

## PENINGKATAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA MELALUI *E-WORKSHEET* TERINTEGRASI *PhET* MATERI GETARAN, GELOMBANG, DAN CAHAYA

Fariza Faradillah<sup>1</sup>, Badrud Tamam<sup>2</sup>, Ana Yuniasti Retno Wulandari<sup>3</sup>, Aida Fikriyah<sup>4</sup>, Sunu Wahyudhi<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Trunojoyo Madura, 69162, Indonesia  
[farizafaradillah@gmail.com](mailto:farizafaradillah@gmail.com)

<sup>2</sup> Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Trunojoyo Madura, 69162, Indonesia  
[badruttamam@trunojoyo.ac.id](mailto:badruttamam@trunojoyo.ac.id)

<sup>3</sup> Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Trunojoyo Madura, 69162, Indonesia  
[ana.wulandari@trunojoyo.ac.id](mailto:ana.wulandari@trunojoyo.ac.id)

<sup>4</sup> Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Trunojoyo Madura, 69162, Indonesia  
[aida.fikriyah@trunojoyo.ac.id](mailto:aida.fikriyah@trunojoyo.ac.id)

<sup>5</sup> Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Trunojoyo Madura, 69162, Indonesia  
[sunu.wahyudhi@trunojoyo.ac.id](mailto:sunu.wahyudhi@trunojoyo.ac.id)

---

### Abstrak

Permasalahan rendahnya keterampilan berpikir kritis siswa yang diduga disebabkan oleh minimnya bahan ajar yang memfasilitasi eksperimen IPA secara langsung. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa melalui bahan ajar yang telah dihasilkan yaitu *e-worksheet* terintegrasi *PhET*. Penelitian ini dilaksanakan di SMP Negeri 4 Kamal tahun ajaran 2024/2025. Jenis penelitian yang digunakan yaitu *Research and Development (R&D)*. Desain penelitian yang diterapkan menggunakan *One Group pretest-posttest Design*. Penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa setelah diimplementasikan *e-worksheet* terintegrasi *PhET* dengan rata-rata *N-Gain* sebesar 0,62 yang termasuk dalam kriteria sedang. Kesimpulan dalam penelitian ini yaitu terjadi peningkatan keterampilan berpikir kritis setelah melakukan pembelajaran menggunakan *e-worksheet* terintegrasi *PhET*. Penggunaan *e-worksheet* terintegrasi *PhET* sangat efektif dan inovatif dalam pembelajaran kurikulum merdeka kelas VIII materi getaran, gelombang, dan cahaya.

**Kata Kunci:** *e-worksheet*, getaran, gelombang dan cahaya, keterampilan berpikir kritis, *PhET*

---

### Abstract

*The problem of low critical thinking skills of students is thought to be caused by the lack of teaching materials that facilitate direct science experiments. This study aims to improve students' critical thinking skills through teaching materials that have been produced, namely e-worksheets integrated PhET. This research was conducted at SMP Negeri 4 Kamal in the 2024/2025 academic year. The type of research used is Research and Development (R&D). The research design applied used One Group pretest-posttest Design. This study shows an increase in students' critical thinking skills after implementing e-worksheets integrated PhET with an average N-Gain of 0.62 which is included in the moderate criteria. The conclusion in this study is that there is an increase in critical thinking skills after learning using e-worksheets integrated PhET. The use of e-worksheets integrated PhET is very effective and innovative in learning the independent curriculum for class VIII on vibrations, waves, and light.*

**Keywords:** *e-worksheet, vibrations, waves, and light, critical thinking skills, PhET*

---

## Pendahuluan

Tantangan yang dihadapi sekolah pada abad 21 khususnya dalam pembelajaran, sangat berat dan kompleks (Ulfah et al., 2021). Pendidikan abad 21 merupakan pendidikan yang memanfaatkan teknologi digital dan mengembangkan keterampilan belajar abad ke-21 (Jannah & Atmojo, 2022). Pembelajaran yang memerlukan pengembangan keterampilan abad 21 adalah pembelajaran IPA (Gusti & Ratnawulan, 2021). Ilmu Pengetahuan Alam merupakan studi tentang fenomena alam berdasarkan pengamatan serta hasil percobaan manusia secara terstruktur (Jannah & Atmojo, 2022). Pembelajaran IPA dapat menyajikan pengalaman yang signifikan bagi siswa.

Informasi yang didapatkan dari wawancara dengan guru IPA kelas VIII di SMPN 4 Kamal yaitu siswa kurang paham jika pembelajaran IPA disampaikan dengan metode ceramah atau siswa dituntut untuk menulis, karena siswa senang jika dilibatkan dalam hal-hal yang mempengaruhi pembelajaran IPA seperti eksperimen IPA. Hal tersebut tentunya memerlukan keterampilan abad 21 yaitu berpikir kritis untuk meningkatkan keefektifan dalam pembelajaran. Keterampilan berpikir kritis merupakan fokus penting dalam pendidikan karena menunjukkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (Kartika et al., 2020). Berpikir kritis menurut Ennis merupakan berpikir logis dan masuk akal yang berfokus dalam pengambilan keputusan yang harus diyakini dan dilakukan (Hidayanti et al., 2020).

Informasi dari wawancara dengan guru IPA kelas VIII di SMP Negeri 4 Kamal menyebutkan jika tidak terlatih keterampilan berpikir kritis. Hal tersebut didukung oleh penelitian Mulyani (2022) yang mengungkapkan bahwa keterampilan berpikir kritis siswa di Indonesia masih tergolong rendah. Rendahnya keterampilan berpikir kritis siswa disebabkan oleh beberapa masalah, termasuk strategi pembelajaran yang kurang optimal (Wahyuni et al., 2022). Menurut penelitian Duri et al., (2024) menunjukkan bahwa pembelajaran IPA yang masih menerapkan bahan ajar cetak dan belum memiliki keterbaruan seperti menggunakan bahan ajar digital dapat mengakibatkan rendahnya keterampilan berpikir kritis. Terlebih lagi banyak siswa yang kurang paham mengenai konsep fisika dalam pembelajaran IPA salah satunya materi getaran, gelombang, dan cahaya. Secara umum, sebagian besar siswa mengalami kesulitan pada materi getaran, gelombang, dan cahaya karena kurangnya eksperimen yang dilaksanakan dalam proses pembelajaran dan salah satunya belum menerapkan simulasi *PhET* untuk eksperimen IPA. Rendahnya keterampilan berpikir kritis siswa dalam konteks pembelajaran IPA harus segera diatasi dengan cara mengimplementasikan bahan ajar IPA.

Bahan ajar merupakan perangkat yang dirancang secara terstruktur, yang memfasilitasi guru dalam menyampaikan informasi dengan lebih mudah sehingga mengembangkan keterampilan siswa selama kegiatan pembelajaran (Santosa et al., 2021). Bahan ajar IPA yang memiliki peran dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa salah satunya yaitu penggunaan *e-worksheet* (Hidayah & Permadi, 2023). *E-worksheet* merupakan lembar kerja siswa yang diakses secara digital yang dapat dibuat menggunakan *website liveworksheets* (Rumasoreng et al., 2023). Karakteristik *E-worksheet* dirancang dengan unsur-unsur interaktif seperti pengisian teks, gambar, video atau unsur lainnya yang membantu memahami konteks permasalahan yang diberikan (Eriana et al., 2023). Kelebihan *e-worksheet* dapat diakses di berbagai lokasi dan waktu serta menjadikan pembelajaran lebih menarik dan efektif (Nurafrani & Mulyawati, 2023). Berdasarkan penelitian oleh Eriana et al., (2023) mengungkapkan bahwa penggunaan *e-worksheet* mempunyai potensi untuk mendukung pemahaman dan tingkat belajar siswa sehingga memberikan dampak terhadap efektivitas proses pembelajaran.

Pembelajaran IPA menggunakan *e-worksheet* sangat baik jika dikaitkan dengan simulasi *PhET* (Wahdah et al., 2024). Simulasi *PhET* yaitu serangkaian simulasi interaktif yang dirancang untuk meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep IPA melalui eksperimen virtual (Wahdah et al., 2024). Simulasi *PhET* berpotensi untuk memperkenalkan materi baru, penguatan ide-ide, serta pembentukan konsep atau keterampilan dalam konteks pembelajaran IPA (Handayanti et al., 2020). Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Hidayah & Permadi (2023) menyatakan bahwa *e-worksheet* berbantuan simulasi *PhET* secara efektif digunakan sebagai bahan ajar yang berpotensi meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa karena dapat memfasilitasi pemahaman konsep pembelajaran pada

simulasi praktikum secara virtual. Menurut hasil wawancara guru IPA kelas VIII di SMPN 4 Kamal juga mengatakan bahwa siswa akan senang jika mengakses pembelajaran IPA pada perangkat digital apalagi dapat melakukan eksperimen virtual secara langsung.

Berdasarkan hal tersebut, dapat diketahui bahwa rendahnya keterampilan berpikir kritis siswa pada pembelajaran IPA, khususnya materi getaran, gelombang, dan cahaya disebabkan kurangnya penggunaan bahan ajar berbasis digital yang terintegrasi dengan *PhET*. Pengintegrasian *PhET* pada pembelajaran yang disajikan dalam sebuah bahan ajar digital yaitu *e-worksheet* diharapkan dapat membantu peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa dengan proses pengetahuan secara aktif pada materi getaran, gelombang, dan cahaya melalui eksperimen virtual. Oleh karena itu, dilaksanakan penelitian yang berjudul “Peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa melalui *e-worksheet* terintegrasi *PhET* materi getaran, gelombang, dan cahaya”.

## Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian R&D dengan desain penelitian *One Group pretest-posttest Design*. Bentuk desain penelitian ditunjukkan pada **Tabel 1.** berikut.

**Tabel 1.** Desain penelitian One Group pretest-posttest Design

| O <sub>1</sub> | X | O <sub>2</sub> |
|----------------|---|----------------|
|----------------|---|----------------|

(Seko *et al.*, 2022)

Keterangan:

- O<sub>1</sub> = hasil tes keterampilan berpikir kritis siswa sebelum diberi perlakuan  
X = implementasi menggunakan *e-worksheet* terintegrasi *PhET*  
O<sub>2</sub> = hasil tes keterampilan berpikir kritis siswa setelah diberi perlakuan

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret – April 2025 di SMP Negeri 4 Kamal. Populasi penelitian kali ini adalah siswa SMP Negeri 4 Kamal. Sampel penelitian berjumlah 22 siswa kelas VIII A SMP Negeri 4 Kamal. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu *e-worksheet* terintegrasi *PhET* materi getaran, gelombang, dan cahaya. Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa. Instrumen penelitian menggunakan instrumen perangkat pembelajaran dan instrumen pengambilan data. Instrumen perangkat pembelajaran meliputi Alur Tujuan Pembelajaran (ATP), modul ajar, dan *e-worksheet*. Instrumen pengambilan data yaitu tes keterampilan berpikir kritis siswa.

Teknik pengumpulan data menggunakan tes karena bertujuan untuk mengukur dan mengetahui keterampilan atau pengetahuan berdasarkan prosedur dan ketentuan yang berlaku (Umami *et al.*, 2021). Penelitian ini melakukan pengukuran *pretest* dan *posttest* sebagai instrumen untuk menilai keterampilan berpikir kritis siswa. Tes tersebut berjumlah 10 pertanyaan esai yang mencakup materi getaran, gelombang, dan cahaya. Teknik analisis data menggunakan uji validasi yang bertujuan untuk mengetahui validitas instrumen perangkat pembelajaran dan tes keterampilan berpikir kritis siswa dengan rumus validasi (1) dan dengan kriteria angket validasi pada **Tabel 2.** yang ditunjukkan sebagai berikut.

$$V = \frac{S}{N} \times 100\% \quad (1)$$

(Liana & Alpindo, 2021)

Keterangan:

- V = nilai validasi  
S = perolehan skor  
N = skor maksimal

**Tabel 2.** Kriteria Angket Validasi

| Nilai Validasi | Kriteria     |
|----------------|--------------|
| 80% < V ≤ 100% | Sangat Valid |
| 60% < V ≤ 80%  | Valid        |

|               |              |
|---------------|--------------|
| 40% < V ≤ 60% | Kurang Valid |
| 25% < V ≤ 40% | Tidak Valid  |

(Liana & Alpindo, 2021)

Teknik analisis data juga menggunakan analisis instrumen tes berpikir kritis untuk mengidentifikasi peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa setelah menggunakan *e-worksheet* terintegrasi *PhET*. Hasil data instrumen akan dihitung menggunakan rumus (2). Hasil data yang didapatkan kemudian dikriteriakan seperti pada **Tabel 3.** berikut.

$$BK = \frac{\text{Jumlah Skor}}{\text{Skor maksimal}} \times 100 \quad (2)$$

(Rohman & Kusaeri, 2021)

Keterangan:

BK = hasil berpikir kritis

**Tabel 3.** Kriteria Penilaian Keterampilan Berpikir Kritis Siswa

| Persentase (%) Skor Berpikir Kritis | Kriteria      |
|-------------------------------------|---------------|
| 80 < BK ≤ 100                       | Sangat Tinggi |
| 60 < BK ≤ 80                        | Tinggi        |
| 40 < BK ≤ 60                        | Cukup         |
| 25 < BK ≤ 40                        | Rendah        |
| 0 < BK ≤ 25                         | Sangat Rendah |

(Ayudia & Mariani, 2022)

Teknik analisis data juga menggunakan uji *N-Gain* untuk melakukan pengukuran peningkatan berpikir kritis siswa. Tujuan penggunaan *N-gain* yaitu untuk menentukan tingkat efektivitas dalam peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa melalui perhitungan skor tes berpikir kritis secara keseluruhan menggunakan rumus *N-Gain* (Mahardika *et al.*, 2022). Rumus *N-Gain* ditunjukkan oada rumus (3) kemudian hasilnya dikriteriakan seperti pada **Tabel 4.** berikut.

$$N - Gain = \frac{(S \text{ Post}) - (S \text{ Pre})}{(S \text{ maks}) - (S \text{ Pre})} \quad (3)$$

(Hake, 1998)

Keterangan:

*N-Gain* = peningkatan berpikir kritis

*S post* = skor *posttest*

*S pre* = skor *pretest*

*S maks* = skor maksimal

**Tabel 4.** Kriteria Tingkat *N-Gain*

| Rata-rata          | Kriteria |
|--------------------|----------|
| $g \geq 0,7$       | Tinggi   |
| $0,3 < g \leq 0,7$ | Sedang   |
| $g < 0,3$          | Rendah   |

(Hake, 1998)

## Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil validasi perangkat pembelajaran yang mencakup Alur Tujuan Pembelajaran (ATP), modul ajar, dan *e-worksheet* menunjukkan hasil validasi yang diperoleh dengan kriteria sangat valid. *E-worksheet* memiliki peran penting di dalam pembelajaran karena siswa dapat memecahkan masalah, menemukan informasi, serta menyatakan ide (Sofiah *et al.*, 2023). Tes berpikir kritis berjumlah 10 pertanyaan esai yang mencakup materi getaran, gelombang, dan cahaya. Tes berpikir

kritis juga memiliki hasil validasi dengan kriteria sangat valid sehingga dapat digunakan di dalam proses pembelajaran.

Analisis hasil keterampilan berpikir kritis siswa mampu mengidentifikasi peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa sebelum dan sesudah pembelajaran menggunakan *e-worksheet* terintegrasi *PhET*. Hasil keterampilan berpikir kritis siswa didapatkan dari *pretest* serta *posttest* oleh 22 siswa kelas VIII A. Tes keterampilan berpikir kritis menggunakan 10 soal esai. Hasil perhitungan *N-Gain* menggunakan rumus (3) dengan kriteria berdasarkan **Tabel 4**. Hasil rekapitulasi *N-Gain* berdasarkan kriteria terdapat pada **Tabel 5**.

**Tabel 5.** Rekapitulasi Hasil *N-Gain* Berdasarkan Kriteria

| No.   | Kriteria | Jumlah Siswa | Persentase | <i>N-Gain</i> |
|-------|----------|--------------|------------|---------------|
| 1     | Tinggi   | 3            | 13,64%     | 0,76          |
| 2     | Sedang   | 19           | 86,36%     | 0,60          |
| 3     | Rendah   | 0            | 0          | 0             |
| Total |          | 22           | 100%       | 0,62          |

Berdasarkan **Tabel 5**, hasil tersebut mengalami peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa dari kriteria tinggi sebesar 13,64% dengan *N-Gain* sebesar 0,76. Selanjutnya, pada kriteria sedang sebesar 86,36% dengan *N-Gain* 0,60. Adapun uji *N-Gain* untuk menentukan peningkatan keterampilan berpikir kritis setiap indikator soal terdapat pada **Tabel 6**.

**Tabel 6.** Rekapitulasi Hasil *N-Gain* Setiap Indikator

| Indikator Berpikir Kritis       | <i>Pretest</i> | <i>Posttest</i> | <i>Posttest-Pretest</i> | Skor max- <i>Pretest</i> | <i>N-Gain</i> | Kriteria |
|---------------------------------|----------------|-----------------|-------------------------|--------------------------|---------------|----------|
| Memberikan penjelasan sederhana | 39,77          | 86,93           | 47,16                   | 60,23                    | 0,78          | Tinggi   |
| Membangun keterampilan dasar    | 38,07          | 68,75           | 30,68                   | 61,93                    | 0,50          | Sedang   |
| Membuat inferensi               | 32,39          | 81,25           | 48,86                   | 67,61                    | 0,72          | Tinggi   |
| Memberi penjelasan lanjut       | 28,98          | 82,95           | 53,98                   | 71,02                    | 0,76          | Tinggi   |
| Mengatur strategi dan taktik    | 30,11          | 55,11           | 25                      | 69,89                    | 0,36          | Sedang   |
| Rata-rata Keseluruhan           | 33,86          | 75              | 41,14                   | 66,14                    | 0,62          | Sedang   |

Berdasarkan **Tabel 6**, hasil *posttest* mengalami peningkatan dibandingkan hasil *pretest* yang dilakukan. Indikator memberikan penjelasan sederhana mengalami peningkatan tertinggi dengan hasil perhitungan *N-Gain* sebesar 0,78 dengan kriteria tinggi. Indikator mengatur strategi dan taktik mengalami peningkatan terendah dengan hasil *N-Gain* sebesar 0,36 dengan kriteria sedang. Rata-rata hasil keseluruhan *N-Gain* setiap indikator mendapatkan kriteria sedang dengan perhitungan *N-Gain* sebesar 0,62.

Bahan ajar *e-worksheet* terintegrasi *PhET* yang dikembangkan bertujuan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa mengacu pada hasil *pretest* serta *posttest* yang dilaksanakan oleh 22 siswa kelas VIII A SMP Negeri 4 Kamal. Indikator keterampilan berpikir kritis siswa pada soal *pretest* dan *posttest* meliputi memberikan penjelasan sederhana, membangun keterampilan dasar, membuat inferensi, memberi penjelasan lanjut, serta mengatur strategi dan taktik. Soal *pretest* dan *posttest* nomor 1 dan 2 termasuk indikator memberi penjelasan sederhana, soal 3 dan 4 termasuk indikator membangun keterampilan dasar, soal 5 dan 6 termasuk indikator membuat inferensi, soal 7 dan 8 termasuk indikator memberi penjelasan lanjut, serta soal 9 dan 10 termasuk indikator mengatur strategi dan taktik. Selanjutnya, setelah mengetahui hasil *pretest* dan *posttest*, maka peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa dapat dihitung melalui uji *N-Gain*.

Hasil perhitungan *N-Gain* tes keterampilan berpikir kritis siswa berdasarkan kriteria terdapat pada **Tabel 5**. Hasil *N-Gain* berdasarkan kriteria diperoleh dari 22 siswa kelas VIII A SMP Negeri 4 Kamal sebanyak 3 siswa mengalami peningkatan tinggi dengan persentase 13,64% serta *N-Gain* sebesar 0,76. Selanjutnya, sebanyak 19 siswa mengalami peningkatan sedang dengan persentase 86,36% serta *N-Gain* sebesar 0,60. Hal ini memperlihatkan bahwa siswa melakukan kegiatan pembelajaran dengan bahan ajar *e-worksheet* terintegrasi *PhET*, siswa menunjukkan peningkatan keterampilan berpikir kritis yang termasuk dalam kriteria tinggi dan sedang. Sejalan oleh penelitian Hidayah & Permadi, (2023) menyatakan bahwa *e-worksheet* dengan bantuan simulasi *PhET* sangat efektif sebagai bahan ajar karena hasil *pretest* dan *posttest* berpotensi untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Uji *N-Gain* juga dapat menentukan peningkatan setiap indikator soal keterampilan berpikir kritis siswa. Perolehan perhitungan *N-Gain* setiap indikator tercantum pada **Tabel 6**.

Indikator memberi penjelasan sederhana pada **Tabel 6**. mendapatkan kriteria tinggi dengan rata-rata *N-Gain* 0,78. Siswa mampu memberikan penjelasan sederhana terkait konsep perambatan gelombang tali pada simulasi *PhET* dan pembentukan bayangan pada lensa. Indikator memberi penjelasan sederhana mengalami peningkatan paling tinggi dari indikator yang lainnya karena siswa mampu memfokuskan pertanyaan serta mampu memberikan jawaban terkait penjelasan dan tantangan dengan baik. Ketika pembelajaran menggunakan *e-worksheet* siswa dapat menjawab soal dengan indikator penjelasan sederhana dengan baik dan benar. Sejalan oleh penelitian Amalia *et al.*, (2021) mengatakan bahwa indikator memberikan penjelasan sederhana dapat dikerjakan dengan baik karena siswa mampu memberikan alasan yang sesuai dan mengarah pada soal.

Indikator membangun keterampilan dasar pada **Tabel 6**. mendapatkan kriteria sedang dari rata-rata *N-Gain* 0,50. Siswa mampu membangun keterampilan dasar melalui analisis konsep getaran dan gelombang. Siswa mampu mengamati dan mempertimbangkan hasil deduksi pada soal yang telah diberikan. Siswa juga melakukan perhitungan dan menggambar grafik untuk menjawab soal indikator membangun keterampilan dasar. Tujuan melakukan perhitungan karena dapat mempermudah memahami konsep. Akan tetapi rata-rata siswa masih belum mampu menggambar grafik dengan baik dan benar karena saat pembelajaran menggunakan *e-worksheet* soal indikator membangun keterampilan dasar tidak menyinggung pembuatan grafik. Sejalan dengan penelitian Risah *et al.*, (2021) mengatakan bahwa menjawab soal dengan perhitungan dan menggambar akan memudahkan untuk menjelaskan konsep yang disajikan pada soal. Didukung oleh teori konstruktivisme Jean Piaget yaitu siswa mampu berpikir kritis dalam membangun pemahaman secara mandiri dari eksplorasi percobaan dan perhitungan dengan pengintegrasian teknologi dalam konteks pembelajaran IPA (Herianto & Lestari, 2021).

Indikator membuat inferensi pada **Tabel 6**. mendapatkan kriteria tinggi dari rata-rata *N-Gain* 0,72. Siswa mampu menyimpulkan peristiwa getaran bandul pada simulasi *PhET* dan menganalisis pembentukan sifat bayangan oleh lensa cembung dan cekung melalui percobaan optik geometris pada simulasi *PhET*. Siswa mampu melakukan deduksi dan mempertimbangkannya dari soal yang diberikan. Siswa menarik kesimpulan karena mampu mengaitkan informasi sesuai pengetahuan dan pengalaman. Indikator ini mendapatkan kriteria tinggi karena saat pembelajaran menggunakan *e-worksheet* siswa melakukan percobaan bandul sederhana dan optik geometris, sehingga siswa secara tidak langsung memahami maksud pertanyaan karena dapat memahami faktor yang mempengaruhi panjang tali bandul dan sifat bayangan yang terbentuk dari lensa cembung dan cekung. Hal ini sejalan pada penelitian Mardiyah *et al.*, (2023) menyatakan bahwa siswa mampu menjawab soal pada indikator membuat inferensi dengan baik karena dapat menarik kesimpulan yang runtut dari permasalahan yang disajikan.

Indikator memberikan penjelasan lanjut pada **Tabel 6**. mendapatkan kriteria tinggi dari rata-rata *N-Gain* 0,76. Siswa mampu menjelaskan sifat cahaya dibiaskan dan pembentukan bayangan pada alat optik. Penyajian soal yang disertai gambar memfasilitasi siswa dalam memahami istilah dan definisi yang digunakan, sekaligus dapat menentukan asumsi yang mendasar dari soal tersebut. Indikator ini mendapatkan kriteria tinggi karena saat pembelajaran menggunakan *e-worksheet* siswa

memahami penjelasan mengenai pembiasan cahaya serta macam-macam alat optik rekayasa dengan pembentukan sifat bayangan pada lensa. Sejalan oleh penelitian Risah *et al.*, (2021) menyatakan bahwa indikator memberikan penjelasan lanjut mampu melibatkan siswa menjawab pertanyaan-pertanyaan dengan alasan dan mempercayai hasil penalarannya.

Indikator mengatur strategi dan taktik pada **Tabel 6.** mendapatkan kriteria sedang dari rata-rata *N-Gain* 0,36. Siswa mampu merencanakan konsep percobaan penguraian cahaya dan membuat teropong binocular sederhana. Indikator mengatur strategi dan taktik mengalami peningkatan paling rendah karena kemampuan siswa dalam menyusun rancangan dan tindakan berdasarkan permasalahan soal yang diberikan belum maksimal. Hal tersebut terjadi karena saat pembelajaran menggunakan *e-worksheet* tidak menyinggung pembuatan percobaan sederhana serta pembuatan alat optik sederhana pada soal indikator mengatur strategi dan taktik. Sejalan dengan penelitian Lestari & Muhajir (2021) menyatakan bahwa proses berpikir yang mendalam untuk meninjau dan memutuskan suatu tindakan akan membiasakan siswa menemukan solusi dari masalah yang diberikan.

Berdasarkan hasil perhitungan *N-Gain* setiap indikator tes keterampilan berpikir kritis siswa pada **Tabel 6.** mendapatkan peningkatan sebesar 0,62 dengan kriteria sedang. Berdasarkan perolehan dari nilai tes keterampilan berpikir kritis siswa berhasil ditingkatkan melalui penggunaan *e-worksheet* terintegrasi *PhET*. Penelitian Fitriyah & Madlazim (2021) mengatakan bahwa penggunaan simulasi *PhET* ketika pembelajaran efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Penelitian Dewi *et al.*, (2025) juga mengatakan bahwa penggunaan simulasi *PhET* dalam pembelajaran IPA memberi dampak positif untuk meningkatnya kemampuan siswa dalam keterampilan berpikir kritis, penguasaan konsep, keterampilan representasi, dan pemecahan masalah. Penelitian Wahdah *et al.*, (2024) menyatakan bahwa *e-worksheet* yang diintegrasikan *PhET simulation* mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Menurut penelitian Esen *et al.*, (2023) turut menyatakan bahwa pembelajaran menggunakan *e-worksheet* dapat merangsang minat siswa sehingga proses belajar mengajar menjadi menyenangkan. Jadi, dapat disimpulkan bahwa pengembangan *e-worksheet* terintegrasi *PhET* secara efektif mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

## Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan pada penelitian yaitu hasil validasi ATP, modul ajar dan *e-worksheet* memiliki hasil validasi dengan kriteria sangat valid. Tes berpikir kritis juga termasuk dalam kriteria sangat valid setelah melalui penilaian oleh validator. Hasil keterampilan berpikir kritis siswa terjadi peningkatan sesudah kegiatan pembelajaran yang mengimplementasikan *e-worksheet* terintegrasi *PhET*, dengan rata-rata nilai *N-Gain* sebesar 0,62 yang memenuhi kriteria sedang.

Saran pada penelitian yaitu penelitian dapat dilaksanakan dengan melibatkan sampel yang lebih besar dengan pembagian setiap kelompoknya cukup 3 siswa saja, sehingga setiap anggota bisa terlibat secara mendalam dan berkontribusi secara aktif saat menggunakan *e-worksheet*. Penggunaan *e-worksheet* terintegrasi *PhET* dapat menggunakan perangkat digital lainnya seperti laptop atau dapat memanfaatkan laboratorium komputer sekolah, sehingga siswa dapat berinteraksi penuh serta mendapatkan pengalaman belajar yang lebih optimal. Proses pembelajaran menggunakan *e-worksheet* terintegrasi *PhET* dapat diterapkan pada materi IPA lainnya, karena simulasi *PhET* menyediakan beragam eksperimen yang relevan dengan berbagai bidang di dalam IPA.

## Daftar Pustaka

Amalia, A., Puspita Rini, C., & Amaliyah, A. (2021). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas V Dalam Pembelajaran Ipa Di Sdn Karang Tengah 11 Kota Tangerang. *SIBATIK JOURNAL: Jurnal Ilmiah Bidang Sosial, Ekonomi, Budaya, Teknologi, Dan Pendidikan*, 1(1), 33–44. <https://doi.org/10.54443/sibatik.v1i1.4>

- Ayudia, G., & Mariani. (2022). Penerapan Model Pembelajaran Core untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa SMP S Methodist Rantauprapat. *GENTA MULIA: Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 13(2), 1–19.
- Dewi, E. R., et al. (2025). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa p ada Materi Getaran , Gelombang , d an Bunyi Melalui Model Pembelajaran Self-Organized Learning Environments (SOLE) Berbantuan PhET. *Jurnal Penelidian Sains Dan Pendidikan*, 5(1), 28–39.
- Duri, R. N., et al. (2024). Pengembangan E-LKPD Berbasis Problem Based Learning Pada Materi Gelombang Bunyi Yang Memuat Keterampilan Berfikir Kritis Siswa. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(1), 9481–9489.
- Eriana, S., Harini, E., & Kusumaningrum, B. (2023). Pengaruh E-Worksheet terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika Berdasarkan Motivasi Belajar Siswa. *Indonesian Journal of Teaching and Learning*, 2(4), 524–537. <http://journals.eduped.org/index.php/intel>
- Esen, S., Geçer, S., & Çetin, H. (2023). 5E Learning Cycle Supported Mathematics Digital Worksheets in Primary Schools: A Case Study. *Egitim ve Bilim*, 48(216), 1–38. <https://doi.org/10.15390/EB.2023.11645>
- Fitriyah, L., & Madlazim, M. (2021). Pengembangan LKPD Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Terintegrasi STEM Menggunakan PhET Simulation Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis. *IPF: Inovasi Pendidikan Fisika*, 10(1), 99–108. <https://doi.org/10.26740/ipf.v10n1.p99-108>
- Gusti, D. A., & Ratnawulan, R. (2021). Efektivitas LKPD IPA Terpadu Tema Energi dalam Kehidupan Dengan PBL Terintegrasi Pembelajaran Abad 21 untuk Meningkatkan Sikap Peserta Didik. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 7(1), 77–84. <https://doi.org/10.24036/jppf.v7i1.111939>
- 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>
- Handayanti, A., Indrawati, & Wicaksono, I. (2020). Penggunaan Media PHET (Physics Education Technology) pada Pembelajaran Getaran dan Gelombang Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar Siswa di SMP. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 4(2), 63–72. <https://e-journal.uniflor.ac.id/index.php/optika/article/view/553>
- Herianto, H., & Lestari, D. P. (2021). Implementasi teori konstruktivisme dalam pembelajaran IPA melalui pemanfaatan bahan ajar elektronik. *Jurnal Pembangunan Pendidikan: Fondasi Dan Aplikasi*, 9(1), 49–57. <https://doi.org/10.21831/jppfa.v9i1.38024>
- Hidayah, F. N., & Permadi, D. (2023). Pengembangan E-LKPD Berbantuan PhET Simulation Berbasis Problem Based Learning untuk Menumbuhkan Keterampilan Berpikir Kritis. *Jurnal Sinapmasagi*, 3, 138–150.
- Hidayanti, R., Alimuddin, & Syahri', A. A. (2020). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Dalam Memecahkan Masalah Matematika Ditinjau Dari Perbedaan Gender Pada Siswa Kelas VII.1 Smp Negeri 2 Labakkang. *SIGMA (Suara Intelektual Gaya Matematika)*, 12(1), 71–80.
- Jannah, D. R. N., & Atmojo, I. R. W. (2022). Media Digital dalam Memberdayakan Kemampuan Berpikir Kritis Abad 21 pada Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar. *JURNAL BASICEDU: Research & Learning in Elementary Education*, 6(1), 1064–1074. <https://doi.org/10.4018/jicte.2005070103>
- Kartika, A. T., et al. (2020). Profil Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas VIII SMP Pada Mata Pelajaran IPA. *JARTIKA: Jurnal Riset Teknologi Dan Inovasi Pendidikan*, 3(1), 1–10. <https://doi.org/10.36765/jartika.v3i1.46>

- Lestari, I. F., & Muhajir, S. N. (2021). Pendekatan STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Fluida Statis. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, 1(2), 62. <https://doi.org/10.52434/jpif.v1i2.1483>
- Liana, M., & Alpindo, O. (2021). Pengembangan e-Worksheets Berorientasi ICT Literacy Pada Mata Kuliah Pengantar Teknologi Informasi Pendidikan Matematika Untuk Mahasiswa Tahun Pertama. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(1), 223–237. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v5i1.453>
- Mahardika, H. C., Ismawati, R., & Rahayu, R. (2022). Penerapan LKPD berbantuan simulasi PhET untuk meningkatkan motivasi dan hasil belajar kognitif IPA peserta didik SMP. *Edu Sains: Jurnal Pendidikan Sains & Matematika*, 10(1), 61–70. <https://doi.org/10.23971/eds.v10i1.3170>
- Mardiyah, S., Herman, T., & Febrianti, E. D. (2023). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa SMP Kelas VII. *PHI: Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(2), 141. <https://doi.org/10.33087/phi.v7i2.287>
- Mulyani, A. Y. (2022). Pengembangan Critical Thinking Dalam Peningkatan Mutu Pendidikan di Indonesia. *DIAJAR: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, 1(1), 100–105. <https://doi.org/10.54259/diajar.v1i1.226>
- Nurafriani, R. R., & Mulyawati, Y. (2023). Pengembangan E-Lkpd Berbasis Liveworksheet Pada Tema 1 Subtema 1 Pembelajaran 3. *Didaktik: Jurnal Ilmiah PGSD STKIP Subang*, 9(1), 404–414. <https://doi.org/10.36989/didaktik.v9i1.711>
- Risah, Y., Sutirna, & Hakim, D. L. (2021). Pencapaian Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa pada Materi Trigonometri. *JPMI (Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif)*, 4(2), 307–316. <https://doi.org/10.22460/jpmi.v4i2.307-316>
- Rohman, F., & Kusaeri, K. (2021). Penilaian Kemampuan Berpikir Kritis Dalam Pembelajaran Fikih Dengan Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal (WGCTA). *EDUKASI: Jurnal Penelitian Pendidikan Agama Dan Keagamaan*, 19(3), 333–345. <https://doi.org/10.32729/edukasi.v19i3.874>
- Rumasoreng, M. I., Purwanto, A., & Hilliyani. (2023). Pelatihan Pembuatan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik Berbantuan E-Worksheet Interaktif. *Catimore: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(1), 72–79. <https://doi.org/10.56921/cpkm.v2i1.59>
- Santosa, T. A., et al. (2021). Meta-Analysis: Pengaruh Bahan Ajar Berbasis Pendekatan STEM Pada Pembelajaran Ekologi. *Journal of Digital Learning and Education*, 1(01), 1–9. <https://doi.org/10.52562/jdle.v1i01.24>
- Seko, A. F., et al. (2022). Penerapan Metode Fun Leraning untuk Meningkatkan Teknik Ingatan dan Hasil Belajar pada Peserta Didik di SD Negeri Nenas. *Jurnal Pendidikan Dan Konseling*, 4(4), 1176–1179.
- Sofiah, et al. (2023). Pengembangan E-Lkpd Berbasis Guided Inquiry Pada Materi Sistem Ekskresi Manusia. *Jurnal Natural Science Education Research (NERS)*, 6(3), 115–126.
- Ulfah, M., et al. (2021). Analisis Permasalahan Pendidik IPA Dalam Proses Penilaian Pembelajaran. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 5(2), 186–196. <https://doi.org/10.24815/jipi.v5i2.21163>
- Umami, R., Rusdi, M., & Kamid. (2021). Pengembangan instrumen tes untuk mengukur higher order thinking skills (HOTS) berorientasi programme for international student assessment (PISA) pada peserta didik. *JP3M (Jurnal Penelitian Pendidikan Dan Pengajaran Matematika)*, 7(1), 57–68. <https://doi.org/10.37058/jp3m.v7i1.2069>
- Wahdah, N., et al. (2024). Global Warming E-Worksheet Integrated with PhET Interactive Simulations: It is Effective to Enhance Students' Critical Thinking Skills? *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, 9(1), 65–73. <https://doi.org/10.26737/jipf.v9i1.4454>

Wahyuni, S., Ridlo, Z. R., & Rina, D. N. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Articulate Storyline Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP pada Materi Tata Surya. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 6(2), 99–110. <https://doi.org/10.24815/jipi.v6i2.24624>