



Pengaruh Penggunaan GeoGebra terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Materi Gelombang Cahaya

Dwi Mairawati*, Nabila Aprilia, Dzikri Rahmat Romadhon
Program Studi Pendidikan Fisika, UIN Syarif Hidayatullah, Indonesia
* Korespondensi Penulis. E-mail: dwimaira96@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh bahan ajar dengan GeoGebra terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gelombang cahaya. Metode yang digunakan, yaitu *quasi-experimental* dengan desain *pre-test-post-test control group*. Populasi penelitian meliputi peserta didik salah satu SMA di Jakarta. Sampel penelitian terdiri dari 35 peserta didik di kelompok eksperimen dan 35 peserta didik di kelompok kontrol. Data dikumpulkan melalui tes esai keterampilan berpikir kritis yang telah divalidasi. Data dianalisis menggunakan uji Wilcoxon *signed rank test* dan uji *n-Gain*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua kelompok mengalami peningkatan, tetapi peningkatan kelompok eksperimen ($n\text{-Gain} = 0,84$; kategori tinggi) secara signifikan lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol ($n\text{-Gain} = 0,48$; kategori sedang). Dengan demikian, disimpulkan bahwa bahan ajar dengan GeoGebra efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gelombang cahaya. Bahan ajar dengan GeoGebra dapat diimplikasikan sebagai alternatif bahan ajar inovatif dalam pembelajaran fisika yang selaras dengan tujuan ke empat pembangunan berkelanjutan.

Kata kunci: Bahan ajar, Berpikir kritis, Gelombang cahaya, GeoGebra

The Effect of GeoGebra on Students' Critical Thinking Skills in Light Waves Materials

Abstract

This study aims to analyze the effect of GeoGebra teaching materials on students' critical thinking skills on the topic of light waves. The method used is a quasi-experimental with a pre-test-post-test control group design. The study population included students at a high school in Jakarta. The study sample consisted of 35 students in the experimental group and 35 students in the control group. Data were collected through a validated critical thinking skills essay test. Data were analyzed using the Wilcoxon signed rank test and the n-Gain test. The results showed that both groups experienced improvement, but the increase in the experimental group ($n\text{-Gain} = 0.84$; high category) was significantly higher than the control group ($n\text{-Gain} = 0.48$; medium category). Thus, it is concluded that GeoGebra teaching materials are effective in improving students' critical thinking skills on the topic of light waves. GeoGebra teaching materials can be implied as an alternative, innovative teaching material in physics learning that is aligned with the fourth goal of sustainable development.

Keywords: Critical thinking, GeoGebra, Light waves, Teaching material

How to Cite: Mairawati, D., Aprilia, N., & Romadhon, D. R. (2025). Pengaruh penggunaan geogebra terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gelombang cahaya. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains, 13*(Special Issue), 306–315. https://doi.org/10.21831/jpms.v13iSpecial_issue.89916

Permalink/DOI: DOI: https://doi.org/10.21831/jpms.v13iSpecial_issue.89916

PENDAHULUAN

Sustainable Development Goals (SDGs) adalah sejumlah target pembangunan global yang ditetapkan Perserikatan Bangsa-Bangsa untuk dicapai dalam kurun waktu 15 tahun (Arfianti et al., 2025). Pendidikan berkualitas adalah salah satu tujuan ke empat dalam kerangka SDGs,

memastikan kualitas pendidikan yang inklusif dan merata (Pratama et al., 2025). Namun hal tersebut bukanlah tanpa tantangan. Tantangan-tantangan yang masih dihadapi dalam mencapai SDGs 4 di Indonesia melibatkan banyak aspek. Salah satu aspeknya seperti peningkatan kualitas pembelajaran dan penguasaan keterampilan (Siahaan et al., 2023).

Studi menunjukkan bahwa proses pembelajaran fisika saat ini cenderung berfokus pada penguasaan konsep secara teoretis dan kurang melatih kemampuan penyelesaian masalah (Musengimana, 2025). Guru masih mendominasi pembelajaran metode ceramah yang bersifat satu arah, terdapat 88% peserta didik mengaku hanya mendengarkan penjelasan guru, sementara hanya 22% yang mengalami pembelajaran melalui praktikum (Khusna, 2021). Fakta ini bertolak belakang dengan keinginan 53% peserta didik yang justru mengharapkan pembelajaran dengan praktikum (Azizah et al., 2015). Kondisi ini mengindikasikan bahwa metode pembelajaran yang diterapkan belum efektif dan efisien. Oleh karena itu, peserta didik cenderung pasif dan kesulitan menghubungkan teori dengan fenomena nyata, terutama pada materi yang bersifat abstrak seperti gelombang cahaya.

Permasalahan tidak hanya terletak pada metode (Asmita et al., 2022), tetapi juga pada kualitas bahan ajar yang digunakan (Wijayanti et al., 2021). Bahan ajar yang tidak optimal (Sevtia et al., 2022) dan masih mengandalkan buku teks sebagai sumber utama (Yuliana, 2022) merupakan faktor penghambat lain yang menyebabkan peserta didik kesulitan memahami materi fisika (Asmita et al., 2022). Sebaliknya, bahan ajar yang berkualitas (Izzah et al., 2021), menarik, dan interaktif (Sari et al., 2022) dapat mendorong pembelajaran mandiri, pemahaman yang lebih baik (Depany, 2023), serta mengembangkan keterampilan berpikir kritis peserta didik (Izzah et al., 2021). Bahan ajar adalah seperangkat materi, metode, evaluasi pembelajaran (Marta, 2021) yang disusun sistematis (Wijayanti *et al.*, 2021), bervariasi, informatif, serta dibuat menarik (Haryadi, 2021), baik tertulis maupun tidak untuk mencapai tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan (Izzah et al., 2021). Bahan ajar sangat penting dalam proses pembelajaran untuk mendukung kelancaran belajar mengajar (Fautin et al., 2021). Dalam konteks pembelajaran fisika, bahan ajar yang efektif tidak hanya menyajikan informasi teoretis, tetapi juga memfasilitasi aktivitas eksperimen, analisis data, dan pemecahan masalah, serta melatih keterampilan berpikir peserta didik. Tanpa dukungan bahan ajar yang memadai, proses pembelajaran berisiko menjadi tidak terarah dan kurang mendorong partisipasi aktif peserta didik (Majid, 2013). Oleh karena itu, memerlukan inovasi dalam pengembangan bahan

ajar yang memfasilitasi interaksi dua arah (Putri, 2024).

Gelombang cahaya dan optik merupakan salah satu materi yang dianggap sulit oleh peserta didik (Planinić et al., 2024). Penelitian Azizah (2015) mencatat 25% peserta didik mengalami kesulitan pada materi optik, sementara Purwanti (2020) menemukan 52,2% peserta didik menyatakan gelombang cahaya tidak mudah dipahami dan 87% membutuhkan bahan ajar tambahan (Azizah et al., 2015) (Purwanti & Saraswati, 2020). Lebih lanjut, kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi gelombang cahaya masih rendah dengan persentase 50% (Suganda et al., 2022). Untuk mengatasi masalah ini, maka memerlukan bahan ajar yang menarik (Sirait, 2024) dan inovatif guna memudahkan peserta didik dalam pembelajaran (Izzah et al., 2021).

Keterampilan berpikir kritis sebagai kemampuan berpikir tingkat tinggi (Suganda et al., 2022) yang melibatkan evaluasi, analisis, sintesis (Amelia 2024), dan interpretasi informasi (Latifah 2020), serta pengujian, pembuktian empiris, nalar, dan implikasi (Alatas, 2015) perlu dikembangkan. Salah satu upayanya adalah melalui perbaikan bahan ajar yang dapat menampilkan visualisasi konsep untuk dievaluasi dan dianalisis oleh peserta didik. Namun, kemampuan berpikir kritis peserta didik di Indonesia masih tergolong rendah (Anggraini et al., 2025). Khafidh & Sajiman (2025) menemukan bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik masih rendah, terutama dalam membuat kesimpulan dan penjelasan lanjutan.

Melihat tantangan ini, memerlukan pendekatan pembelajaran yang mampu memfasilitasi interaksi aktif peserta didik. Salah satu inovasi potensial adalah integrasi teknologi seperti GeoGebra (Aprilia & Romadhon, 2025). GeoGebra adalah salah satu *software* dinamis (Maskar, 2020) yang berfungsi sebagai alat bantu dalam pembelajaran matematika dan fisika (Nuritha, 2021). GeoGebra muncul sebagai alat yang potensial untuk memvisualisasikan konsep fisika secara interaktif (Wasiran *et al.*, 2019). Aplikasi *open-source* ini, yang awalnya dikembangkan untuk matematika (Utama, 2025), memiliki keunggulan dalam memvisualisasikan dan menyimulasikan fenomena fisika seperti gelombang dalam bentuk grafik, tabel, bahkan tiga dimensi (D. A. Nugroho, 2022). Selain itu, GeoGebra mudah diakses secara gratis.

Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan manfaat GeoGebra dalam

pembelajaran (Purwanti & Saraswati, 2020), sayangnya pemanfaatan GeoGebra sebagai media pembelajaran fisika masih belum optimal (Risald et al., 2024). Kemudian, masih sedikit peneliti yang secara spesifik membandingkan efektivitasnya dengan pembelajaran konvensional dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gelombang cahaya.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perbandingan peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik antara kelompok yang menggunakan pembelajaran dengan GeoGebra dan kelompok yang menggunakan pembelajaran konvensional pada materi gelombang cahaya. Secara lebih khusus, penelitian ini bertujuan untuk menjawab pertanyaan apakah terdapat perbedaan yang signifikan dalam peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik antara kedua metode pembelajaran tersebut, serta membandingkan efektivitas (*n-Gain*) pembelajaran dengan GeoGebra dan konvensional dalam meningkatkan keterampilan tersebut.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode *quasi experimental* dengan desain *pre-test-post-test control group design*. Terdapat dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Pada kelompok eksperimen diterapkan pembelajaran dengan GeoGebra, sedangkan pada kelompok kontrol menggunakan pembelajaran konvensional.

Populasi penelitian ini meliputi peserta didik salah satu Sekolah Menengah Atas di Jakarta. Penelitian ini melibatkan dua kelompok yang diambil dengan teknik *sampling purposive*, yaitu kelompok kontrol dengan 35 peserta didik dan kelompok eksperimen dengan 35 peserta didik. Teknik pengambilan data penelitian ini dilakukan dalam tiga tahap yaitu sebelum pembelajaran, ketika pembelajaran, dan setelah pembelajaran. Sebelum pembelajaran dilakukan pengumpulan data dengan cara observasi dan pengamatan tidak langsung (melalui *website*), serta pengambilan nilai *pre-test* pada kedua kelompok. Pelaksanaan pembelajaran dilakukan dengan memberikan perlakuan yang berbeda antara kedua kelompok. Kelompok eksperimen diberikan pembelajaran menggunakan GeoGebra dan kelompok kontrol dengan pembelajaran konvensional. Kemudian setelah pembelajaran kedua kelompok diberikan soal *post-test* untuk mengukur keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Data dikumpulkan melalui instrumen tes (*pre-test* dan *post-test*). Pelaksanaan pengambilan data berlangsung selama dua minggu atau empat kali pertemuan di bulan Juli-Agustus 2025. Instrumen tes keterampilan berpikir kritis yang digunakan adalah adaptasi dari indikator keterampilan berpikir kritis menurut Phillips (2004), yang terdiri dari 12 soal esai, mencakup lima indikator yaitu *elementary clarification* (4 soal), *basic support* (1 soal), *inference* (3 soal), *advanced clarification* (2 soal), dan *strategy and tactics* (1 soal).

Tabel 1. Kisi-kisi instrumen

Indikator Keterampilan Berpikir Kritis	Sub Indikator Keterampilan Berpikir Kritis	Nomor Soal
<i>Elementary clarification</i>	Memfokuskan pertanyaan Menganalisis argumen Bertanya dan menjawab pertanyaan tentang suatu penjelasan atau tantangan	3, 4, 8, 11
<i>Basic support</i>	Mempertimbangkan kredibilitas suatu sumber Mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi	9
<i>Inference</i>	Membuat deduksi dan mempertimbangkan hasil deduksi Membuat induksi dan mempertimbangkan hasil induksi Membuat Keputusan dan mempertimbangkan hasilnya	1, 2, 6
<i>Advanced clarification</i>	Mendefinisikan dan mempertimbangkan definisi Mengidentifikasi asumsi	7, 10
<i>Strategy and tactics</i>	Memutuskan suatu tindakan Berinteraksi dengan orang lain	5, 12

Instrumen tes yang digunakan telah dinilai oleh lima *expert judgement*. Validasi isi instrumen dinilai dari tiga aspek, yaitu materi, bahasa, dan konstruk. Hasil penilaian dari ahli kemudian dioleh menggunakan *content validity index* (CVI) yang dihitung dari rata-rata nilai *content validity ratio* (CVR) (Suwarna, 2016). Pada aspek materi, nilai SCVI yang diperoleh sebesar 0,88, menunjukkan kategori sangat tinggi. Sedangkan pada aspek bahasa, nilai CVI yang diperoleh sebesar 0,92, yang juga berada pada kategori sangat tinggi. Kemudian pada aspek konstruk diperoleh CVI sebesar 0,82, yang juga berada pada kategori sangat tinggi. Berdasarkan hasil validasi, semua soal dinyatakan valid dan dapat dilanjutkan untuk uji reliabilitas.

Uji berikutnya adalah uji realibilitas pada instrumen tes. Pengujian reliabilitas instrumen dilakukan dengan teknik Kuder-Richardson (KR-20). Hasil analisis uji reliabilitas dengan

menggunakan SPSS *Statistics* 31 menghasilkan nilai sebesar 0,95, yang masuk ke dalam kategori sangat tinggi.

Penelitian ini menggunakan uji normalitas, uji hipotesis dan uji *n-Gain* untuk menganalisis data. Berdasarkan hasil uji normalitas tersebut data yang didapatkan tidak berdistribusi normal, sehingga uji hipotesis yang digunakan adalah uji Wilcoxon *signed rank test*. Uji Wilcoxon *signed rank test* digunakan untuk menganalisis data dari *pre-test* dan *post-test*. Analisis statistik yang digunakan dalam analisis ini menggunakan *software* SPSS *Statistic* 31. Adapun hasil uji normalitas, uji hipotesis, dan uji *n-Gain* data akan disajikan pada bagian hasil.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji statistik deskriptif yang diperoleh dari hasil *pre-test* dan *post-test* peserta didik pada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji statistik deskriptif

Pemusatan dan Penyebaran Data	Kelompok Kontrol		Kelompok Eksperimen	
	<i>Pre-test</i>	<i>Post-test</i>	<i>Pre-test</i>	<i>Post-test</i>
Nilai Tertinggi	56	95	56	95
Nilai Terendah	19	26	21	65
<i>Mean</i>	33	64	32	85
Median	29	64	30	85
Modus	25	92	25	95
Standar Deviasi	10,98	18,75	7,61	10,31

Berdasarkan Tabel 2, menunjukkan bahwa kelompok kontrol dan kelompok eksperimen mengalami perubahan yang signifikan pada hasil keterampilan berpikir kritis. Pada kelompok eksperimen, skor rata-rata *pre-test* sebesar 32 dari skor ideal 95 menunjukkan pemahaman awal peserta didik masih sangat rendah. Akan tetapi, setelah diberi perlakuan rata-rata *post-test* kelompok eksperimen meningkat signifikan menjadi 85. Peningkatan ini menunjukkan bahwa

adanya pengaruh positif dari pembelajaran pada kelompok tersebut.

Sementara itu, kelompok kontrol yang dalam pembelajarannya menggunakan pembelajaran konvensional menunjukkan peningkatan yang lebih rendah. Rata-rata *pre-test* kelompok kontrol sebesar 33 dan rata-rata *post-test* sebesar 64. Hal tersebut menunjukkan adanya peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik, namun tidak sebesar kelompok eksperimen.

Tabel 3. Hasil uji normalitas

Shapiro-Wilk	<i>Pre-test</i>		<i>Post-test</i>	
	Eksperimen	Kontrol	Eksperimen	Kontrol
sig.	0,008	0,004	0,001	0,407
Keputusan	Tidak Normal	Tidak Normal	Tidak Normal	Normal

Data pada Tabel 3 diperoleh dari uji normalitas Shapiro-Wilk pada taraf signifikansi sebesar 5. Keputusan data berdistribusi normal

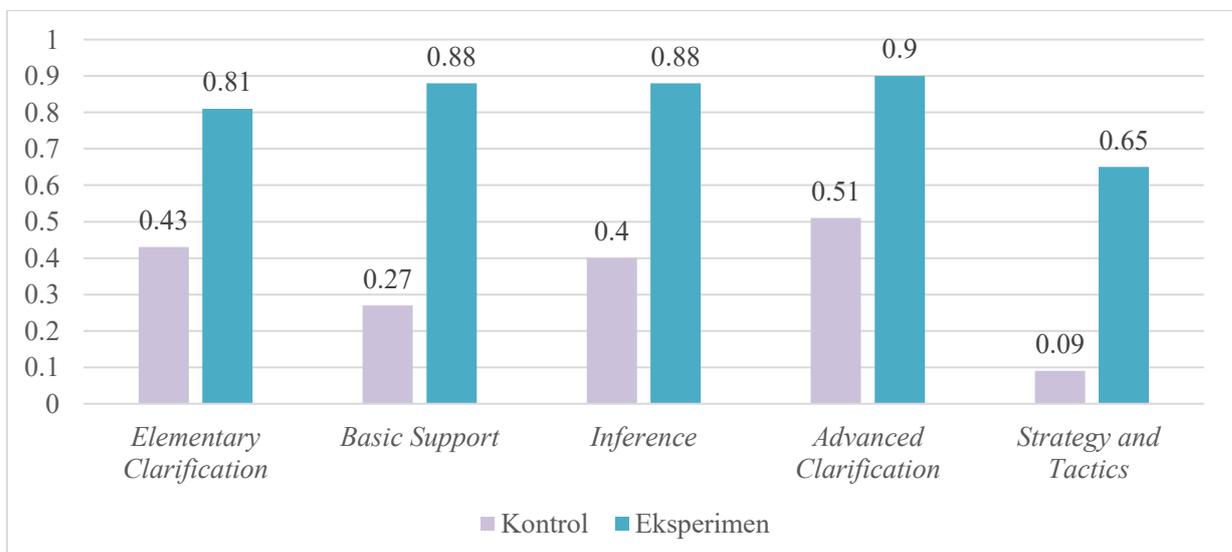
atau tidak normal, didasarkan pada ketentuan pengujian hipotesisnya. Yaitu jika $\text{sig.} \geq \alpha$ (0,05), maka hipotesis diterima atau keputusan yang

diambil berasal dari populasi data yang berdistribusi normal. Tabel 3 menginterupsiikan hasil uji normalitas yang didapatkan dari *pre-test* dan *pos-ttest* pada kelompok penelitian. Hasil uji normalitas data *pre-test* kelompok kontrol 0,004, sedangkan *post-test* pada kelompok kontrol sebesar 0,407. Berdasarkan data uji normalitas pada kelompok kontrol tersebut, dapat diketahui bahwa hanya nilai *post-test* yang memiliki nilai sig. di atas nilai signifikansi (0,05), maka dapat disimpulkan bahwa data hasil pada kelompok kontrol berasal dari populasi data yang tidak berdistribusi normal (Yusra et al., 2025). Sedangkan pada hasil uji normalitas data *pre-test* dan *post-test* kelompok eksperimen didapatkan secara berurutan sebesar 0,008 dan 0,001. Berdasarkan data uji normalitas pada kelompok eksperimen tersebut, dapat diketahui bahwa kedua nilai (*pre-test* dan *posttest*) memiliki nilai sig. di bawah nilai signifikansi (0,05), maka dapat disimpulkan bahwa data hasil *pre-test* dan *post-test* pada kelompok eksperimen berasal dari populasi data yang tidak berdistribusi normal.

Hasil uji hipotesis didapatkan dari *output* yang dihasilkan pada SPSS Statistics 31 menggunakan uji Wilcoxon *signed rank test* menunjukkan bahwa pada nilai *pre-test* dan *post-test* kelompok kontrol dan kelompok eksperimen sebesar 0,001; nilai tersebut lebih kecil daripada nilai taraf signifikansi (0,05) sehingga hipotesis dinyatakan heterogen. Hal ini menunjukkan bahwa secara statistik, terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai *pre-test* dan *post-test* pada kedua kelompok. Artinya, terdapat perbedaan rata-rata keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah pembelajaran.

Kemudian, diperkuat oleh hasil *n-Gain* yang menunjukkan pada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen didapatkan melalui rata-rata skor *n-Gain*-nya. Pada kelompok kontrol, memperoleh skor sebesar 0,48 yang mengindikasikan bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik berada pada kategori sedang. Pada kelompok eksperimen, skor yang didapatkan sebesar 0,84 atau berada pada kategori tinggi. Berdasarkan data tersebut, perolehan rata-rata skor *n-Gain* pada kelompok eksperimen lebih tinggi daripada kelompok kontrol. Peningkatan hasil *n-Gain* yang tinggi menunjukkan bahwa pembelajaran yang diterapkan sangat efektif. Hal ini konsisten dengan pernyataan Andayani (2015) yang menyebutkan bahwa pembelajaran dianggap efektif jika terdapat perbedaan yang signifikan antara pemahaman awal peserta didik dengan pemahaman setelah diberi perlakuan. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa pembelajaran dengan GeoGebra ini sangat efektif dalam meningkatkan penguasaan konsep dan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Hasil *n-Gain* ini memperkuat penelitian yang sudah dilakukan oleh Ikhlas (2023). Penelitian yang dilakukan Ikhlas 2023 bertujuan untuk mengukur keterampilan berpikir kritis, tetapi hanya menggunakan *one group pre-test-post-test design*. Pada penelitian ini, peneliti membandingkan dua kelompok yang diberikan perlakuan berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan GeoGebra lebih efektif dan memberikan pengaruh lebih besar daripada pembelajaran konvensional.



Gambar 1. Diagram *n-Gain* per indikator

Diagram di atas menunjukkan perbandingan rata-rata nilai n -Gain berdasarkan indikator keterampilan berpikir kritis pada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Pertama, indikator *elementary clarification* pada kelompok kontrol memperoleh nilai sebesar 0,43, sedangkan kelompok kontrol 0,81. Kedua, pada indikator *basic support* pada kelompok kontrol memperoleh nilai sebesar 0,27 dan kelompok eksperimen sebesar 0,88. Pada kedua indikator tersebut, GeoGebra membantu peserta didik untuk memvisualisasikan data dan informasi sehingga mereka mengidentifikasi pertanyaan-pertanyaan yang relevan dan menyajikan bukti dengan lebih baik.

Ketiga, indikator *inference*. Dengan adanya simulasi interaktif, peserta didik dapat melakukan observasi dan membuat induksi dari hasil pengamatan. Hal ini terlihat dari skor yang diperoleh kelompok eksperimen yang lebih tinggi (0,88) dibandingkan kelompok kontrol (0,4). Keempat, indikator *advanced clarification* pada kelompok kontrol memperoleh nilai sebesar 0,51, sedangkan kelompok eksperimen sebesar 0,9. Pada indikator kelima, *strategy and tactics* pada kelompok kontrol memperoleh nilai sebesar 0,09, sedangkan kelompok eksperimen sebesar 0,65. Dilihat dari hasil n -Gain pada indikator keempat dan kelima, menunjukkan bahwa pembelajaran dengan GeoGebra tidak hanya memengaruhi pemahaman dasar, tetapi juga kemampuan berpikir pada level yang lebih tinggi.

Berdasarkan lima indikator keterampilan berpikir kritis, pada kelompok kontrol cenderung lebih rendah daripada kelompok eksperimen. Hal tersebut terjadi karena pembelajaran yang diterapkan antara kedua kelompok berbeda. Dengan demikian, terbukti bahwa penggunaan bahan ajar dengan GeoGebra dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gelombang cahaya. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan dampak positif penggunaan teknologi visual dalam pembelajaran fisika untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik (Nugroho et al., 2025)

Peningkatan yang lebih tinggi pada kelompok eksperimen yang menggunakan pembelajaran dengan GeoGebra dapat dianalisis berdasarkan karakteristik pembelajaran yang difasilitasi oleh aplikasi ini. Selaras dengan hal tersebut, Asbanu (2021) menyatakan bahwa visualisasi pola gelombang Lissajous dalam pembelajaran fisika dapat dibuat dengan menggunakan perangkat lunak GeoGebra.

Dengan demikian, GeoGebra sangat mungkin dimanfaatkan untuk memvisualisasikan konsep-konsep abstrak pada materi gelombang cahaya secara dinamis. Misalnya, visualisasi difraksi, interferensi, dan polarisasi yang sulit diamati dalam kondisi nyata dapat disimulasikan secara interaktif. Visualisasi ini membantu peserta didik membangun pemahaman yang lebih dalam, tidak hanya menghafal.

Hal ini sejalan dengan teori konstruktivisme; pengetahuan dibangun oleh peserta didik sendiri melalui interaksi aktif dengan lingkungan belajarnya (Sugrah, 2020). GeoGebra bertindak sebagai alat bantu yang memfasilitasi interaksi tersebut (Nuritha, 2021). Dengan memanipulasi parameter simulasi (seperti panjang gelombang atau lebar celah), peserta didik dapat mengamati langsung bagaimana perubahan tersebut memengaruhi pola gelombang. Proses ini mendorong mereka untuk menganalisis hubungan sebab-akibat, menginferensi atau menyimpulkan pola yang terjadi, dan mengevaluasi hasil simulasi berdasarkan pemahaman teoretis yang mereka pahami.

Bahan ajar dengan GeoGebra memiliki beberapa keunggulan. Pertama, peserta didik dituntut untuk berperan aktif dalam proses pembelajaran. Kedua, bahan ajar ini tidak hanya berisikan materi dan latihan soal saja, tetapi juga terdapat simulasi yang memudahkan peserta didik untuk memvisualisasikan konsep pada materi. Ketiga, adanya latihan soal di setiap simulasi membuat peserta didik mampu menyelesaikan masalah terkait materi yang telah dipelajari. Selain itu, GeoGebra juga unggul dalam melatih kemampuan pemecahan masalah secara mandiri pada mata pelajaran lain. Dengan visualisasi objek yang jelas, peserta didik dapat memahami konsep-konsep yang rumit dengan lebih mudah (Ayna & Sari, 2024; Fatihah, 2024).

Sebaliknya, pada kelompok kontrol yang menggunakan pembelajaran konvensional sering kali didominasi oleh metode ceramah dan diskusi yang cenderung pasif (Mukarramah, 2024). Pembelajaran tanpa media visualisasi yang interaktif membuat peserta didik kesulitan untuk membayangkan konsep abstrak (Walidain et al., 2024) fenomena gelombang cahaya yang kompleks. Kondisi ini membatasi peserta didik dalam menginterpretasi data dan menarik kesimpulan sehingga peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik kelompok kontrol tidak seoptimal pada kelompok eksperimen.

Secara keseluruhan, penelitian ini memperkuat argumen bahwa integrasi teknologi, seperti GeoGebra dalam pembelajaran fisika dapat menjadi solusi efektif untuk meningkatkan kualitas pembelajaran. Khususnya pada materi-materi yang membutuhkan pemahaman konseptual yang mendalam dan visualisasi yang dinamis.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa bahan ajar dengan GeoGebra terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gelombang cahaya. Hal ini ditunjukkan oleh nilai n -Gain kelompok eksperimen yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol, yang mengonfirmasi bahwa visualisasi interaktif GeoGebra berhasil membantu peserta didik dalam menganalisis konsep dan memecahkan masalah. Berdasarkan temuan tersebut, disarankan agar guru fisika memanfaatkan GeoGebra sebagai media pembelajaran interaktif, khususnya pada materi yang memerlukan visualisasi seperti gelombang cahaya. Hal tersebut selaras dengan tujuan pembangunan berkelanjutan khususnya tujuan 4 tentang pendidikan berkualitas, dengan menyediakan media pembelajaran inovatif yang dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik, serta mendukung pemerataan akses pendidikan sains yang berkualitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Al, I., Rukhmana, T., Liliana, W. O. F., & Sasminta, P. R. (2023). Pengaruh media pembelajaran aplikasi Geogebra terhadap hasil belajar siswa. *Journal on Education, Vol 05*.
- Alatas, F. (2015). Hubungan Pemahaman Konsep Dengan Keterampilan Berpikir Kritis Melalui Model Pembelajaran Treffinger Pada Mata Kuliah Fisika Dasar. *Edusains, 6*(1), 87–96. <https://doi.org/10.15408/es.v6i1.1103>
- Amelia, N., & Chusni, M. M. (2024). Analisis keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran fisika pada materi energi terbarukan. *BIOCHEPHY: Journal of Science Education, 4*(1), 248–252. <https://doi.org/10.52562/biochephy.v4i1.1114>
- Andayani. (2015). *Komputer dan Media Pembelajaran*. Media Publishing.
- Angraini, W., Saqila, M. S., Suryadi, A., & Suwarna, I. P. (2025). Peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi energi terbarukan melalui PjBL-STEM dengan design thinking. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains, 13*(2), 321–335. <https://doi.org/10.21831/jpms.v13i2.87690>
- Aprilia, N., & Romadhon, D. R. (2025). REFECTO: Geogebra-based interactive media for light waves topic. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains, 13*(Special_issue), 260–272. https://doi.org/10.21831/jpms.v13iSpecial_issue.89850
- Arfianti, A., Suhartini, E., Haerani, R. P. R., & Septika, H. D. (2025). E-modul berbasis socio-scientific issues “aquawise” dalam mendukung sdgs clean water and sanitation. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains, 13*(Special_issue), 46–60. https://doi.org/10.21831/jpms.v13iSpecial_issue.88329
- Asbanu, D. E. S. I. (2021). Pemanfaatan Geogebra untuk visualisasi Gelombang Lissajous. *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online, vol 3*.
- Asmita, A., Dela Yulianti, Dwi Agus Kurniawan, & Maison, M. (2022). Analisis permasalahan guru dalam menerapkan media pembelajaran pada mata pelajaran Fisika di MAN 1 Tanjung Jabung Barat. *Jurnal Pendidikan Mipa, 12*(2), 170–177. <https://doi.org/10.37630/jpm.v12i2.556>
- Ayna, Q., & Sari, D. I. (2024). Deskripsi berpikir visual siswa dalam memahami materi geometri menggunakan geogebra ditinjau dari perbedaan kemampuan matematika. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains, 12*(1), 72–84. <https://doi.org/10.21831/jpms.v12i1.73252>
- Azizah, R., Yuliaty, L., & Latifah, E. (2015). Kesulitan pemecahan masalah fisika pada siswa SMA. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA), 5*, 44–50.
- Depany, P. D. (2023). Penerapan media pembelajaran fisika *Lumi Education* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan komunikasi. *Jurnal Pendidikan Fisika, 10*(1), 60–71.
- Fatihah, A., & Yahfizham. (2024). Penerapan GeoGebra terhadap kemampuan pemecahan masalah matematis siswa. *Dunia Pendidikan, 4*(3), 1604–1616. <https://myjms.mohe.gov.my/index.php/jdpd/article/view/10334/4888>

- Fautin, S., M, A. S., & Dewantara, D. (2021). Pengembangan bahan ajar fisika berbasis multimodel pada topik teori kinetik gas. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 4(3), 111. <https://doi.org/10.20527/jipf.v4i3.2057>
- Haryadi, R., & Nurmala, R. (2021). Pengembangan bahan ajar fisika kontekstual dalam meningkatkan motivasi belajar siswa. *SPEKTRA: Jurnal Kajian Pendidikan Sains*, 7(1), 32. <https://doi.org/10.32699/spektra.v7i1.168>
- Izzah, N., Asrizal, A., & Mufit, F. (2021). Meta analisis pengaruh model *project based learning* dalam variasi bahan ajar fisika terhadap hasil belajar siswa SMA/SMK. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 12(2), 159–165. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v12i2.8970>
- Khafidh, A. N., & Sajiman, S. U. (2025). Membangun keterampilan berpikir kritis melalui trigonometri analitik dengan pendekatan kurikulum merdeka. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 13(1), 124–131. <https://doi.org/10.21831/jpms.v13i1.84497>
- Khusna, A. (2021). Penerapan metode pembelajaran *Take and Give* dalam pembelajaran fisika untuk meningkatkan hasil belajar dan keaktifan siswa XII Ipa 1 Man 4 Madiun. *SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 1(1), 68–75. <https://doi.org/10.51878/science.v1i1.264>
- Latifah, N., Ashari, & Setyadi Kurniawan, E. (2020). Pengembangan e-Modul fisika untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. *Jips: Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 01(1), 1–7. <http://jurnal.umpwr.ac.id/index.php/jips>
- Majid, A. (2013). *Perencanaan Pembelajaran: Mengembangkan Standar Kompetensi Guru*. Remaja Rosdakarya.
- Marta, Y. M. V., & Ramli. (2021). Analisis kebutuhan pengembangan modul pembelajaran fisika SMA berbasis pendekatan STEM. *JIPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika Dan Riset Ilmiah)*, 5(2), 95–101. <https://doi.org/10.30599/jipfri.v5i2.918>
- Maskar, S., & Dewi, P. S. (2020). Praktikalitas dan efektifitas bahan ajar kalkulus berbasis daring berbantuan GeoGebra. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, 4(2), 888–899. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v4i2.326>
- Mukarramah, A. N., & Nurfahimah. (2024). Penerapan metode konvensional dan inovatif pada pembelajaran pendidikan Agama Islam di Jenjang Sekolah Menengah Atas. *Jurnal Ilmiah PGSD FKIP Universitas Mandiri*, vol 10.
- Musengimana, T., Yadav, L. L., Uwanhoro, J., & Nizeyimana, G. (2025). Assessing physics students' problem-solving skills: a baseline investigation. *Discover Education*, 4. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-00640-1>
- Nugroho, D. A. (2022). Pembuatan simulasi gelombang berjalan untuk pembelajaran fisika menggunakan *software* GeoGebra. *Jurnal Prakarsa Paedagogia*, 5(1). <https://doi.org/10.24176/jpp.v5i1.9142>
- Nugroho, M. S., Murtiyasa, B., & Masduki. (2025). Efektivitas simulasi PhET pada pembelajaran IPA SMP materi konsep listrik. *Teaching and Learning Journal of Mandalika*, 6(1), 2828–7126.
- Nuritha, C., & Tsurayya, A. (2021). Pengembangan video pembelajaran berbantuan GeoGebra untuk meningkatkan kemandirian belajar siswa. *05(01)*, 48–64.
- Phillips, C. R., Chesnut, R. J., & Rospond, R. M. (2004). The california critical thinking instruments for benchmarking, program assessment, and directing curricular change. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 68(4), 1–8. <https://doi.org/10.5688/aj6804101>
- Planinić, M., Matejak Cvenić, K., Sušac, A., Ivanjek, L., Jeličić, K. (2024). What is difficult in learning physics and what we can do about it: the case of wave optics. *Teaching and Learning Physics Effectively in Challenging Times. Challenges in Physics Education*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-72541-8_2
- Pratama, F. I., Rohaeti, E., & Laksono, E. W. (2025). Building sustainable education with the literacy and research-oriented cooperative problem-based learning: A bridge in the activeness of chemistry education students. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 13(Special_issue), 61–68. https://doi.org/10.21831/jpms.v13iSpecial_issue.88392
- Purwanti, M. D., & Saraswati, D. L. (2020). Tingkat kelayakan E-Lks Fisika sebagai media pembelajaran untuk mengatasi

- kesulitan belajar fisika.
- Putri, S. P. (2024). Pengembangan media interactive video berbasis H5P berbantuan aplikasi Canva untuk meningkatkan minat belajar dan penguasaan materi fisika kelas X SMA Sukma. *11(01)*, 24–35. <https://journal.student.uny.ac.id/ojs/index.php/pfisika/index>
- Risald, Bobu, F. R., Ludji, D. G., & Donuata, P. B. (2024). Pemanfaatan *software* GeoGebra untuk simulasi tumbukan antar partikel dalam satu dimensi. *8(3)*, 374–378.
- Sari, N. K. B. M. A., Wulandari, I. G. A. A., & Wiarta, I. W. (2022). Bahan ajar digital interaktif berbasis *problem based learning* materi keragaman budaya. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pendidikan*, *6(1)*, 127–136. <https://doi.org/10.23887/jppp.v6i1.46368>
- Sevtia, A. F., Taufik, M., & Doyan, A. (2022). Pengembangan media pembelajaran fisika berbasis *Google Sites* untuk meningkatkan kemampuan penguasaan konsep dan berpikir kritis peserta didik SMA. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, *7(3)*, 1167–1173. <https://doi.org/10.29303/jipp.v7i3.743>
- Siahaan, R. L. M., Juli Arianti, & Thalib, N. (2023). Perkembangan pendidikan berkualitas di Indonesia: analisis SDGs 4. *Indo-MathEdu Intellectuals Journal*, *4(2)*, 975–985. <https://doi.org/10.54373/imeij.v4i2.316>
- Sirait, R. A. (2024). Rancangan modul elektronik Dilemma-Steem pada materi energi terbarukan. *XII*, 229–234. <https://doi.org/10.21009/03.1201.pf33>
- Suganda, T., Parno, P., & Sunaryono, S. (2022). Analisis kemampuan berpikir kritis siswa topik gelombang bunyi dan cahaya. *Jurnal Pendidikan Fisika*, *10(1)*, 141. <https://doi.org/10.24127/jpf.v10i1.4118>
- Sugrah, N. U. (2020). Sugrah, N. (2020). Implementasi teori belajar konstruktivisme dalam pembelajaran sains. *Jurnal Humanika*, *19(2)*, 141–150. *Humanika*, *19(2)*, 121–138.
- Suwarna, I. P. (2016). *Pengembangan Instrumen Ujian Komprehensif Mahasiswa Melalui Computer Based Test pada Program Studi Pendidikan Fisika*. Pusat Penelitian dan Pengembangan (PUSLITPEN) LP2M UIN Syarif Hidayatullah.
- Utama, R. (2025). Review *software* simulasi untuk pembelajaran fisika interaktif. *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online*, *13*. <https://doi.org/10.22487/jpft.v13i2.4484>
- Walidain, S. N., Ardianti, S., Tusandini, A., Aprina, C., & Yusdiana, E. (2024). Analisis respon peserta didik terhadap metode dan media pembelajaran fisika dalam meningkatkan pemahaman konsep. *BIOCHEPHY: Journal of Science Education*, *4(2)*, 1169–1176. <https://doi.org/10.52562/biocephy.v4i2.1432>
- Wasiran, Y., Maja, I., & Husien, F. (2019). PKM Bagi guru SMP yang mengalami kesulitan menggunakan *software* GeoGebra dalam pembelajaran matematika. *2*, 13–19.
- Wijayanti, R., Roshayanti, F., Farikhah, I., Khoiri, N., & Siswanto, J. (2021). Analisis bahan ajar fisika berdasarkan perspektif *education for sustainable development*. *Jurnal Kependidikan: Jurnal Hasil Penelitian Dan Kajian Kepustakaan Di Bidang Pendidikan, Pengajaran Dan Pembelajaran*, *7(2)*, 340. <https://doi.org/10.33394/jk.v7i2.2985>
- Yuliana, N. (2022). Penggunaan model pembelajaran *discovery learning* dalam meningkatkan hasil belajar siswa Sekolah Dasar. *Pedagogia: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar Indonesia*, *4(1)*, 31–38. <https://doi.org/10.52217/pedagogia.v4i1.732>
- Yusra, R. A., Kusumah, F. H., & Suryadi, A. (2025). Pengaruh *pjbl-stem* terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis pada materi energi terbarukan dalam mendukung pendidikan yang berkualitas. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, *13(Special Issue)*, 26–37. https://doi.org/10.21831/jpms.v13iSpecial_issue.86537

PROFIL SINGKAT

Dwi Mairawati merupakan mahasiswa semester akhir program studi Pendidikan Fisika UIN Syarif Hidayatullah Jakarta. Ia dapat dihubungi melalui email: dwimaira96@gmail.com

Nabila Aprilia merupakan mahasiswa program studi Pendidikan Fisika UIN Syarif Hidayatullah Jakarta yang telah menyelesaikan studi S1 pada Agustus 2025. Ia dapat dihubungi melalui email: nabilaaprilia0403@gmail.com

Dzikri Rahmat Romadhon, S.Pd., M.Pfis. merupakan dosen aktif di program studi Pendidikan Fisika UIN Syarif Hidayatullah Jakarta. Riwayat pendidikan beliau untuk S1 adalah Pendidikan Fisika Universitas Pendidikan

Indonesia (UPI) pada tahun 2012. Kemudian melanjutkan Magister (S2) pada tahun 2015 di program studi Pengajaran Fisika Institut Teknologi Bandung. Beliau dapat dihubungi melalui email: dzikri@uinjkt.ac.id