajaran berpengaruh signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis siswa ($F = 366,908$; $p < 0,05$) dengan kontribusi sebesar 92,0% (Adjusted R Square = 0,920). Berdasarkan hal tersebut, model PBL berbantuan E-modul interaktif lebih efektif dibandingkan dengan model DI dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada pembelajaran fisika.

REKOMENDASI

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan menggunakan tiga kelompok perlakuan, yaitu kelompok PBL berbantuan E-modul interaktif, kelompok PBL tanpa E-modul, dan kelompok DI. Hal ini bertujuan agar pengaruh model PBL dan E-modul interaktif terhadap kemampuan berpikir kritis siswa dapat dijelaskan secara lebih spesifik. Selain itu, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan, seperti jumlah sampel yang terbatas pada satu sekolah serta belum terpisahnya pengaruh model pembelajaran dan media pembelajaran terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa. Oleh karena itu, penelitian berikutnya perlu melibatkan sampel yang lebih luas dan desain penelitian yang lebih komprehensif agar diperoleh gambaran yang lebih akurat mengenai efektivitas masing-masing komponen pembelajaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Akmala, F. F. (2025). Efektivitas E-Modul Fisika Interaktif Berbasis PBL dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif.
- Alameddine, M. M., & Bashir, M. M. (2024). American Journal of Science Education Research Investigating Strategies for Teaching Critical Thinking in Physics Classrooms, 1–17. <https://doi.org/10.47991/2835-6764/AJSER-202>
- Alfiah, S., & Dwikoranto, D. (2022). Penerapan Model Problem Based Learning Berbantuan Laboratorium Virtual PhET Untuk Meningkatkan HOTS Siswa SMA. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 13(1), 9–18. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v13i1.11494>
- Anggraini, D. P., & Trimulyono, G. (2025). Pengembangan E-Modul berbasis Problem Based Learning (PBL) untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Materi Virus Kelas X SMA. *BioEdu: Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*, 14(2), 316–325. Retrieved from <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/bioedu>
- Apriadi, R., Agustini, K., & Parwati, N. N. (2024). E-Modul Fikih Berbasis Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Madrasah Ibtidaiyah. *Jurnal Media Dan Teknologi Pendidikan*, 4(4), 589–596. <https://doi.org/10.23887/jmt.v4i4.83690>
- Astutiningsih, Indrajit, R. E., & Novita, A. (2025). *Interactive Learning Modules: Modul Pembelajaran Interaktif*. Yogyakarta: Media Akademi.
- Atris Yuliarti Mulyani. (2022). Pengembangan Critical Thinking Dalam Peningkatan Mutu Pendidikan di Indonesia. *DIAJAR: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, 1(1), 100–105. <https://doi.org/10.54259/diajar.v1i1.226>
- Creswell, J. W. (2023). *RESEARCH DESIGN Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (Sixth Edit). New Delhi: SAGE Publications Asia-Pacific Pte. Ltd.
- Ennis, R. H. (1996). *Critical Thinking*. Upper Saddle River, New Jersey, United States: Prentice Hall. Retrieved from 0133747115
- Jatmiko, B., & Saphira, H. V. (2026). Research analysis of critical thinking skills in physics learning in higher education.
- Mastuti, A. G., & Sehuwaky, N. (2022). Revealing students ' critical thinking ability according to facione ' s theory, 13(2), 261–272.
- Rohman, A. S., & Nurbaiti, U. (2024). Development of Learning Media Based on Smart Apps Creator to Improve Student ' s Critical Thinking Skills, 8(2), 60–65.
- Savery, J. R. (2015). *Essential Readings in Problem-Based Learning: Exploring and Extending the Legacy of Howard S. Barrows* (First Edit). West Lafayette, Indiana: Purdue University Press.
- Yu, L., & Zin, Z. M. (2022). The critical thinking-oriented adaptations of problem-based learning models : a systematic review.