



The Effect of PDEODE Learning Strategy (Predict – Discuss – Explain – Observe – Discuss - Explain) on Students' Critical Thinking Skills on Sound Wave Material

Amelia Putri Wardhani & Fathiah Alatas*

Pendidikan Fisika, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, Indonesia

*Corresponding author: fathiah.alatas@uinjkt.ac.id

Abstract: *This study was conducted to evaluate the effectiveness of the PDEODE learning strategy in improving students' critical thinking skills on the topic of sound waves. The research method used a quasi-experimental design with a nonequivalent control group design, conducted at a public senior high school in South Tangerang. The research subjects involved two 11th-grade science classes, with one class as the experimental group implementing the PDEODE strategy and the other as the control group using a scientific approach. Data were collected through essay tests and then analyzed statistically, complemented by N-Gain and effect size calculations. The research findings revealed that the average post-test score for critical thinking skills in the experimental class (87.81) was significantly higher than that of the control class (54.66), with a significance level of 0.000. The N-Gain calculation for the experimental group was categorized as high (0.83), while the control group was in the medium category (0.42). The effect size calculated using Cohen's d indicated a medium effect category (0.5). Based on these findings, the PDEODE strategy can be considered an innovative learning alternative in the subject of physics.*

Keywords: *critical thinking skills, learning strategy, PDEODE strategy, physics, sound wave*

Pengaruh Strategi Pembelajaran PDEODE (Predict – Discuss – Explain – Observe – Discuss - Explain) terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Materi Gelombang Bunyi

Abstrak: Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas strategi pembelajaran PDEODE dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada topik gelombang bunyi. Metode penelitian menggunakan desain kuasi eksperimen dengan *nonequivalent control group design*, dilaksanakan di sebuah SMA Negeri di Tangerang Selatan. Subjek penelitian melibatkan dua kelas XI IPA, dengan satu kelas sebagai kelas eksperimen yang menerapkan strategi PDEODE dan kelas lainnya sebagai kelas kontrol yang menggunakan pendekatan saintifik. Pengumpulan data dilakukan melalui tes esai, kemudian dianalisis secara statistik, dilengkapi dengan perhitungan N-Gain dan effect size. Temuan penelitian mengungkapkan bahwa nilai rata-rata posttest kemampuan berpikir kritis pada kelas eksperimen (87,81) secara signifikan lebih unggul dibandingkan kelas kontrol (54,66), dengan tingkat signifikansi 0,000. Hasil perhitungan N-Gain untuk kelas eksperimen berada pada kategori tinggi (0,83), sedangkan kelas kontrol berada pada kategori sedang (0,42). Besarnya pengaruh yang dihitung menggunakan Cohen's d menunjukkan kategori efek sedang (0,5). Berdasarkan temuan tersebut, strategi PDEODE dapat dipertimbangkan sebagai alternatif pembelajaran yang inovatif dalam mata pelajaran fisika.

Kata kunci: fisika, gelombang bunyi, kemampuan berpikir kritis, strategi PDEODE, strategi pembelajaran

PENDAHULUAN

Pembelajaran fisika menghadapi tantangan besar, termasuk rendahnya pemahaman peserta didik terhadap konsep dasar dan kemampuan menyelesaikan masalah. Penelitian menunjukkan bahwa 32% peserta didik kesulitan memecahkan soal, sementara 26% lainnya kesulitan memahami rumus dan konsep (Azizah et al., 2015). Kesulitan ini diperburuk oleh pembelajaran yang bersifat satu arah yang cenderung mengutamakan hafalan dan perhitungan matematis tanpa konteks relevan, membuat partisipasi peserta didik cenderung pasif. Pembelajaran yang bersifat *teacher-centered*, di mana guru menjadi sumber informasi utama, menyebabkan minimnya keterlibatan aktif peserta didik dalam pembelajaran. Akibatnya, pembelajaran menjadi tidak menarik, kurang interaktif, dan menurunkan motivasi peserta didik (Samudra et al., 2014). Penelitian di SMAN 4 Pekanbaru juga menunjukkan bahwa metode konvensional belum mampu memupuk kemampuan berpikir kritis peserta didik, yang berperan penting dalam mengurai masalah, melakukan evaluasi terhadap suatu informasi, serta menerapkan konsep-konsep fisika dalam kondisi aktual (Mailani et al., 2020).

Dalam menghadapi era globalisasi 4.0, kemampuan berpikir kritis menjadi sangat krusial (Rachmawati & Rohaeti, 2018; Redhana, 2019), sehingga peserta didik perlu dilatih untuk tidak hanya menerima informasi, tetapi juga menganalisis masalah secara mendalam, mengaitkan teori dengan praktik, serta mengembangkan kemampuan menalar dan bertanya. Kemampuan ini, yang mencakup kemampuan melakukan analisis, penilaian, evaluasi, rekonstruksi, serta pengambilan keputusan yang rasional dan logis, telah diidentifikasi sebagai salah satu Kemampuan 4C (*Critical thinking, Creativity, Communication, Collaboration*) yang vital bagi kesuksesan akademis dan karier peserta didik dalam pendidikan abad ke-21 (Agustina, 2016). Paradigma pendidikan yang kompleks menuntut pendidik mengembangkan strategi inovatif untuk menghasilkan sumber daya manusia kompeten sekaligus membekali peserta didik dengan kecakapan hidup relevan (Agustina, 2016). Penelitian Tiruneh et al. (2017) menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis dapat ditingkatkan melalui desain pengajaran sistematis. Pentingnya strategi pembelajaran efektif ini ditegaskan oleh hasil tes Gemilang (2020) yang menunjukkan 80% peserta didik memiliki kemampuan berpikir kritis rendah.

Karakteristik materi gelombang bunyi yang abstrak dan kaya persamaan matematis menuntut lebih dari sekadar hafalan rumus. Penelitian membuktikan 77,7% peserta didik merasa kesulitan, terutama karena miskonsepsi dalam memahami perambatan bunyi dan interpretasi matematisnya (Maulida et al., 2019; Wittmann et al., 2003). Oleh karena itu, pembelajaran fisika yang idealnya memadukan telaah teori dan pembuktian praktikum harus dijalankan dengan pendekatan yang mendorong berpikir kritis agar siswa mampu mengonstruksi pemahaman yang utuh (Ariani, 2020).

Untuk mengatasi kesulitan peserta didik dalam pembelajaran fisika khususnya pada materi gelombang bunyi, implementasi strategi PDEODE (*Predict-Discuss-Explain-Observe-Discuss-Explain*) dapat dijadikan salah satu solusi. Metode ini dirancang dengan langkah-langkah interaktif yang bertujuan meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa (Ardiyani & Rusimanto, 2015). Strategi PDEODE terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman peserta didik (Widyastuti et al., 2019), kemampuan pemecahan masalah (Alabdulaziz, 2022), meremediasi miskonsepsi (Diani et al., 2018), dan meningkatkan hasil belajar kognitif (Wulandari et al., 2017). Strategi ini juga berkontribusi positif pada penguasaan konsep dengan melibatkan peserta didik secara aktif melalui eksplorasi, diskusi, dan refleksi, sehingga mendorong pembelajaran yang lebih bermakna (Kusnadi & Hamdiyati, 2018).

Strategi PDEODE pertama kali diperkenalkan oleh Savander-Ranne dan Kolari pada tahun 2003, kemudian diimplementasikan oleh Kolari dalam konteks pendidikan Teknik pada tahun 2005. Metode ini merupakan bentuk pengembangan dari strategi POE (Coştu, 2008), yang terdiri dari tiga tahap utama, yaitu *Predict* (P), *Observe* (O), dan *Explain* (E) (Liew & Treagust, 1995). Pengembangan strategi ini dilakukan dengan memperkaya alur POE melalui penambahan elemen diskusi, baik setelah siswa membuat prediksi maupun setelah mereka melakukan observasi (Samsudin et al., 2017). Dengan adanya fase diskusi ini, PDEODE dirancang untuk lebih mendorong interaksi dan kolaborasi antarpeserta didik dalam proses pembelajaran (Coştu, 2008). Sebagai sebuah strategi pembelajaran, PDEODE bertujuan menghubungkan materi pelajaran dengan pengalaman dan realitas sehari-hari yang dialami peserta didik (Coştu, 2008). Pembelajaran kontekstual ini menciptakan pengalaman yang dekat dengan realitas siswa, sehingga mendorong keterlibatan aktif. Imbasnya, terjadilah peningkatan yang signifikan dalam interaksi dan dinamika diskusi kelompok di dalam kelas (Dipalaya & Corebima, 2016). Lebih lanjut Erza (2017) menjelaskan bahwa strategi PDEODE memfasilitasi peserta didik untuk membangun pengetahuan berdasarkan fenomena dalam pikiran mereka, meningkatkan motivasi dan kreativitas, serta mendorong diskusi produktif antar peserta didik maupun dengan guru. Keaktifan peserta didik dalam strategi ini juga tercermin melalui diskusi kelompok pada tahap awal maupun lanjut, saat mereka saling bertukar pikiran, menentukan hipotesis awal, dan menumbuhkan toleransi dalam menghargai pendapat orang lain (Wulandari et al., 2017). Dengan suasana pembelajaran yang kondusif, konsep-konsep yang benar dapat tertanam lebih baik, sehingga hal ini dapat meminimalisir terjadinya miskonsepsi (Dewanti, 2017).

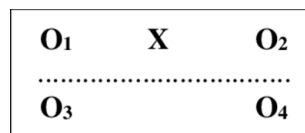
Meski demikian, terdapat beberapa kesenjangan penelitian (*research gap*) yang perlu diatasi. Pertama, mayoritas kajian PDEODE baru mengevaluasi aspek kognitif seperti pemahaman konsep atau remediasi miskonsepsi, sementara dampak eksplisitnya terhadap keterampilan berpikir kritis khususnya indikator pemikiran, pengujian hipotesis, analisis argumen, kemungkinan dan ketidakpastian, serta pemecahan masalah dan pengambilan keputusan sebagaimana yang dirumuskan oleh Tiruneh (2017) masih terbatas. Kedua, implementasi PDEODE pada materi gelombang bunyi sebagai topik potensial pengembangan berpikir tingkat tinggi belum pernah dikaji khusus.

Facione (2015) mendefinisikan berpikir kritis sebagai suatu proses kognitif yang terarah dan bertujuan, misalnya untuk membuktikan sebuah pernyataan, menginterpretasikan makna, atau memecahkan suatu masalah. Proses ini bertujuan untuk mengambil keputusan yang rasional, yang membantu dalam menentukan apakah kita akan mempercayai atau melakukan sesuatu. Senada dengan hal tersebut, Haryani (2011) menyatakan bahwa berpikir kritis adalah proses yang berkelanjutan, aktif, dan penuh ketelitian. Kemampuan ini dapat dikenali melalui indikator-indikator tertentu yang mencerminkan kemampuan berpikir kritis seseorang. Lebih lanjut, Ennis & Weir (1985) menambahkan bahwa inti dari berpikir kritis terletak pada pola pikir reflektif dan berdasarkan nalar, yang difokuskan untuk memutuskan hal-hal yang patut dipercaya atau dilaksanakan. Halpern (2014) memperkuat gagasan ini dengan menekankan pentingnya metakognisi serta sikap terbuka, reflektif, dan kesiapan mengoreksi diri berdasarkan bukti baru. Selain itu, Tiruneh (2017) menegaskan bahwa kemampuan berpikir kritis dapat dikembangkan melalui serangkaian aktivitas intelektual, termasuk penalaran logis, pengujian hipotesis, analisis argumentasi, pertimbangan atas kemungkinan dan ketidakpastian, serta praktik pemecahan masalah dan pengambilan keputusan. Dengan demikian, kelima pendapat ini saling melengkapi dalam menggambarkan esensi berpikir kritis sebagai suatu proses yang bertujuan, aktif, reflektif,

dan berorientasi pada pengambilan keputusan yang rasional, serta dapat dikembangkan melalui latihan dan praktik yang terstruktur.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuasi eksperimen dengan desain *Non-equivalent Control Group Design*. Desain ini melibatkan dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen yang menerapkan strategi pembelajaran PDEODE (*Predict – Discuss – Explain – Observe – Discuss - Explain*) dan kelompok kontrol yang menggunakan pendekatan saintifik. Sebagai langkah awal, peneliti melaksanakan *pretest* pada kedua kelompok untuk menilai kemampuan awal berpikir kritis siswa serta mengidentifikasi kondisi awal kelas eksperimen dan kontrol (Sugiyono, 2019). Setelah seluruh perlakuan pembelajaran diberikan, *posttest* dilaksanakan untuk mengukur peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik terkait materi gelombang bunyi pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Desain penelitian ini mengacu pada Sugiyono (2019) dan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain Penelitian

O_1 dan O_3 merupakan skor *pre-test* yang diperoleh sebelum kelas diberikan perlakuan untuk mengukur kemampuan awal berpikir kritis peserta didik, O_2 adalah hasil *posttest* pada kelas eksperimen setelah diberikan perlakuan berupa pembelajaran dengan strategi pembelajaran PDEODE, O_4 merupakan skor *posttest* kelas kontrol tetap menggunakan pendekatan saintifik. Dalam penelitian ini, pendekatan PDEODE digunakan sebagai variabel independen, sedangkan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi gelombang bunyi ditetapkan sebagai variabel dependen dalam penelitian ini.

Pada semester kedua tahun akademik 2025/2026, penelitian ini dilaksanakan di SMAN 9 Kota Tangerang Selatan. Populasi penelitian adalah 320 siswa kelas 11 IPA. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *purposive sampling*, yaitu pemilihan sampel berdasarkan kriteria-kriteria khusus yang telah ditetapkan (Sugiyono, 2019). Pemilihan sampel didasarkan pada rekomendasi guru serta nilai rata-rata *pretest*. Kelas eksperimen, yang beranggotakan 35 siswa, diberikan perlakuan berupa strategi pembelajaran PDEODE, sedangkan kelas kontrol yg berfungsi sebagai pembanding, terdiri dari 35 peserta didik yang menerima perlakuan pendekatan konvensional.

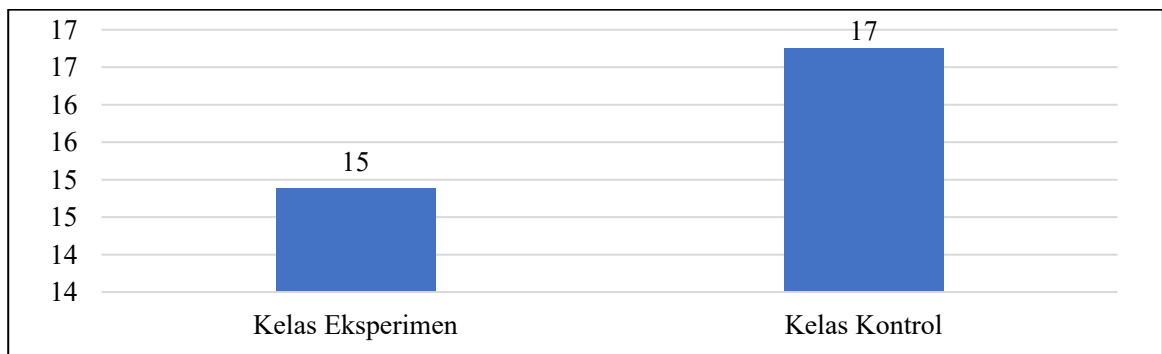
Pengumpulan data dilakukan melalui dua tahap pengukuran, yaitu *pretest* (sebelum intervensi) dan *posttest* (setelah intervensi). Instrumen tersebut, yang terdiri dari sepuluh pertanyaan esai dan dirancang berdasarkan indikator berpikir kritis Tiruneh, telah divalidasi oleh ahli dalam hal konstruk, isi, dan bahasa. Untuk mengukur indikator berpikir kritis, penelitian ini menggunakan lima aspek utama, yaitu penalaran, pengujian hipotesis, analisis argumen, analisis terhadap kemungkinan dan ketidakpastian, serta pemecahan masalah dan pengambilan keputusan (Tiruneh et al., 2017).

Setelah data dikumpulkan dengan instrumen tes, seluruh data yang terkumpul akan diolah dan dianalisis lebih lanjut guna menjawab rumusan masalah serta menguji hipotesis yang telah ditetapkan dalam penelitian. Sebelum melakukan pengujian hipotesis, prasyarat statistik seperti uji normalitas, homogenitas, uji N-gain dan Uji *effect size* dilakukan. Untuk mengetahui efektivitas intervensi, dilakukan analisis N-Gain yang bertujuan mengukur peningkatan hasil belajar antara sebelum dan setelah perlakuan pada kedua kelas (Hake,

1998), sedangkan uji *effect size* untuk mengetahui besarnya pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen atau besarnya perbedaan yang diamati antara kelompok (Daly & Cohen, 1978).

HASIL DAN PEMBAHASAN

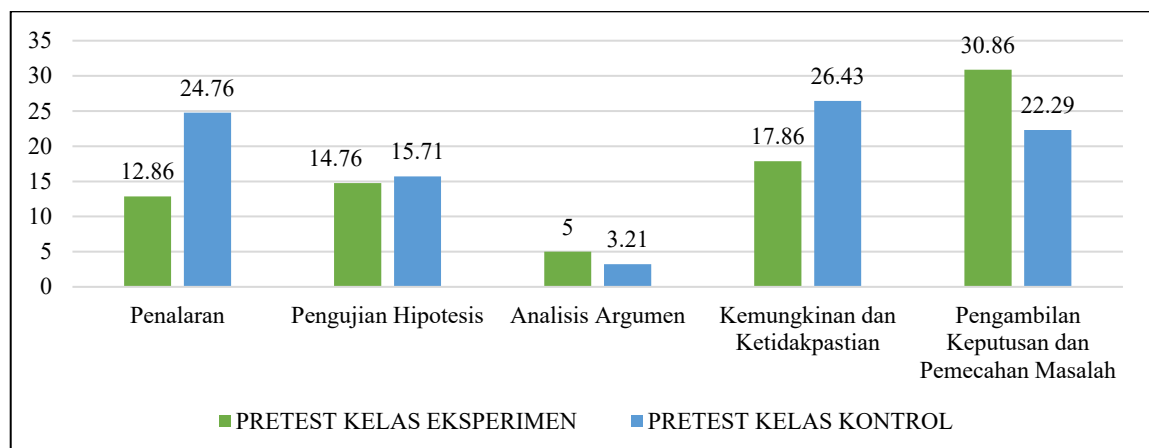
Tujuan penelitian ini adalah meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik dengan menerapkan strategi PDEODE pada materi gelombang bunyi. Pengumpulan data dilakukan melalui pemberian instrumen *pretest* dan *posttest* kepada kedua kelompok, yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, serta dianalisis lebih lanjut dengan perhitungan *N-gain* dan *effect size*. Gambar 1 menunjukkan perbandingan hasil *pretest* kemampuan berpikir kritis antara kedua kelompok sebelum diberi perlakuan.



Gambar 2. Skor Rata-rata Pretest Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Berdasarkan data yang diberikan, skor rata-rata pretest untuk kelas eksperimen adalah 15, sedangkan kelas kontrol adalah 17. Hal ini menunjukkan bahwa sebelum perlakuan atau intervensi diberikan, pada awal penelitian, kelas kontrol menunjukkan tingkat kemampuan awal yang sedikit lebih unggul daripada kelas eksperimen, dengan perbedaan rata-rata sebesar dua poin.

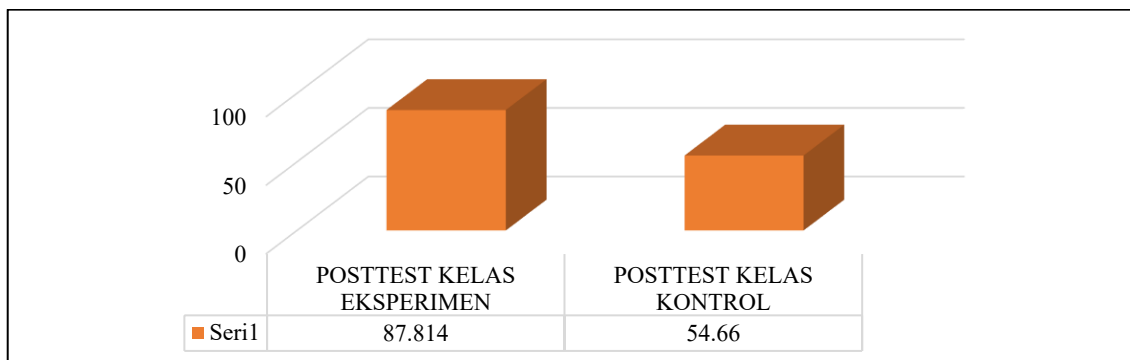
Penelitian ini mengukur kemampuan berpikir kritis menggunakan lima indikator dari Tiruneh et al. (2017), yakni penalaran, pengujian hipotesis, analisis argumen, analisis kemungkinan dan ketidakpastian, serta pemecahan masalah dan pengambilan keputusan. Capaian siswa dalam kelima aspek tersebut dapat dilihat pada Gambar 3. yang menyajikan skor rata-rata *pretest* dari tiap indikator berpikir kritis.



Gambar 3. Skor Rata-rata *Pretest* Tiap Indikator Berpikir Kritis pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Berdasarkan Gambar 3, profil kemampuan awal berpikir kritis antara kelas eksperimen dan kelas kontrol menunjukkan pola yang tidak merata pada setiap indikator. Kelas kontrol unggul pada indikator Penalaran (24,76 berbanding 12,86) dan analisis kemungkinan & ketidakpastian (26,43 berbanding 17,86). Sebaliknya, kelas eksperimen lebih baik dalam analisis argumen (5,00 berbanding 3,21) dan pengambilan keputusan & pemecahan masalah (30,86 berbanding 22,29). Sementara itu, untuk pengujian hipotesis, kedua kelas memiliki skor yang relatif berdekatan dengan kelas eksperimen 14,76 dan kelas kontrol 15,71.

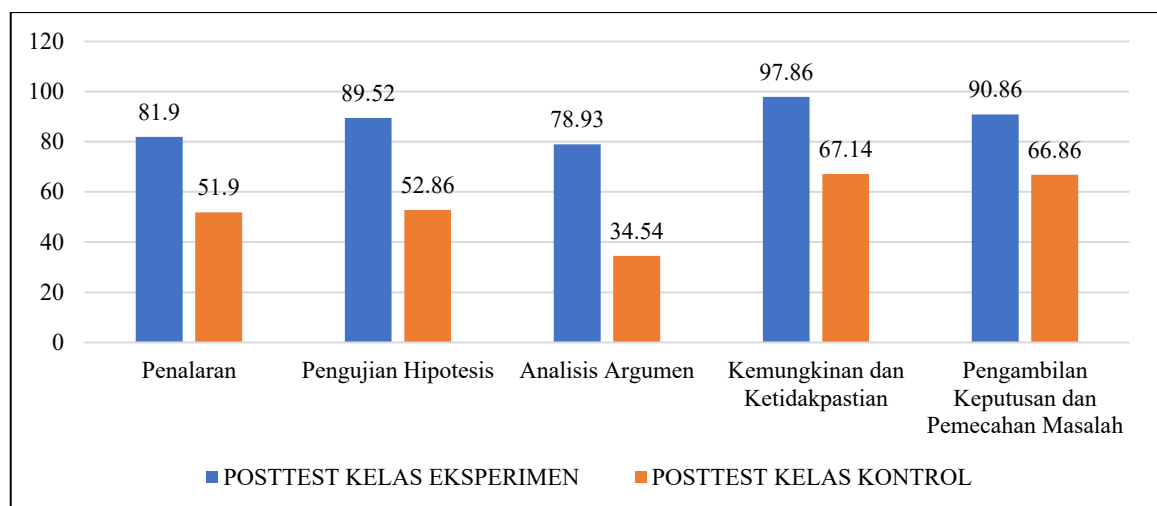
Gambar 4 menampilkan rata-rata skor akhir (*posttest*) yang dicapai oleh kelompok eksperimen dan kelompok kontrol setelah kedua kelas tersebut menjalani intervensi pembelajaran.



Gambar 4. Skor Rata-rata Posttest Kelas Eksperimen dan Kontrol

Terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok, di mana skor rata-rata kelas eksperimen jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol. Kelas eksperimen mencapai skor 87,81, sementara kelas kontrol hanya 53,66. Dengan demikian, dapat disimpulkan kemampuan akhir siswa di kedua kelas tidak sama.

Capaian siswa dalam kelima indikator tersebut dapat dilihat pada Gambar 5. yang menyajikan skor rata-rata *posttest* dari tiap Indikator Berpikir Kritis.



Gambar 5. Hasil *Posttest* Kelas Kontrol dan Eksperimen pada Setiap Aspek Indikator Berpikir Kritis.

Pada Gambar 5. Memperlihatkan skor capaian tiap indikator berpikir kritis. Kelas eksperimen secara konsisten unggul, dengan pencapaian tertinggi pada indikator

kemungkinan dan ketidakpastian (97,86) dan terendah pada analisis argumen (78,93). Sementara itu, capaian kelas kontrol lebih rendah di setiap indikator. Perbedaan skor yang mencolok ini menjadi bukti adanya perbedaan pada kemampuan berpikir kritis akhir antara kelas kontrol dan eksperimen.

Peningkatan berpikir kritis pada kedua kelompok kelas dianalisis berdasarkan perolehan rata-rata skor *N-gain*. Hasil analisis tersebut dirangkum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata nilai *N-gain* kedua kelas

Kelas	<i>N-Gain</i>	Keterangan
Eksperimen	0,83	Tinggi
Kontrol	0,42	Sedang

Berdasarkan data pada Tabel 1, hasil analisis menunjukkan bahwa meskipun kedua kelas mengalami peningkatan, kelas eksperimen mencapai peningkatan yang signifikan dalam kemampuan berpikir kritis, sementara kelas kontrol menunjukkan peningkatan yang lebih terbatas. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa peserta didik yang menerima perlakuan berupa Strategi PDEODE mengalami peningkatan yang lebih tinggi daripada peserta didik yang menerima perlakuan pembelajaran konvensional. Tabel 2 menunjukkan besarnya peningkatan pada tiap indikator berpikir kritis di kedua kelompok dalam nilai rata-rata *N-gain*.

Tabel 2. Hasil Rata-Rata *N-gain* Indikator Berpikir Kritis tiap indikator

Indikator Berpikir Kritis	<i>N-Gain</i>			
	Kelas Eksperimen	Keterangan	Kelas Kontrol	Keterangan
Penalaran	0,78	Tinggi	0,35	Sedang
Pengujian Hipotesis	0,87	Tinggi	0,41	Sedang
Analisis Argumen	0,73	Tinggi	0,31	Sedang
Analisis Kemungkinan dan Ketidakpastian	0,97	Tinggi	0,5	Sedang
Pemecahan Masalah dan Pengambilan Keputusan	0,84	Tinggi	0,32	Sedang

Dapat diamati perbandingan capaian *N-gain* setiap indikator berpikir kritis. Kelas eksperimen menunjukkan peningkatan tertinggi pada analisis kemungkinan dan ketidakpastian (0,97) dan pengujian hipotesis (0,87), serta terendah pada analisis argumen (0,73). Sementara itu, kelas kontrol mengikuti pola yang sama dengan nilai tertinggi pada analisis kemungkinan dan ketidakpastian (0,5) dan terendah pada analisis argumen (0,31). Dari data tersebut, meskipun memiliki pola peningkatan yang sama, hasil tersebut secara jelas menunjukkan bahwa tingkat peningkatan berpikir kritis kelas eksperimen menunjukkan hasil yang secara signifikan lebih tinggi daripada kelas kontrol.

Uji normalitas terhadap data pretest dan posttest pada kedua kelas dilakukan dengan menggunakan tes Shapiro-Wilk pada *software* SPSS Statistics. Hasil lengkap dari uji normalitas tersebut disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji normalitas kelas eksperimen dan kelas kontrol

	<i>Pretest</i>		<i>Posttest</i>	
	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
<i>Sig. (2-tailed)</i>	0,06	0,45	0,06	0,39
<i>Uji ShapiroWilk</i>	Sig.> 0,05= H_0 diterima			
Keputusan	Sampel terdistribusi normal			

Berdasarkan kriteria uji normalitas *Shapiro-Wilk*. H_0 diterima karena tingkat signifikansi melebihi 0,05. Dengan demikian, data memenuhi asumsi distribusi normal. Sebaliknya, jika $Sig. < 0,05$, maka H_0 ditolak dan data dianggap tidak berdistribusi normal. Dari data yang diperoleh, nilai signifikansi untuk *pretest* kelas eksperimen adalah 0,06, *pretest* kelas kontrol adalah 0,45, *posttest* kelas eksperimen adalah 0,06, dan *posttest* kelas kontrol adalah 0,39. Semua nilai signifikansi yang diperoleh melebihi 0,05. Oleh karena itu, H_0 diterima dan dapat disimpulkan bahwa seluruh data *pretest* dan *posttest* dari kedua kelas berasal dari populasi yang berdistribusi normal.

Uji homogenitas terhadap data *pretest* dan *posttest* dari kedua kelas dianalisis menggunakan uji ANOVA dalam perangkat lunak SPSS *Statistics*. Hasil uji tersebut disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Homogenitas Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen

	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>
Sig. (2-tailed)	0,79	0,18
Uji ANOVA	Sig. $\geq 0,05 = H_0$ diterima	
Keputusan	Data bersifat Homogen	

Berdasarkan hasil uji homogenitas menggunakan ANOVA, dapat disimpulkan bahwa kedua kelompok data berasal dari populasi dengan varians yang homogen. Nilai signifikansi (*Sig.*) untuk data *pretest* sebesar 0,79, sedangkan untuk data *posttest* sebesar 0,18. Karena kedua nilai tersebut lebih besar dari 0,05, maka H_0 diterima. Hasil ini menunjukkan bahwa varians data dari kelas eksperimen dan kelas kontrol adalah homogen, baik pada saat tes awal (*pretest*) maupun tes akhir (*posttest*).

Berdasarkan hasil uji prasyarat statistik, data *pretest* dan *posttest* kedua kelas terbukti berdistribusi normal dan homogen. Oleh karena itu, analisis dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya. Untuk menguji hipotesis dapat dilakukan dengan statistik parametrik. Pengujian dilakukan menggunakan aplikasi SPSS *Statistics* dengan *Independent Samples t-test* untuk membandingkan perbedaan signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol. Hasil lengkap dari uji hipotesis tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji *Independent Samples T-test*

Uji Hipotesis	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>
Sig. (2-tailed)	0,16	0,00
Uji <i>Independent Samples T-Test</i>	Sig. $< 0,05 = H_0$ Ditolak Sig. $> 0,05 = H_0$ Diterima	
Keputusan	H_0 Diterima	H_0 Ditolak

Berdasarkan pengujian statistik menggunakan *Independent Samples T-Test*, diperoleh hasil pada *pretest*, nilai *Sig. (2-tailed)* diperoleh 0,16 ($p > 0,05$) sehingga H_0 diterima, berarti tidak ada perbedaan signifikan kemampuan awal antara kelas kontrol dan eksperimen. Sebaliknya, pada *posttest* nilai *Sig. (2-tailed)* 0,00 ($p < 0,05$) yang menyebabkan H_0 ditolak, mengindikasikan perbedaan signifikan antara kedua kelas setelah perlakuan. Berdasarkan hasil yang diperoleh, intervensi pembelajaran yang diterapkan di kelas eksperimen menunjukkan efektivitas yang secara statistik lebih tinggi dalam meningkatkan capaian belajar siswa apabila dibandingkan dengan hasil yang dicapai oleh kelas kontrol.

Analisis *effect size* dilakukan untuk mengukur besaran atau tingkat pengaruh dari perlakuan yang diberikan. Hasil pengujian *effect size* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji *Effect Size*

Uji	Hasil	Keterangan
<i>Effect Size Cohen's d</i>	0,5	Sedang

Hasil uji *effect size* menunjukkan nilai *Cohen's d* sebesar 0,5, yang termasuk dalam kategori efek sedang. Hasil pretest menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa di kedua kelas masih rendah pada semua indikator, terutama dalam menganalisis argumen. Hal ini terjadi karena pembelajaran fisika yang selama ini berlangsung masih menggunakan metode konvensional dan berpusat pada guru (Sundari, 2018), di mana siswa hanya menerima informasi melalui metode ceramah dan rumus jadi tanpa dilibatkan dalam proses memahami fenomena secara mendalam, akibatnya siswa cenderung pasif dalam kegiatan pembelajaran (Mailani et al., 2020). Secara umum, rendahnya kemampuan berpikir kritis ini dipengaruhi oleh dua faktor utama, yaitu lemahnya penguasaan konsep seperti kurang memahami materi prasyarat dan sulit menghubungkan berbagai elemen pengetahuan, serta rendahnya keterampilan strategis seperti menyusun strategi penyelesaian, menarik kesimpulan, dan bertahan saat menghadapi tantangan. Ketika diberikan masalah non-rutin yang tidak biasa mereka temui, siswa sering kehilangan arah, mudah frustrasi, dan akhirnya menyerah. Temuan ini sejalan dengan penelitian Arini & Juliadi (2018) yang menyatakan bahwa siswa belum terbiasa dengan soal-soal yang menuntut analisis mendalam, evaluasi, dan pengambilan keputusan.

Untuk menjawab tantangan rendahnya kemampuan berpikir kritis pada pembelajaran fisika, penelitian ini menerapkan strategi PDEODE di kelas eksperimen. Strategi ini dirancang untuk menggeser paradigma pembelajaran menjadi konstruktivis dan sistematis, di mana peserta didik aktif memprediksi, menguji ide melalui observasi, dan merevisi pemahaman berdasarkan bukti, sehingga melatih analisis, evaluasi, dan penalaran logis (Dipalaya & Corebima, 2016; Hardianti & Permatasari, 2023; Samsudin et al., 2017).

Pada kelas eksperimen, strategi PDEODE diimplementasikan dalam 4 pertemuan. Sintaks pembelajaran setiap pertemuan mengikuti enam tahap secara berurutan. Pada tahap *Predict*, peserta didik membuat dugaan awal secara individu terhadap suatu fenomena atau masalah yang disajikan guru, misalnya tentang perbedaan cepat rambat bunyi di berbagai medium. Tahap *Discuss* pertama memfasilitasi siswa untuk bertukar ide dan argumentasi atas prediksi yang dibuat dalam kelompok kecil. Pada tahap *Explain*, peserta didik mempresentasikan landasan konseptual dari prediksi mereka di depan kelas. Selanjutnya, fase *Observe* mengharuskan siswa melakukan demonstrasi, eksperimen, atau mengamati data nyata untuk menguji akurasi prediksi awal. Hasil pengamatan ini didiskusikan kembali dalam *Discuss* kedua untuk menganalisis kesenjangan antara pemahaman awal dan fakta empiris. Tahap terakhir, *Explain*, mengharuskan peserta didik menyusun penjelasan ulang yang didukung bukti serta merefleksikan proses berpikir yang telah dilakukan (Samsudin et al., 2017). Siklus berulang dalam PDEODE ini secara efektif melatih peserta didik untuk tidak hanya menerima informasi, tetapi juga membangun keterampilan analisis dan evaluasi. Peserta didik belajar untuk berpikir kritis dengan cara mempertanyakan asumsi, menguji ide melalui pengamatan, dan menyempurnakan pemahaman berdasarkan bukti (Hardianti & Permatasari, 2023). Desain pembelajaran yang terstruktur melalui PDEODE juga mendorong partisipasi aktif, penalaran logis, serta kemampuan menyelesaikan masalah kompleks secara lebih mendalam dan terarah (Dipalaya & Corebima, 2016).

Setelah diterapkan perlakuan, kemampuan berpikir kritis akhir siswa menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kelas kontrol dan kelas eksperimen, yang tercermin dari distribusi nilai *posttest*. Rata-rata *posttest* kelas eksperimen yang menerapkan strategi

PDEODE mencapai 87,81, lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol yang menggunakan pembelajaran konvensional dengan rata-rata 54,66. Nilai terendah yang diperoleh kelas eksperimen sebesar 76,67 masih melampaui skor tertinggi di kelas kontrol (73,50), mengindikasikan bahwa pendekatan konvensional belum cukup efektif dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Peningkatan ini didapat karena pada kelas eksperimen diterapkan strategi PDEODE (*Predict-Discuss-Explain-Observe-Discuss-Explain*), yang mendorong pembelajaran aktif, konstruktivis, dan berbasis eksplorasi (Ardiyanto & Rusimanto, 2015). Strategi ini memfasilitasi diskusi kolaboratif, eksplorasi pengetahuan awal, serta mengembangkan motivasi dan rasa ingin tahu siswa (Wulandari & Bakri, 2015). Sementara itu, pembelajaran konvensional yang berpusat pada guru dinilai kurang memberikan stimulasi yang memadai bagi pengembangan kemampuan berpikir kritis, khususnya dalam konteks materi gelombang bunyi. Temuan ini konsisten dengan kajian literatur yang menyatakan bahwa Strategi PDEODE terbukti tidak hanya meningkatkan pemahaman konseptual dan kemampuan pemecahan masalah, tetapi juga berperan dalam memperbaiki miskonsepsi serta mendorong pencapaian kognitif yang lebih tinggi melalui proses belajar yang kontekstual dan reflektif (Dipalaya & Corebima, 2016).

Berdasarkan data yang diperoleh, kemampuan berpikir kritis kelompok eksperimen mengalami peningkatan tinggi di semua indikator, yang terlihat dari nilai *N-gain*. Peningkatan tertinggi terjadi pada indikator analisis kemungkinan dan ketidakpastian, dengan kelompok eksperimen mencapai 97%, sementara kelompok kontrol hanya 50%. Peningkatan ini didukung oleh strategi PDEODE, yang membantu peserta didik mengembangkan keterampilan dalam menghadapi ketidakpastian dan mengambil keputusan berdasarkan informasi yang tersedia. Melalui tahap *predict* dan *discuss*, peserta didik menuliskan prediksi individu untuk memvalidasi pemikiran awal mereka, kemudian merekonsiliasi hasil observasi dengan prediksi tersebut. Pada fase ini, peserta didik juga menganalisis, membandingkan, dan mengkritisi temuan dari kelompok lain, sehingga memperdalam pemahaman mereka (Samsudin et al., 2017). Meskipun mengalami peningkatan yang signifikan sebesar 73%, pencapaian pada indikator analisis argumen tetap merupakan yang terendah dibanding indikator lainnya. Hal ini kemungkinan terjadi karena kemampuan menganalisis argumen membutuhkan pemahaman yang lebih mendalam dan latihan terus-menerus agar peserta didik terbiasa menilai kekuatan dan kelemahan suatu pendapat. Keterbatasan waktu dalam pembelajaran mungkin belum sepenuhnya mendukung pengembangan keterampilan ini secara optimal. Namun, peningkatan yang tercapai tetap menunjukkan bahwa tahap *discuss* dan *explain* dalam model PDEODE telah berhasil melatih peserta didik untuk mulai berpikir kritis terhadap suatu argumen.

Indikator pengujian hipotesis di kelas eksperimen mengalami peningkatan sebesar 87% dan kelas kontrol hanya mengalami peningkatan sebesar 41%. Indikator pemecahan masalah dan pengambilan keputusan di kelas eksperimen mengalami peningkatan sebesar 84% dan kelas kontrol hanya mengalami peningkatan sebesar 32%. Indikator penalaran di kelas eksperimen mengalami peningkatan sebesar 78% dan kelas kontrol hanya mengalami peningkatan sebesar 35%. Peningkatan pada setiap indikator di kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol, hal ini menunjukkan karena peserta didik terlibat aktif dalam seluruh fase pembelajaran PDEODE. Peserta didik diajak untuk memprediksi jawaban, berdiskusi dalam kelompok, menjelaskan pemikiran, melakukan observasi, lalu mendiskusikan kembali hasilnya dengan membandingkan dan mengevaluasi temuan dari kelompok lain. Tahap akhir mengharuskan mereka merefleksikan perbedaan antara prediksi awal dan hasil observasi. Sementara itu, pembelajaran di kelas kontrol masih

bersifat konvensional dan berpusat pada guru, sehingga keterlibatan dan daya kritis peserta didik kurang terasah.

Temuan penelitian ini memperkuat dan memperluas hasil-hasil sebelumnya. Konsisten dengan temuan Dipalaya & Corebima (2016), strategi PDEODE terbukti tidak hanya meningkatkan pemahaman konseptual tetapi juga mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa secara komprehensif. Samsudin et al. (2017) juga melaporkan bahwa PDEODE efektif dalam memperbaiki miskonsepsi siswa melalui tahapan belajarnya. Lebih jauh, penelitian ini memberikan kontribusi baru dengan membuktikan bahwa efektivitas PDEODE merata di seluruh dimensi berpikir kritis mulai dari penalaran, pengujian hipotesis, analisis argumen, analisis kemungkinan dan ketidakpastian, hingga pemecahan masalah. Hal ini menunjukkan bahwa PDEODE bukan sekadar strategi untuk meningkatkan pemahaman konsep, melainkan juga strategi yang bisa digunakan untuk menumbuhkan *habit* berpikir kritis yang esensial dalam pembelajaran fisika. Konsistensi dengan penelitian Arini & Juliadi (2018) juga terlihat, di mana kebuntuan siswa dalam menyelesaikan soal non-rutin dapat diatasi melalui lingkungan belajar reflektif yang diciptakan PDEODE.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan temuan penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa strategi pembelajaran PDEODE berpengaruh signifikan dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada topik gelombang bunyi. Kesimpulan ini didukung oleh uji *independent samples t-test* yang menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol (nilai signifikansi 0,000), dengan *effect size* berkategori sedang ($r = 0,5$). Rata-rata skor akhir (*posttest*) yang dicapai oleh kelas eksperimen terbukti secara konsisten lebih unggul. Peningkatan kemampuan berpikir kritis pada kelas eksperimen tergolong tinggi, dengan nilai *N-gain* keseluruhan sebesar 0,83. Peningkatan signifikan terjadi pada setiap indikator, yaitu penalaran (0,78), pengujian hipotesis (0,87), analisis argumen (0,73), analisis kemungkinan dan ketidakpastian (0,97), serta pemecahan masalah dan pengambilan keputusan (0,84).

Sebagai implikasi dari penelitian ini, disarankan agar strategi PDEODE dipertimbangkan sebagai alternatif strategi pembelajaran untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis. Untuk penelitian mendatang, dapat dilakukan eksplorasi lebih lanjut dengan menambahkan variabel lain atau menerapkan strategi ini pada materi pembelajaran yang lebih beragam. Faktor penting lain yang perlu diperhatikan adalah pengalokasian waktu yang memadai dan fleksibel agar setiap tahapan dalam sintaks PDEODE dapat dijalankan dengan optimal, sehingga proses konstruksi pengetahuan dan latihan berpikir kritis siswa dapat berlangsung secara mendalam dan terstruktur.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, L. (2016). Upaya Meningkatkan Kemampuan Pemahaman Konsep dan Pemecahan Masalah Matematika Siswa SMP Negeri 4 Sipirok Kelas VII melalui Pendekatan Matematika Realistik (PMR). *Eksakta: Jurnal Penelitian dan Pembelajaran MIPA*, 1(1), 1–7. <https://doi.org/10.31604/eksakta.v1i1.%2525p>
- Alabdulaziz, M. S. (2022). The Effect of Using PDEODE Teaching Strategy Supported by the E-Learning Environment in Teaching Mathematics for Developing the Conceptual Understanding and Problem-Solving Skills among Primary Stage Students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(5), em2109. <https://doi.org/10.29333/ejmste/12019>

- Ardiyani, F. R., & Rusimanto, P. W. (2015). Pengaruh Strategi Pembelajaran PDEODE (Predict–Discuss–Explain–Observe–Discuss–Explain) terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas X pada Kompetensi Dasar Menerapkan Macam-Macam Gerbang Dasar Rangkaian Logika di SMK Negeri 2 Surabaya. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 4(3), 737–744. <https://doi.org/10.26740/jpte.v4n3.p%25p>
- Ariani, T. (2020). Analysis of Students' Critical Thinking Skills in Physics Problems. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 3(1), 1–17. <https://doi.org/10.37891/kpej.v3i1.119>
- Arini, W., & Juliadi, F. (2018). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis pada Mata Pelajaran Fisika untuk Pokok Bahasan Vektor Siswa Kelas X SMA Negeri 4 Lubuklinggau, Sumatera Selatan. *Berkala Fisika Indonesia*, 10(1), 1–11. <https://core.ac.uk/download/pdf/290084814.pdf>
- Azizah, R., Yuliati, L., & Latifah, E. (2015). Kesulitan Pemecahan Masalah Fisika pada Siswa SMA. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya*, 5(2), 44–50. <https://doi.org/10.26740/jpfa.v5n2.p44-50>
- Coştu, B. (2008). Learning Science Through the PDEODE Teaching Strategy: Helping Students Make Sense of Everyday Situations. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 4(1), 3–9. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75300>
- Cohen, J. (1977). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Academic Press.
- Dewanti, L. A. (2017). Penerapan Pembelajaran IPA dengan Strategi PDEODE untuk Mereduksi Miskonsepsi Siswa pada Materi Perubahan Fisika dan Perubahan Kimia Kelas VII SMP. *PENSA E-Jurnal: Pendidikan Sains*, 6(1), 6–10. <https://doi.org/10.26740/pensa.v6i01.21978>
- Diani, R., Latifah, S., Anggraeni, Y. M., & Fujiani, D. (2018). Physics Learning Based on Virtual Laboratory to Remediate Misconception in Fluid Material. *Tadris: Jurnal Keguruan dan Ilmu Tarbiyah*, 3(2), 167–181. <https://doi.org/10.24042/tadris.v3i2.3321>
- Dipalaya, T., & Corebima, A. D. (2016). The Effect of PDEODE (Predict–Discuss–Explain–Observe–Discuss–Explain) Learning Strategy in the Different Academic Abilities on Students' Critical Thinking Skills in Senior High School. *European Journal of Education Studies*, 2(5), 60–74. <https://doi.org/10.5281/zenodo.154455>
- Ennis, R. H., & Weir, E. E. (1985). *The Ennis-Weir Critical Thinking Essay Test: An Instrument for Teaching and Testing*. Midwest Publications.
- Erza, F., & Nasrudin. (2017). Capaian Keterlaksanaan Strategi Predict–Discuss–Explain–Observe–Discuss–Explain (PDEODE) untuk Mereduksi Miskonsepsi Siswa pada Materi Keseimbangan Kimia Kelas XI SMAN 1 Krembung Sidoarjo. *UNESA Journal of Chemical Education*, 6(2), 190–195. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/journal-of-chemical-education/article/view/20210>
- Facione, P. A. (2015). *Critical Thinking: What It Is and Why It Counts* (2015 Update). Insight Assessment. <https://www.insightassessment.com>
- Gemilang, S. S. (2020). Pengaruh Pembelajaran Blended Learning Berbasis STEM Berbantuan Schoology pada Materi Gelombang Bunyi terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik SMAN 2 Bandar Lampung (Skripsi). UIN Raden Intan Lampung. <https://repository.radenintan.ac.id/11221>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-Engagement Versus Traditional Methods: A Six-Thousand-Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>

- Halpern, D. F. (2014). *Thought and Knowledge: An Introduction to Critical Thinking* (5th ed.). Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9781315885278>
- Hardianti, R. D., & Permatasari, I. (2023). Promoting Students' Science Process Skills Through Predict–Discuss–Explain–Observe–Discuss–Explain Implementation. *Unnes Science Education Journal*, 12(1), 50–57. <https://doi.org/10.15294/usej.v12i1.65648>
- Haryani, D. (2011). Pembelajaran Matematika dengan Pemecahan Masalah untuk Menumbuhkembangkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA*, 121–126. <https://eprints.uny.ac.id/7181>
- Kusnadi, K., & Hamdiyati, Y. (2018). Pembelajaran Matematika dengan Pemecahan Masalah untuk Menumbuhkembangkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal BIOEDUIN*, 8(2), 1–5. <https://doi.org/10.15575/bioeduin.v8i2.3184>
- Liew, C. W., & Treagust, D. F. (1995). A Predict–Observe–Explain Teaching Sequence for Learning About Students' Understanding of Heat and Expansion of Liquids. *Australian Science Teachers Journal*, 41(1), 68–71. <https://eric.ed.gov/?id=EJ509083>
- Mailani, T., Zulfarina, Z., & Syafii, W. (2020). Development of the PDEODE-WEB Model in Blended Learning to Improve the Students' Critical Thinking Skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1655(1), 012054. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1655/1/012054>
- Maulida, S. I., Prihandono, T., & Maryani, M. (2019). Pengembangan Modul Fisika Gelombang Bunyi Berbasis React untuk Kelas XI IPA. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 8(3), 162–168. <https://doi.org/10.19184/jpf.v8i3.15221>
- Rachmawati, D., & Rohaeti, E. (2018). Pengaruh Model Pembelajaran Sains, Teknologi, dan Masyarakat terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Motivasi Belajar Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 6(1), 29–39. <https://journal.uny.ac.id/index.php/jpms/article/view/19037>
- Redhana, I. W. (2019). Mengembangkan Keterampilan Abad ke-21 dalam Pembelajaran Kimia. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 13(1), 2239–2253. <https://doi.org/10.15294/jipk.v13i1.17824>
- Samsudin, A., Suhandi, A., Rusdiana, D., & Kaniawati, I. (2017). *Strategi dan Desain Pembelajaran PDEODE*. Departemen Pendidikan Fisika Universitas Pendidikan Indonesia.
- Samudra, G. B., Suastra, I. W., & Suma, K. (2014). Permasalahan-Permasalahan yang Dihadapi Siswa SMA di Kota Singaraja dalam Mempelajari Fisika. *e-Journal Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha, Program Studi IPA*, 4(1), 1–7. https://ejournal-pasca.undiksha.ac.id/index.php/jurnal_ipa/article/view/1095
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta
- Sundari, P. D. (2018). Kemampuan Berpikir Kritis Siswa dalam Model Pembelajaran Terintegrasi. *Journal of Natural Science and Integration*, 2(2), 348–357. <https://doi.org/10.21831/jk.v2i2.13761>
- Tiruneh, D. T., De Cock, M., Weldelessie, A. G., Elen, J., & Janssen, R. (2017). Measuring Critical Thinking in Physics: Development and Validation of a Critical Thinking Test in Electricity and Magnetism. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(4), 663–682. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9723-0>
- Widyastuti, R., Lestari, W., Fadhilah, U., Nurfarida, R., & Rosidin, R. (2019). The Ability to Understand Students' Mathematical Concepts Through the PDEODE Cooperative

- Learning Model Based on Assessment for Learning (AFL). *Journal of Physics: Conference Series*, 1155, 012048. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1155/1/012048>
- Wittmann, M. C., Steinberg, R. N., & Redish, E. F. (2003). Understanding and Affecting Student Reasoning About Sound Waves. *International Journal of Science Education*, 25(8), 991–1013. <https://doi.org/10.1080/09500690305024>
- Wulandari, W., Amin, M., Zubaidah, S., & Ibrohim. (2017). Students' Critical Thinking Improvement Through PDEODE and STAD Combination in the Nutrition and Health Lecture. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, 6(2), 110–117. <https://doi.org/10.11591/ijere.v6i2.7589>
- Wulandari, W., & Bakri, F. (2015). Pengaruh Model Pembelajaran PDEODE terhadap Hasil Belajar Kognitif Fisika Siswa SMA. In *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*, 4(SNF2015-I), 181–185. <https://journal.unj.ac.id/unj/index.php/prosidingsnf/article/view/5006>