



PENGARUH INKUIRI TERBIMBING BERBANTUAN SIMULASI PHET TERHADAP PEMAHAMAN KONSEP PADA PEMBELAJARAN FISIKA

Ni Kadek Dwi Utari¹, Ida Bagus Putu Mardana², Ina Yuliana³
Universitas Pendidikan Ganesha^{1,2,3}
e-mail: dwiutarinikadek0310@gmail.com

Diterima: 14/05/2026; Direvisi: 16/06/2026; Diterbitkan: 03/07/2026

ABSTRAK

Pemahaman konsep fisika, khususnya pada materi gelombang cahaya, memerlukan proses pembelajaran yang mampu melibatkan siswa secara aktif agar konsep yang bersifat abstrak lebih mudah dipahami. Meskipun model Inkuiri Terbimbing dan simulasi PhET telah banyak diteliti dalam pembelajaran fisika, kajian yang mengintegrasikan keduanya untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa pada materi gelombang cahaya masih terbatas sehingga penelitian ini penting dilakukan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penerapan model pembelajaran Inkuiri Terbimbing berbantuan media interaksi simulasi *PhET* terhadap pemahaman konsep fisika siswa dibandingkan dengan model *Direct Instruction*. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode *quasi experiment* melalui desain *pretest-posttest control group*. Pengumpulan data dilakukan menggunakan tes pemahaman konsep yang meliputi aspek interpretasi, translasi, dan ekstrapolasi. Data penelitian dianalisis menggunakan uji ANAKOVA satu jalur. Hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran Inkuiri Terbimbing berbantuan media interaktif simulasi PhET memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pemahaman konsep siswa dibandingkan pembelajaran *Direct Instruction*. Siswa yang mengikuti pembelajaran dengan model Inkuiri Terbimbing berbantuan simulasi PhET menunjukkan tingkat pemahaman konsep yang lebih baik setelah proses pembelajaran berlangsung. Temuan ini mengindikasikan bahwa pembelajaran yang melibatkan aktivitas penyelidikan, eksplorasi konsep, dan pemanfaatan media interaktif lebih efektif dalam membantu siswa membangun pemahaman konsep fisika. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa model Inkuiri Terbimbing berbantuan media interaktif simulasi *PhET* memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap pemahaman konsep fisika siswa pada materi gelombang cahaya dibandingkan model *Direct Instruction*.

Kata Kunci: *Inkuiri Terbimbing, Simulasi PhET, Pemahaman Konsep, Gelombang Cahaya, Pembelajaran Fisika*

ABSTRACT

Understanding physics concepts, particularly in the topic of light waves, requires a learning process that actively engages students so that abstract concepts can be more easily comprehended. Although Guided Inquiry and PhET simulations have been widely studied in physics education, research integrating both approaches to improve students' conceptual understanding of light waves remains limited, making this study important to conduct. This study aimed to examine the effect of the Guided Inquiry learning model assisted by PhET interactive simulation media on students' physics conceptual understanding compared to the Direct Instruction model. The study employed a quantitative approach using a quasi-experimental method with a pretest–posttest control group design. Data were collected through a conceptual understanding test covering the aspects of interpretation, translation, and extrapolation. The data were analyzed using one-way ANCOVA. The results showed that the





implementation of the Guided Inquiry learning model assisted by PhET interactive simulations had a significant effect on students' conceptual understanding compared to Direct Instruction. Students who learned through Guided Inquiry assisted by PhET simulations demonstrated a higher level of conceptual understanding after the learning process. These findings indicate that learning activities involving inquiry, concept exploration, and the use of interactive media are more effective in helping students develop a deeper understanding of physics concepts. Therefore, it can be concluded that the Guided Inquiry learning model assisted by PhET interactive simulation media has a more positive effect on students' conceptual understanding of light waves than the Direct Instruction model.

Keywords: *Guided Inquiry, PhET Simulation, Conceptual Understanding, Light Waves, Physics Learning*

PENDAHULUAN

Perkembangan pendidikan saat ini menuntut proses pembelajaran yang tidak hanya menekankan penguasaan materi, tetapi juga kemampuan siswa dalam memahami konsep secara mendalam serta menerapkannya pada berbagai situasi (Januarti et al., 2023). Tuntutan tersebut sejalan dengan perubahan paradigma pembelajaran yang menempatkan kualitas proses belajar sebagai aspek penting, sehingga pembelajaran tidak lagi hanya berorientasi pada hasil akhir, tetapi juga pada proses bagaimana siswa membangun pengetahuannya sendiri (Handayani et al., 2025). Perubahan orientasi pembelajaran tersebut menekankan pentingnya pembelajaran yang mampu memberikan pengalaman belajar yang bermakna bagi siswa. Dalam pembelajaran yang bermakna, siswa dituntut untuk terlibat aktif dalam proses konstruksi pengetahuan (Paramita et al., 2025). Siswa tidak hanya menerima informasi, tetapi juga mengolah dan menghubungkannya dengan pengalaman yang dimiliki. Hal ini penting agar proses belajar menjadi lebih kontekstual dan tidak terbatas pada hafalan semata (Hariyono et al., 2025).

Sejalan dengan pentingnya keterlibatan aktif siswa dalam pembelajaran, proses belajar juga perlu mampu memfasilitasi terbentuknya pemahaman siswa yang terstruktur dan berkelanjutan (Firdaus et al., 2021). Pemahaman tersebut, khususnya dalam memahami konsep pembelajaran, tidak diperoleh secara instan, melainkan melalui proses belajar yang melibatkan eksplorasi, refleksi, dan interaksi dengan berbagai sumber belajar (Annisa et al., 2025). Oleh karena itu, siswa perlu diberikan kesempatan untuk mengalami secara langsung proses belajar tersebut. Dengan demikian, pembelajaran menjadi lebih bermakna dan pemahaman yang diperoleh siswa dapat bertahan dalam jangka panjang (Arafah et al., 2023).

Pemahaman yang terbentuk melalui proses belajar yang bermakna menjadi salah satu aspek penting dalam pembelajaran sains, khususnya fisika. Dalam konteks pembelajaran fisika, pemahaman konsep memiliki peran yang sangat penting karena berkaitan langsung dengan kemampuan siswa dalam menjelaskan fenomena alam secara ilmiah (Fauziah et al., 2021). Karakteristik fisika yang banyak melibatkan konsep-konsep abstrak menuntut siswa memiliki pemahaman yang kuat terhadap materi yang dipelajari (Magfirah, 2024). Dengan pemahaman konsep yang baik, siswa tidak hanya mampu mengingat rumus, tetapi juga memahami makna fisik serta keterkaitan antar konsep (Adam et al., 2023). Pemahaman ini juga membantu siswa dalam menerapkan konsep pada situasi yang berbeda. Selain itu, pemahaman konsep yang kuat dapat meminimalkan terjadinya kesalahan dalam menafsirkan fenomena fisika (Zahara et al., 2024).

Meskipun pemahaman konsep memiliki peran penting dalam pembelajaran fisika, kondisi di lapangan menunjukkan bahwa pemahaman konsep fisika siswa masih tergolong



rendah. Hasil *Programme for International Student Assessment* (PISA) tahun 2022 menunjukkan bahwa kemampuan literasi sains siswa Indonesia masih berada di bawah rata-rata internasional (OECD, 2023; Rohmaya, 2022). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa siswa masih mengalami kesulitan dalam menghubungkan konsep dengan fenomena nyata. Selain itu, siswa juga cenderung mengalami kesulitan dalam menarik kesimpulan berdasarkan konsep yang dipelajari. Hal ini mengindikasikan bahwa proses pembelajaran belum sepenuhnya mendukung terbentuknya pemahaman yang mendalam. Temuan tersebut didukung oleh penelitian Adam et al. (2023) yang menunjukkan bahwa persentase jawaban benar siswa pada indikator interpretasi, klasifikasi, dan inferensi masing-masing hanya sebesar 29,48%, 47,37%, dan 10,53%. Selain itu, Fauziah et al. (2021) juga menemukan adanya miskonsepsi pada materi gerak lurus dan gerak parabola berdasarkan hasil uji *Certainty of Response Index* (CRI), yang menunjukkan bahwa pemahaman konsep siswa belum berkembang secara optimal. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya upaya pembelajaran yang mampu mendukung terbentuknya pemahaman konsep fisika siswa secara lebih mendalam.

Namun, upaya tersebut masih menghadapi berbagai kendala, salah satunya penggunaan model pembelajaran yang cenderung berpusat pada guru, seperti *Direct Instruction* (Arnata et al., 2020). Model pembelajaran ini menempatkan siswa sebagai penerima informasi sehingga proses belajar lebih banyak menekankan hafalan dibandingkan pemahaman konsep secara mendalam (Trilling & Fadel, 2009). Dalam pelaksanaannya, interaksi pembelajaran lebih didominasi oleh penyampaian materi oleh guru. Akibatnya, siswa memiliki kesempatan yang terbatas untuk mengeksplorasi ide maupun menguji pemahamannya sendiri. Kondisi tersebut menyebabkan proses pembelajaran belum sepenuhnya memberikan ruang bagi siswa untuk berpikir mandiri dan membangun pengetahuannya secara aktif. Oleh karena itu, diperlukan model pembelajaran yang mampu melibatkan siswa secara aktif dalam proses belajar sehingga siswa dapat mengonstruksi pengetahuannya secara mandiri (Durisa et al., 2022; Wulandari et al., 2023).

Salah satu alternatif pembelajaran yang dapat digunakan untuk mendukung terbentuknya pemahaman konsep siswa adalah model Inkuiri Terbimbing. Model pembelajaran ini memberikan kesempatan kepada siswa untuk menemukan konsep melalui proses penyelidikan yang tetap diarahkan oleh guru (Marzuki & Boroneo, 2023; Sarumaha & Harefa, 2022). Dalam penerapannya, siswa didorong untuk mengajukan pertanyaan, melakukan percobaan, serta menyimpulkan hasil kegiatan yang dilakukan. Keterlibatan siswa dalam proses penyelidikan tersebut membantu siswa memahami konsep secara lebih mendalam sehingga pembelajaran menjadi lebih aktif dan berpusat pada siswa. Sejalan dengan implementasi Kurikulum Merdeka, pembelajaran berbasis inkuiri juga mendukung siswa untuk mengeksplorasi dan mengonstruksi pengetahuan secara mandiri (Mahyuna et al., 2024). Selain penggunaan model pembelajaran, pemanfaatan media interaktif seperti simulasi *PhET* dapat membantu proses pembelajaran melalui visualisasi konsep-konsep fisika yang bersifat abstrak. Melalui simulasi tersebut, siswa dapat mengamati fenomena fisika yang sulit diamati secara langsung (Muzana et al., 2021; Rizaldi et al., 2020).

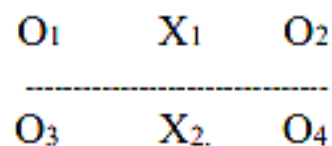
Efektivitas penerapan model Inkuiri Terbimbing berbantuan simulasi *PhET* dalam pembelajaran juga didukung oleh berbagai penelitian terdahulu. Pranata (2023) melaporkan adanya peningkatan nilai rata-rata siswa dari 32,26 pada pretest menjadi 74,73 pada posttest dengan nilai *N-gain* sebesar 0,63 dalam kategori sedang. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan simulasi interaktif mampu membantu siswa memahami konsep abstrak secara lebih efektif. Selain itu, Fitrianingi et al. (2023) menemukan bahwa skor penguasaan konsep

siswa pada kelas eksperimen mencapai 69,75, lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol sebesar 50,28 dengan perbedaan yang signifikan. Penelitian lain oleh Hidayati et al. (2024) juga menunjukkan bahwa rata-rata *posttest* kelas eksperimen sebesar 81,69 lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol sebesar 72,65. Temuan serupa dilaporkan oleh Salim dan Fianti (2024), di mana rata-rata *posttest* kelas eksperimen mencapai 74,63, lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol sebesar 67,23 dengan hasil uji yang signifikan. Drastisianti et al. (2024) turut menemukan bahwa penerapan model Inkuiri Terbimbing berbantuan simulasi *PhET* memberikan hasil pemahaman konsep yang lebih baik, ditunjukkan melalui nilai *N-gain* kelas eksperimen sebesar 0,71 yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol sebesar 0,58. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada hasil belajar secara umum. Kajian yang secara spesifik menyoroti dimensi pemahaman konsep masih terbatas sehingga masih diperlukan penelitian lebih lanjut terkait aspek tersebut.

Berdasarkan berbagai penelitian terdahulu, penerapan model Inkuiri Terbimbing berbantuan simulasi *PhET* menunjukkan potensi yang baik dalam mendukung pemahaman konsep siswa. Namun, kajian yang secara khusus menelaah dimensi pemahaman konsep fisika masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki kebaruan pada penerapan model pembelajaran Inkuiri Terbimbing berbantuan media interaktif simulasi *PhET* pada materi gelombang cahaya dengan fokus pada analisis pemahaman konsep fisika siswa berdasarkan beberapa dimensi. Melalui penelitian ini, diharapkan diperoleh gambaran yang lebih mendalam mengenai pemahaman konsep siswa. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh model pembelajaran Inkuiri Terbimbing berbantuan media interaktif simulasi *PhET* dibandingkan dengan model *Direct Instruction*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif dengan metode *quasi experiment*. Metode tersebut digunakan karena pemilihan kelompok eksperimen maupun kontrol tidak dilakukan dengan teknik acak serta tidak semua variable yang muncul dalam kondisi eksperimen dapat diatur dan dikontrol dengan ketat. Adapun desain penelitian yang digunakan yaitu *one way pretest-posttest control group design*. Dimana kelompok eksperimen dan kontrol tidak dipilih acak secara individu untuk dimasukkan ke masing-masing kelompok. Desain penelitian dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 1. Desain One Way Pre-test Post-test Non-Equivalence Control Group Design

Keterangan:

- O_1 : Pengamatan awal pengetahuan pada kelas eksperimen sebelum diberikan perlakuan
- X_1 : Perlakuan yang diberikan kepada kelas eksperimen dengan menerapkan model pembelajaran Inkuiri Terbimbing berbantuan media interaktif simulasi *PhET*.
- O_2 : Pengamatan kemampuan berpikir kritis pada kelas eksperimen setelah diberikan perlakuan
- O_3 : Pengamatan pengetahuan awal pada kelas kontrol sebelum diberikan perlakuan



- X_2 : Perlakuan yang diberikan kepada kelas kontrol dengan menerapkan model pembelajaran *Direct Instruction*.
 O_4 : Pengamatan kemampuan berpikir kritis pada kelas kontrol setelah diberikan perlakuan
--- : *Random* tidak dapat dilakukan penuh, karena hanya berupa kelas *random*

Penelitian ini dilaksanakan di SMA Negeri 3 Singaraja pada semester genap tahun ajaran 2025/2026 selama proses pembelajaran materi gelombang cahaya. Populasi penelitian meliputi seluruh siswa kelas XI IPA yang berjumlah 127 siswa. Penentuan sampel dilakukan menggunakan teknik simple random sampling sehingga diperoleh dua kelas penelitian yang masing-masing terdiri atas 31 siswa, yaitu satu kelas eksperimen dan satu kelas kontrol.

Prosedur penelitian diawali dengan pemberian pretest sebelum pembelajaran materi gelombang cahaya dilaksanakan untuk mengetahui kemampuan awal pemahaman konsep siswa sekaligus memastikan kesetaraan kemampuan awal antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Selanjutnya, kelas eksperimen diberikan perlakuan berupa penerapan model pembelajaran Inkuiri Terbimbing berbantuan media interaktif simulasi PhET, sedangkan kelas kontrol dibelajarkan menggunakan model *Direct Instruction*. Setelah seluruh rangkaian pembelajaran selesai dilaksanakan, kedua kelompok diberikan posttest untuk mengukur pemahaman konsep siswa setelah memperoleh perlakuan.

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan metode tes. Instrumen penelitian berupa tes esai pemahaman konsep fisika yang digunakan sebagai pretest dan posttest. Penyusunan instrumen didasarkan pada indikator pemahaman konsep yang mencakup interpretasi, translasi, dan ekstrapolasi. Pretest berfungsi untuk mengukur kemampuan awal siswa dan digunakan sebagai kovariat dalam analisis ANAKOVA, sedangkan posttest digunakan untuk mengukur pemahaman konsep siswa setelah mengikuti proses pembelajaran. Instrumen dikembangkan oleh peneliti berdasarkan indikator pembelajaran pada materi gelombang cahaya dan telah melalui validasi isi oleh ahli sebelum digunakan dalam penelitian. Selain itu, instrumen juga diuji validitas butir, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya pembeda sehingga dinyatakan layak sebagai alat pengumpulan data.

Data hasil penelitian dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan statistik inferensial. Analisis deskriptif digunakan untuk mendeskripsikan tingkat pemahaman konsep siswa pada kedua kelompok. Sementara itu, analisis inferensial dilakukan menggunakan uji ANAKOVA satu jalur untuk mengetahui pengaruh model pembelajaran terhadap pemahaman konsep siswa dengan mengontrol kemampuan awal siswa. Sebelum pengujian hipotesis dilakukan, data terlebih dahulu diuji normalitas, homogenitas, dan linearitas sebagai prasyarat analisis ANAKOVA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Temuan dalam penelitian ini berfokus pada pemahaman konsep siswa yang dianalisis melalui hasil pretest dan posttest pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Analisis dilakukan untuk melihat kondisi awal pemahaman konsep siswa serta perbedaan pemahaman konsep setelah kedua kelompok memperoleh perlakuan pembelajaran yang berbeda. Tahap awal analisis dilakukan terhadap hasil *pretest* guna mengetahui kemampuan awal pemahaman konsep siswa pada masing-masing kelompok. Ringkasan hasil *pretest* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan Hasil *Pretest* Kedua Kelompok

Statistik	Eksperimen	Kontrol
Jumlah sampel	31	31
Nilai tertinggi	52,50	50,00
Nilai terendah	15,00	15,00
Rata-rata nilai	35,32	30,32
Standar deviasi	10,83	9,97
Kategori	Kurang	Kurang

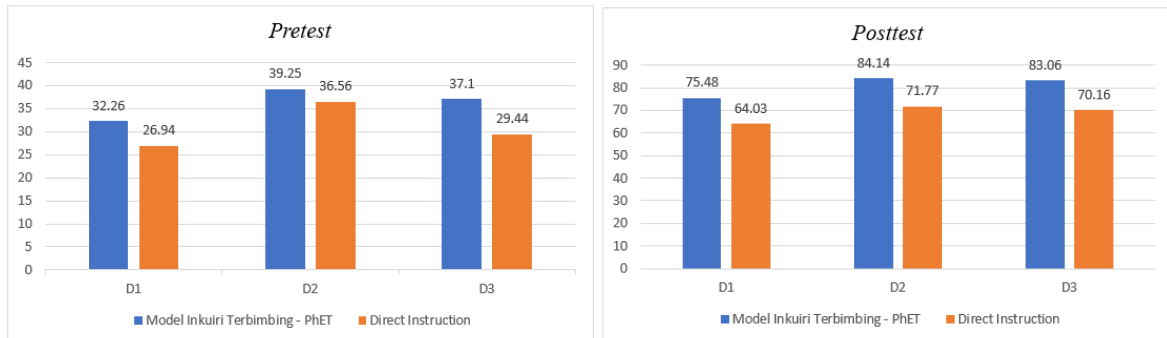
Berdasarkan Tabel 1, kemampuan awal pemahaman konsep siswa pada kedua kelompok masih berada pada kategori kurang dengan kondisi yang relatif setara. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sebelum perlakuan diberikan, pemahaman konsep siswa pada kedua kelompok belum berkembang secara optimal. Setelah kemampuan awal siswa diketahui, kedua kelompok selanjutnya diberikan perlakuan pembelajaran yang berbeda. Kelas eksperimen dibelajarkan menggunakan model Inkuiri Terbimbing berbantuan media interaktif simulasi *PhET*, sedangkan kelas kontrol menggunakan model *Direct Instruction*. Untuk mengetahui perubahan pemahaman konsep setelah perlakuan diberikan, dilakukan pengukuran melalui *posttest*. Ringkasan hasil *posttest* disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Ringkasan Hasil *Posttest* Kedua Kelompok

Statistik	Eksperimen	Kontrol
Jumlah sampel	31	31
Nilai tertinggi	95,00	80,00
Nilai terendah	62,50	55,00
Rata-rata nilai	79,60	67,58
Standar deviasi	8,71	7,03
Kategori	Baik	Cukup

Mengacu pada Tabel 2, terjadi peningkatan pemahaman konsep pada kedua kelompok setelah proses pembelajaran berlangsung. Akan tetapi, peningkatan pada kelas eksperimen terlihat lebih baik dibandingkan kelas kontrol, yang tampak dari capaian kategori hasil yang diperoleh masing-masing kelompok. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran pada kelas eksperimen memberikan hasil yang lebih baik terhadap pemahaman konsep siswa.

Perbandingan capaian setiap dimensi pemahaman konsep pada kedua kelompok berdasarkan hasil *pretest* dan *posttest* disajikan pada Gambar 1.



Gambar 2. Perbandingan Hasil *Pretest* dan *Posttest* Setiap Dimensi Pemahaman Konsep Kedua Kelompok

Grafik tersebut menunjukkan adanya peningkatan nilai rata-rata dari hasil *pretest* ke *posttest* pada kedua kelompok. Peningkatan terjadi pada seluruh dimensi pemahaman konsep, yaitu interpretasi (D1), translasi (D2), dan ekstrapolasi (D3), yang menunjukkan adanya perkembangan pemahaman konsep siswa setelah pembelajaran. Meskipun demikian, peningkatan pada kelas eksperimen tampak lebih optimal dengan capaian kategori sedang hingga tinggi, sedangkan kelas kontrol hanya mencapai kategori sedang. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa pembelajaran pada kelas eksperimen lebih mampu mengoptimalkan pemahaman konsep siswa pada seluruh dimensi. Setelah diperoleh hasil *pretest* dan *posttest*, tahap berikutnya adalah pengujian hipotesis menggunakan analisis kovarian (ANAKOVA). ANAKOVA merupakan kombinasi antara analisis regresi dan analisis varians yang mensyaratkan beberapa asumsi, meliputi normalitas, homogenitas, dan linearitas hubungan antara kovariat dengan variabel terikat.

Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan menggunakan uji Shapiro-Wilk karena jumlah sampel pada masing-masing kelompok kurang dari 50, sehingga uji ini dinilai lebih sesuai untuk sampel berukuran kecil (Dianty et al., 2026). Data dinyatakan berdistribusi normal apabila nilai signifikansi lebih besar dari 0,05 (Rapi et al., 2023). Hasil uji normalitas disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 3. Ringkasan Hasil Uji Normalitas

Model Pembelajaran		Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
Pretest	Inkuiri Terbimbing - PhET	.959	31	.271
	Direct Instruction	.945	31	.113
Posttest	Inkuiri Terbimbing - PhET	.948	31	.137
	Direct Instruction	.961	31	.304

Berdasarkan tabel tersebut, nilai signifikansi uji *Shapiro-Wilk* pada seluruh data *pretest* dan *posttest* di kedua kelompok menunjukkan nilai lebih besar dari 0,05. Dengan demikian, data penelitian dapat dinyatakan berdistribusi normal dan memenuhi salah satu asumsi ANAKOVA.

Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui kesamaan varians antar kelompok data (Al Fatih et al., 2026). Dalam analisis ANAKOVA, data dinyatakan homogen apabila nilai

signifikansi lebih besar dari 0,05 (Rapi et al., 2023). Pada penelitian ini, pengujian homogenitas dilakukan menggunakan uji Levene dan hasilnya disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4. Ringkasan Hasil Uji Homogenitas

		Levene Statistic	df ₁	df ₂	Sig.
<i>Pretest</i>	<i>Based on Mean</i>	.007	1	60	.933
	<i>Based on Median</i>	.003	1	60	.957
	<i>Based on Median and with adjusted df</i>	.003	1	54.848	.957
	<i>Based on trimmed mean</i>	.009	1	60	.923
<i>Posttest</i>	<i>Based on Mean</i>	.634	1	60	.429
	<i>Based on Median</i>	.466	1	60	.498
	<i>Based on Median and with adjusted df</i>	.466	1	52.648	.498
	<i>Based on trimmed mean</i>	.589	1	60	.446

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai signifikansi uji Levene pada data *pretest* maupun *posttest* kedua kelompok berada di atas 0,05. Hal tersebut menunjukkan bahwa varians data antar kelompok bersifat homogen sehingga asumsi homogenitas dalam ANAKOVA telah terpenuhi.

Uji Linearitas

Uji linearitas bertujuan untuk mengetahui hubungan linear antara variabel kovariat (*pretest*) dengan variabel terikat (*posttest*). Pengujian ini menjadi salah satu syarat dalam analisis ANAKOVA, di mana hubungan dinyatakan linear apabila nilai signifikansi lebih besar dari 0,05 (Rapi et al., 2023). Hasil uji linieritas disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 5. Ringkasan Hasil Uji Linearitas

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	
<i>Posttest</i> *	<i>Between Groups</i>	<i>(Combined)</i>	3884.295	15	258.953	5.643	.000
		<i>Linearity</i>	2974.496	1	2974.496	64.817	.000
		<i>Deviation from Linearity</i>	909.799	14	64.986	1.416	.184
<i>Pretest</i>	<i>Within Groups</i>	2110.967	46	45.891			
	<i>Total</i>	5995.262	61				

Berdasarkan hasil pengujian, nilai signifikansi hubungan antara variabel kovariat dan variabel terikat pada kedua kelompok menunjukkan nilai lebih besar dari 0,05. Dengan demikian, hubungan antara *pretest* dan *posttest* dapat dinyatakan linear sehingga asumsi linearitas dalam ANAKOVA terpenuhi. Setelah seluruh uji prasyarat analisis, yaitu normalitas, homogenitas, dan linearitas terpenuhi, pengujian hipotesis selanjutnya dilakukan menggunakan ANAKOVA. Analisis ini digunakan untuk mengetahui pengaruh model pembelajaran terhadap pemahaman konsep siswa dengan mengontrol kemampuan awal siswa (*pretest*), sehingga hasil analisis menjadi lebih akurat (Rapi et al., 2023). Hasil uji ANAKOVA disajikan pada tabel berikut.

Tabel 6. Ringkasan Hasil Uji ANAKOVA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4226.651 ^a	2	2113.326	70.500	.000
Intercept	16915.546	1	16915.546	564.294	.000
Pretest	1988.647	1	1988.647	66.340	.000
Model Pemb.	1252.156	1	1252.156	41.771	.000
Error	1768.611	59	29.976		
Total	341743.750	62			
Corrected Total	5995.262	61			

a. R Squared = .705 (Adjusted R Squared = .695)

Berdasarkan hasil pada Tabel 6, variabel *pretest* memperoleh nilai F sebesar 66,340 dengan signifikansi 0,001. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kemampuan awal siswa sebagai variabel kovariat berpengaruh signifikan terhadap pemahaman konsep akhir siswa. Selanjutnya, variabel model pembelajaran memperoleh nilai F sebesar 41,771 dengan signifikansi 0,001. Temuan ini menunjukkan bahwa model pembelajaran memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pemahaman konsep siswa setelah kemampuan awal dikontrol. Selain itu, nilai *Adjusted R Squared* sebesar 0,695 menunjukkan bahwa model penelitian mampu menjelaskan 69,5% variasi pemahaman konsep siswa, sedangkan 30,5% sisanya dipengaruhi faktor lain di luar penelitian. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa H_a diterima dan H_0 ditolak, sehingga terdapat pengaruh signifikan model Inkuiri Terbimbing berbantuan simulasi *PhET* terhadap pemahaman konsep siswa.

Setelah diketahui adanya pengaruh signifikan melalui uji ANAKOVA, dilakukan uji lanjut menggunakan *Least Significant Difference (LSD)*. Uji ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan rata-rata pemahaman konsep antar kelompok secara lebih rinci. Hasil uji LSD disajikan pada tabel berikut.

Tabel 7. Hasil Uji Lanjut LSD

(I) Model Pembelajaran	(J) Model Pembelajaran	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b
InkuiriTerbimbing- <i>PhET</i>	Direct Instruction	9.252*	1.431	.000
Direct Instruction	InkuiriTerbimbing- <i>PhET</i>	-9.252*	1.431	.000

Mengacu pada Tabel 7, terdapat perbedaan rata-rata pemahaman konsep antara kelompok eksperimen dan kelas kontrol sebesar 9,252 dengan nilai signifikansi 0,001. Nilai tersebut menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok. Pengujian lanjutan menggunakan uji LSD dengan kriteria $|\mu_i^* - \mu_j^*| > LSD$, maka H_a diterima dan H_0 ditolak. Berdasarkan perhitungan secara manual diperoleh nilai LSD sebesar 2,78, sehingga karena selisih rata-rata (9,252) lebih besar dari nilai LSD (2,78), maka H_a diterima dan H_0 ditolak. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan pemahaman konsep siswa antara kedua kelompok, di mana kelas yang menggunakan model Inkuiri Terbimbing berbantuan media interaktif simulasi *PhET* memiliki rata-rata pemahaman konsep yang lebih tinggi dibandingkan kelas *Direct Instruction*.



Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis deskriptif, diketahui bahwa kemampuan awal pemahaman konsep siswa pada kedua kelompok masih berada pada kategori rendah hingga sedang. Hal tersebut terlihat dari rata-rata nilai *pretest* antara kelas eksperimen dan kelas kontrol yang tidak menunjukkan perbedaan yang mencolok. Kondisi ini menunjukkan bahwa sebelum perlakuan diberikan, kemampuan awal siswa pada kedua kelompok relatif setara dan pemahaman konsep terhadap materi fisika masih belum berkembang secara optimal. Kesetaraan kemampuan awal ini menunjukkan bahwa kedua kelompok memiliki kondisi awal yang relatif sama sebelum proses pembelajaran dilaksanakan (Agustina & Sumartini, 2021).

Setelah proses pembelajaran berlangsung, terdapat perbedaan pemahaman konsep antara kelas eksperimen yang menggunakan model Inkuiri Terbimbing berbantuan simulasi *PhET* dan kelas kontrol yang menggunakan model *Direct Instruction*. Perbedaan tersebut terlihat dari rata-rata nilai *posttest* yang diperoleh kedua kelompok, di mana kelas eksperimen memperoleh rata-rata sebesar 79,60 dengan kategori tinggi, sedangkan kelas kontrol memperoleh rata-rata sebesar 67,58 dengan kategori sedang. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran berbasis inkuiri yang dipadukan dengan simulasi interaktif memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap pemahaman konsep fisika siswa.

Keunggulan pada kelas eksperimen juga terlihat pada setiap dimensi pemahaman konsep, yaitu interpretasi, translasi, dan ekstrapolasi (Drastisianti et al., 2024). Pada dimensi interpretasi kelas eksperimen memperoleh rata-rata sebesar 75,48 dengan kategori sedang, pada dimensi translasi memperoleh rata-rata sebesar 84,14 dengan kategori tinggi, dan pada dimensi ekstrapolasi memperoleh rata-rata sebesar 83,06 dengan kategori tinggi. Sementara itu, kelas kontrol memperoleh rata-rata sebesar 64,03 pada dimensi interpretasi, 71,77 pada dimensi translasi, dan 70,16 pada dimensi ekstrapolasi dengan kategori sedang pada seluruh dimensi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model Inkuiri Terbimbing berbantuan media interaktif simulasi *PhET* tidak hanya memberikan pengaruh terhadap pemahaman konsep secara umum, tetapi juga mampu mendukung perkembangan setiap dimensi pemahaman konsep siswa, terutama pada kemampuan translasi dan ekstrapolasi.

Capaian yang lebih baik pada kelas eksperimen dipengaruhi oleh karakteristik model Inkuiri Terbimbing yang melibatkan siswa secara aktif dalam proses pembelajaran. Melalui kegiatan penyelidikan, siswa didorong untuk mengamati fenomena, mengajukan pertanyaan, melakukan percobaan, dan menyimpulkan konsep berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan. Keterlibatan aktif tersebut membantu siswa membangun pemahaman konsep secara lebih mendalam dibandingkan pembelajaran yang hanya berpusat pada penyampaian materi oleh guru. Selain itu, penggunaan simulasi *PhET* membantu siswa memvisualisasikan konsep-konsep fisika yang bersifat abstrak sehingga konsep menjadi lebih mudah dipahami. Simulasi interaktif juga memberikan kesempatan kepada siswa untuk menghubungkan representasi visual, matematis, dan konseptual dalam pembelajaran fisika.

Selanjutnya, berdasarkan uji prasyarat analisis yang meliputi uji normalitas, homogenitas, dan linieritas, seluruh data dinyatakan memenuhi asumsi ANAKOVA sehingga analisis dapat dilanjutkan ke tahap pengujian hipotesis. Pemenuhan asumsi ini menunjukkan bahwa data penelitian layak untuk dianalisis menggunakan uji parametrik dan hasil yang diperoleh dapat dipercaya secara statistik. Hasil uji ANAKOVA satu jalur menunjukkan bahwa variabel kovariat (*pretest*) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap variabel terikat (*posttest*). Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan awal siswa memiliki kontribusi terhadap pemahaman konsep akhir siswa. Selain itu, model pembelajaran juga memberikan pengaruh



yang signifikan terhadap pemahaman konsep siswa setelah kemampuan awal dikontrol. Nilai *Adjusted R Squared* sebesar 0,695 menunjukkan bahwa model pembelajaran mampu menjelaskan sebesar 69,5% variasi pemahaman konsep siswa, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain di luar penelitian. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,001 yang lebih kecil dari 0,05 sehingga H_a diterima dan H_0 ditolak. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh berupa perbedaan yang signifikan antara siswa yang belajar menggunakan model pembelajaran Inkuiri Terbimbing berbantuan media interaktif simulasi *PhET* terhadap pemahaman konsep fisika siswa dengan siswa yang belajar dengan menggunakan model *Direct Instruction*.

Hasil uji ANAKOVA satu jalur menunjukkan bahwa variabel kovariat (*pretest*) berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat (*posttest*), yang berarti bahwa kemampuan awal siswa memiliki kontribusi terhadap pemahaman konsep akhir siswa. Selain itu, hasil uji juga menunjukkan bahwa model pembelajaran memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pemahaman konsep siswa setelah mengontrol kemampuan awal. Besarnya kontribusi model pembelajaran terhadap variasi pemahaman konsep siswa ditunjukkan oleh nilai *Adjusted R Squared* sebesar 0,695, yang berarti bahwa 69,5% variasi pemahaman konsep siswa dapat dijelaskan oleh model pembelajaran, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain di luar penelitian.

Untuk melihat perbedaan antar kelompok secara lebih rinci, dilakukan uji lanjut menggunakan *Least Significant Difference (LSD)*. Hasil uji lanjut menunjukkan adanya perbedaan rata-rata pemahaman konsep antara kelas eksperimen dan kelas kontrol dengan selisih sebesar 9,252. Nilai tersebut lebih besar dibandingkan nilai *LSD* sebesar 2,78, sehingga menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok. Berdasarkan hasil tersebut, H_a diterima dan H_0 ditolak. Dengan demikian, pemahaman konsep siswa pada kelas yang menggunakan model Inkuiri Terbimbing berbantuan media interaktif simulasi *PhET* lebih tinggi dibandingkan kelas yang menggunakan model *Direct Instruction*.

Hasil yang di peroleh penelitian ini sejalan dengan penelitian Pranata (2023) yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis inkuiri terbimbing berbantuan simulasi *PhET* mampu memberikan pengaruh positif terhadap pemahaman konsep fisika siswa secara signifikan. Hal tersebut dapat dilihat dari aktifnya siswa dalam proses pembelajaran dan dapat terbantu dengan visualisasi konsep melalui simulasi interaktif. Kemudian, penelitian Fitriani et al. (2023) juga menemukan bahwa penggunaan *PhET* dalam pembelajaran berbasis inkuiri tidak hanya membantu meningkatkan penguasaan konsep, tetapi juga membantu siswa dalam memahami konsep abstrak melalui representasi visual yang lebih konkret.

Penelitian lain oleh Hidayati et al. (2024) dan Salim & Fianti (2024) juga menunjukkan hasil yang serupa, yaitu model inkuiri terbimbing memberikan hasil belajar yang lebih baik dibandingkan model pembelajaran konvensional pada berbagai materi fisika. Serta penelitian yang dilakukan oleh Uwambajimana et al. (2023) menunjukkan bahwa penggunaan simulasi *PhET* dalam pembelajaran elektrostatis mampu memberikan pemahaman konsep yang lebih baik dibandingkan pembelajaran konvensional. Hal penelitian dari berbagai penelitian terdahulu ini mengindikasikan bahwa efektivitas model Inkuiri Terbimbing ini mampu mendukung pemahaman konsep melalui proses pembelajaran yang memberikan kesempatan kepada siswa untuk aktif membangun pengetahuannya sendiri.



KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh signifikan penerapan model pembelajaran Inkuiri Terbimbing berbantuan media interaktif simulasi PhET terhadap pemahaman konsep siswa pada materi gelombang cahaya. Setelah kemampuan awal siswa dikontrol melalui analisis ANAKOVA, siswa yang belajar menggunakan model Inkuiri Terbimbing berbantuan simulasi PhET memperoleh pemahaman konsep yang lebih tinggi dibandingkan siswa yang belajar menggunakan model *Direct Instruction*. Temuan ini menunjukkan bahwa pembelajaran yang memberi kesempatan kepada siswa untuk melakukan penyelidikan, mengeksplorasi konsep, dan memanfaatkan simulasi interaktif mampu membantu siswa membangun pemahaman konsep fisika secara lebih efektif.

Implikasi penelitian ini menunjukkan bahwa model Inkuiri Terbimbing berbantuan simulasi PhET dapat dijadikan sebagai alternatif pembelajaran fisika untuk meningkatkan pemahaman konsep, khususnya pada materi yang bersifat abstrak dan memerlukan visualisasi. Oleh karena itu, guru disarankan untuk mengintegrasikan media simulasi interaktif dalam proses pembelajaran guna mendukung keterlibatan aktif siswa. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan pada materi fisika yang berbeda, jenjang pendidikan yang lebih beragam, atau dengan mengkaji pengaruh model ini terhadap variabel lain seperti kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, maupun literasi sains siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, M. I., Hanafi, Y., & Dwi Sagita, F. (2023). Identifikasi kemampuan pemahaman konsep materi kinematika gerak lurus pada siswa kelas VIII SMP Negeri di kota Malang. *Jurnal MIPA Dan Pembelajarannya*, 3(12). <https://doi.org/10.17977/um067v3i122023p1>
- Agustina, T. B., & Sumartini, T. S. (2021). Kemampuan representasi matematis siswa melalui model STAD dan TPS. *Plusminus: Jurnal Pendidikan Matematika*, 1(2), 315–326. <https://doi.org/10.31980/plusminus.v1i2.904>
- Al Fatih, F., Putri Lubis, N., Nisah HSB, K., Zulpan, Z., & Arianto, A. (2026). Konsep homogenitas dan normalitas dalam statistik serta teknik pengujiannya. *Educational Journal*, 1(3), 805–817. <http://indojournal.com/index.php/edu/article/view/2509/2172>
- Annisa, K. K., Palawa, A. H., Zikri, F., & Ramadhan, Z. (2025). Teori belajar proses. *Pediaqu : Jurnal Pendidikan Sosial Dan Humaniora*, 4(4), 7277–7298. <https://publisherqu.com/index.php/pediaqu/article/view/3136/2779>
- Arafah, A. A., Sukriadi, & Samsuddin, A. F. (2023). Implikasi teori belajar konstruktivisme pada pembelajaran matematika. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 13(2), 358–366. <https://doi.org/10.37630/jpm.v13i2.946>
- Arnata, I. W., Mardana, I. B. P., & Suwindra, I. N. P. (2020). Pengaruh model pembelajaran problem based flipped classroom terhadap keterampilan pemecahan masalah siswa kelas XI IPA. *Jurnal Pendidikan Fisika Undiksha*, 10(1). <https://doi.org/10.23887/jjpf.v10i1.26723>
- Dianty, M. Al, Rineliana, Impran, A., Rahman, F., Herlina, F., Taufikurrahman, M. R., Sartika, I., Cahyani, F. N., Herawati, S., & Mardikawati, B. (2026). *Statistik dan Validitas Penelitian*. CV. Rey Media Grafika.
- Drastisianti, A., Dewi, A. K., & Alighiri, D. (2024). Effectiveness of guided inquiry learning with phet simulation to improve students' critical thinking ability and understanding of reaction rate concepts. *International Journal of Pedagogy and Teacher Education*, 8(2), 235. <https://doi.org/10.20961/ijpte.v8i2.93924>



- Durisa, A. I., Istiningsih, S., & Widodo, A. (2022). Menciptakan pembelajaran yang aktif, kreatif, efektif dan menyenangkan di sekolah dasar. *Elementary Journal: Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 5(2), 55–63. <https://doi.org/10.47178/elementary.v5i2.1678>
- Fauziah, S., Mufit, F., Ramli, Afrizon, R., & Hidayat, Z. (2021). Analysis of concepts understanding and students' attitudes towards learning physics in parabolic motion at SMAN Kota Pariaman. *Pillar of Physics Education*, 14(3), 177–186. <https://doi.org/10.24036/11994171074>
- Firdaus, M. R., Istiyadji, M., & Sauqina. (2021). Implementasi model pembelajaran inkuiri terbimbing terhadap penguasaan dan keberlanjutan pemahaman konsep peserta didik pada materi sistem pernapasan manusia. *Journal of Mathematics, Science, and Computer Education (JMSCEdu)*, 1(1), 15–27. <https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/jmsc-edu/article/view/3370>
- Fitrianiingsi, A., Rokhmat, J., Taufik, M., & Verawati, N. N. S. P. (2023). Pengaruh model pembelajaran inkuiri terbimbing berbantuan simulasi phet terhadap penguasaan konsep dan kemampuan berpikir kritis peserta didik. *Empiricism Journal*, 4(2), 335–342. <https://doi.org/10.36312/ej.v4i2.1396>
- Handayani, E. S., Fernando, F., Gaspersz, S., Ridwan, Ahmadin, & Kusumarini, E. (2025). Implementasi pembelajaran mendalam (deep learning) dalam meningkatkan efektivitas kurikulum berdampak di sekolah. *Jurnal Edu Research Indonesian Institute For Corporate Learning And Studies (IICLS) Page*, 6(2), 1522–1535. <https://www.iicls.org/index.php/jer/article/view/975/866>
- Hariyono, Muchson, M., Anas, M., & Forijati, R. (2025). Implementasi pembelajaran mendalam untuk meningkatkan mutu pendidikan di indonesia : tantangan dan strategi. *Seminar Nasional Pendidikan Dan Pembelajaran*, 8, 199–212. <https://proceeding.unpkediri.ac.id/index.php/semdikjar/article/view/8468/5278>
- Hidayati, P., Zuhdi, M., Ayub, S., & Rahayu, S. (2024). Pengaruh model pembelajaran inkuiri terbimbing dengan metode eksperimen terhadap penguasaan konsep fisika peserta didik. *Journal of Classroom Action Research*, 6(2), 238–243. <https://jppipa.unram.ac.id/index.php/jcar/article/view/7416>
- Januarti, Islami, N., & Yennita. (2023). Development of physics modules based on the react learning model of sound wave material to improve the ability to understand concepts. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(10), 8489–8497. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i10.4393>
- Magfirah, L. (2024). Kesulitan umum dan strategi pembelajaran fisika pada siswa sekolah menengah pertama. *Jurnal Ilmiah IPA Dan Matematika*, 2(4), 95–100. <https://jurnalcendekia.id/index.php/jiim/article/view/483/402>
- Mahyuna, Hasja, Y., Liiman, M., Lismarita, & Rahmi, R. (2024). Merdeka belajar dengan pendekatan inkuiri terbimbing: melatih keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran sains. *Journal of Technology and Literacy in Education*, 3(3), 182–190. <https://jurnal.serambimekkah.ac.id/index.php/jtle/article/view/3011>
- Marzuki & Boroneo, D. S. (2023). Pengaruh model pembelajaran inkuiri terbimbing terhadap aktivitas dan hasil belajar siswa pada materi ciri-ciri makhluk hidup kelas VII SMPN 1 Ambalau. *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran*, 6(2). <https://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/jrpp/article/view/18144>
- Muzana, S. R., Lubis, S. P. W., & Wirda. (2021). Penggunaan simulasi PhET terhadap



- efektifitas belajar IPA. *Jurnal Dedikasi Pendidikan*, 5(1), 227–236. <https://jurnal.abulyatama.ac.id/index.php/dedikasi/article/view/1587>
- OECD. (2023). *PISA 2022 results (Volume I and II): Country notes – Indonesia*. OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i-and-ii-country-notes_ed6fbcc5-en/indonesia_c2e1ae0e-en.html
- Paramita, A. J., Ariani, K. B., Mahadewi, N. P. D., & Werang, B. R. (2025). Tantangan implementasi pembelajaran mendalam sebagai pendekatan dalam kurikulum merdeka. *DIKSI: Jurnal Kajian Pendidikan Dan Sosial*, 6(4), 757-769. <https://bimaberilmu.com/jurnal/index.php/diksi/article/view/3030/1122>
- Pranata, O. D. (2023). Enhancing conceptual understanding and concept acquisition of gravitational force through guided inquiry utilizing phet simulation article history. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 15(1), 44–52. <https://ejournal.uinmybatuangsar.ac.id/ojs/index.php/sainstek/article/view/919>
- Rapi, N. K., Suastra, I. W., Arjana, I. G., & Widiarini, P. (2023). *Modul Statistika Pendidikan*. Undiksha Press.
- Rizaldi, D. R., Jufri, A. W., & Jamaluddin, J. (2020). PhET: simulasi interaktif dalam proses pembelajaran fisika. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 5(1), 10–14. <https://jipp.unram.ac.id/index.php/jipp/article/view/103>
- Rohmaya, N. (2022). Peningkatan literasi sains siswa melalui pembelajaran IPA berbasis socioscientific issues (SSI). *Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(2), 107–117. <https://doi.org/10.37630/jpm.v12i2.553>
- Salim, S. Y., & Fianti. (2024). Pengaruh model pembelajaran inkuiri terbimbing berbantuan simulasi PhET terhadap pemahaman konsep dan sikap peserta didik pada materi alat optik. *Unnes Physics Education Journal*, 13(1), 1–8 <https://doi.org/10.15294/upej.v13i1.8616>
- Sarumaha, M., & Harefa, D. (2022). Model pembelajaran inquiry terbimbing terhadap hasil belajar ipa terpadu siswa. *Ndrumi : Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Humaniora*, 5(1), 27–36. <https://doi.org/10.57094/ndrumi.v5i1.517>
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st Century Skills Learning for Life in Our Times*. Jossey-Bass.
- Uwambajimana, S., Minani, E., Mollel, A. D., & Nyirahabimana, P. (2023). The impact of using PhET simulation on conceptual understanding of electrostatics within selected secondary schools of Muhanga District, Rwanda. *Journal of Mathematics and Science Teacher*, 3(2), em045. <https://doi.org/10.29333/mathsciteacher/13595>
- Wulandari, A. P., Salsabila, A. A., Cahyani, K., Nurazizah, T. S., & Ulfiah, Z. (2023). Pentingnya media pembelajaran dalam proses belajar mengajar. *Journal on Education*, 5(2), 3928–3936. <https://doi.org/10.31004/joe.v5i2.1074>
- Zahara, L., Suastra, I. W., Atmaja, A. W. T., & Tika, I. N. (2024). Perspektif filsafat pendidikan dalam mengembangkan pemahaman konsep fisika. *CONSILIUM Journal : Journal Education and Counseling*, 5(1), 257–267. <https://unars.ac.id/ojs/index.php/consilium/article/view/5507/4152>