

Pengembangan E-LKPD dan Instrumen Tes Keterampilan Berpikir Kritis Berbantuan Google Sites Pada Materi Termodinamika

Anisya' Destiara Pangesti^{1*}, Wasis²,

^{1, 2} Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

* Email: anisya.22070@mhs.unesa.ac.id ,

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan E-LKPD dan Instrumen tes keterampilan berpikir kritis berbantuan Google Sites pada materi termodinamika untuk mendukung perkembangan keterampilan berpikir kritis siswa. Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model pengembangan ADDIE. Metode pengumpulan data meliputi validasi ahli, angket respon peserta didik, dan tes KBK. Teknik analisis data dilakukan menggunakan analisis validitas, Percentage of Agreement, reliabilitas, tingkat kesukaran, daya pembeda, dan analisis peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa. Pada tahap analisis dilakukan analisis kebutuhan, materi dan kurikulum, pada tahap design dilakukan pengembangan E-LKPD, instrumen keterampilan berpikir kritis siswa dan angket respon siswa, pada tahap development menunjukkan bahwa: a). E-LKPD yang dikembangkan valid, dengan nilai Percentage of Agreement (PoA) sebesar 90%. b). instrumen yang dikembangkan juga valid dan reliabel, dengan rata-rata nilai Percentage of Agreement (PoA) sebesar 92%. Secara empiris memiliki tingkat kesukaran mudah hingga sedang dan daya pembeda cukup hingga baik. c) Respon siswa terhadap E-LKPD sangat positif pada seluruh aspek dan keterlaksanaan pembelajaran mencapai 100%, sehingga E-LKPD sangat praktis, efektif dan layak digunakan. d) KBK Siswa meningkat dengan rata-rata N-gain 0,581 berada di kategori sedang. Berdasarkan hasil penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa E-LKPD dan instrumen tes yang dikembangkan layak digunakan dalam pembelajaran.

Kata kunci: E-LKPD, instrumen tes, keterampilan berpikir kritis, google sites, Termodinamika

Development of Google Sites-Assisted E-LKPD and Critical Thinking Skills Test Instruments on Thermodynamics

Abstract

This study aims to develop E-LKPD and critical thinking skills test instruments assisted by Google Sites on thermodynamics material to support the development of students' critical thinking skills. This study uses the Research and Development (R&D) method with the ADDIE development model. Data collection methods include expert validation, student response questionnaires, and critical thinking skills tests. Data analysis techniques are carried out using validity analysis, Percentage of Agreement, reliability, difficulty level, discriminatory power, and analysis of the improvement of students' critical thinking skills. The results of the study show that: a). The developed E-LKPD is valid, with a Percentage of Agreement (PoA) value of 90%. b). The developed instrument is also valid and reliable, with an average Percentage of Agreement (PoA) value of 92%. Empirically, it has an easy to moderate level of difficulty and sufficient to good discriminatory power. c) Student responses to E-LKPD are very positive in all aspects and the implementation of learning reaches 100%, so that E-LKPD is very practical, effective and feasible to use. d) Students' critical thinking skills increased with an average N-gain of 0.581, which is in the moderate category. Based on the research results above, it can be concluded that the E-LKPD and the developed test instruments are suitable for use in learning.

Keywords: : *E-LKPD, test instruments, critical thinking, Google Sites, Thermodynamics*

Histori Naskah

Diserahkan: 6 Juli 2026

Direvisi: 11 Juli 2026

Diterima: 13 Juli 2026

How to cite:

Pangesti, A. D., Wasis. (2026). Pengembangan E-LKPD dan Instrumen Tes Keterampilan Berpikir Kritis berbantuan Google Sites pada Materi Termodinamika. *Inovasi Pendidikan Fisika*, 14(3), 116-131. DOI: <https://doi.org/10.26740/ipf.vxx.nxx.xx-xx>.

PENDAHULUAN

Pendidikan abad ke-21 menuntut siswa memiliki keterampilan yang tidak hanya menguasai materi, tetapi juga kemampuan berpikir tingkat tinggi. Salah satu kompetensi utama yang ditekankan dalam Framework for 21st Century Learning adalah keterampilan berpikir kritis (critical thinking), yang berperan penting dalam membantu siswa untuk menganalisis, mengevaluasi, serta membuat keputusan secara rasional (Battelle for Kids, 2019). Keterampilan ini menjadi salah satu kompetensi yang harus ditingkatkan melalui proses pembelajaran sains.

Dalam proses pembelajaran fisika, keterampilan berpikir kritis memiliki peran penting karena konsep fisika yang abstrak dan membutuhkan kemampuan analisis mendalam. Salah satu materi yang dianggap sulit oleh siswa adalah termodinamika, yang mencakup konsep energi dalam, kalor, kerja, serta hukum-hukum termodinamika. Kompleksitas materi tersebut menuntut siswa tidak hanya menguasai perhitungan matematis, tetapi juga memiliki kemampuan memahami konsep dan menghubungkannya dengan fenomena kehidupan sehari-hari. Penelitian menunjukkan bahwa rendahnya kemampuan pemecahan masalah pada materi termodinamika berkaitan dengan kurang optimalnya keterampilan berpikir kritis peserta didik (Lutfiani et al., 2026).

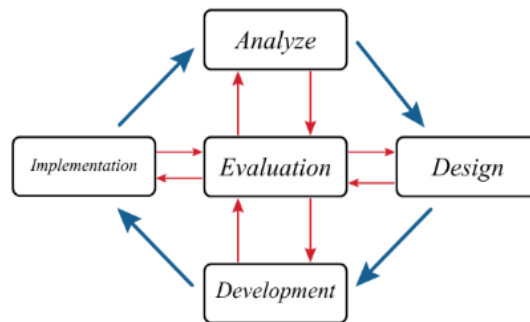
Rendahnya keterampilan berpikir kritis siswa Indonesia terlihat dari data Programme for International Student Assessment (PISA) 2022 yang mengemukakan bahwa skor literasi sains siswa Indonesia masih jauh di bawah rata-rata OECD (OECD, 2023). Kondisi ini mengindikasikan bahwa keterampilan siswa dalam menganalisis, mengevaluasi, dan menerapkan konsep sains pada berbagai situasi masih perlu ditingkatkan. Selain itu, hasil observasi dan wawancara dengan guru fisika di salah satu sekolah negeri di Surabaya menunjukkan bahwa pembelajaran masih didominasi metode ceramah dan latihan soal, sehingga siswa kurang memperoleh kesempatan untuk mengembangkan KBK secara optimal.

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi rendahnya KBK adalah dengan memanfaatkan teknologi pembelajaran melalui pengembangan Electronic Lembar Kerja Peserta Didik (E-LKPD). E-LKPD mampu menyajikan materi secara interaktif melalui integrasi teks, gambar, animasi, dan aktivitas pembelajaran yang dapat meningkatkan keterlibatan peserta didik serta mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis (Habsyi et al., 2022). Penggunaan E-LKPD juga memberikan fleksibilitas dalam proses pembelajaran dan dapat meningkatkan minat belajar siswa (Suryaningsih & Nurlita, 2019).

Berdasarkan uraian tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah a). Bagaimana validitas E-LKPD berbasis Google Sites yang dikembangkan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa pada materi termodinamika?, b). Bagaimana parameter instrumen tes keterampilan berpikir kritis siswa pada materi termodinamika?, c). Bagaimana kepraktisan E-LKPD berbasis Google Sites untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa pada materi termodinamika?, d). Bagaimana peningkatan keterampilan berpikir kritis berpikir kritis siswa setelah menggunakan E-LKPD dan instrumen keterampilan berpikir kritis?. Penelitian ini bertujuan mengembangkan instrumen tes keterampilan berpikir kritis (KBK) dan E-LKPD berbantuan Google Sites pada materi termodinamika. Produk yang dikembangkan diharapkan dapat menjadi sarana pembelajaran yang valid, praktis, dan efektif untuk melatih serta mengukur KBK siswa.

METODE

Penelitian ini merupakan *Research and Development* (R&D). (Sarpong, 2022) yang bertujuan untuk menciptakan, mengembangkan, atau menyempurnakan produk, layanan, atau pengetahuan baru melalui riset ilmiah dan eksperimen terencana. Model yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada model pengembangan ADDIE yang dikembangkan oleh Branch (2009) dengan lima tahapan yaitu *Analyze*, *Design*, *Development*, *Implementation* and *Evaluation*.



Gambar 1 Bagan Model Pengembangan ADDIE

Teknik analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif kuantitatif. Validitas logis dilakukan oleh tiga validator untuk memberikan validasi E-LKPD dan instrumen yang dikembangkan. Penilaian validitas dilakukan menggunakan skala Likert, pada Tabel 1

Tabel 1 Skala Likert

Skor	Kriteria
4	Sangat Valid
3	Valid
2	Cukup Valid
1	Kurang Valid

Hasil validasi oleh dosen ahli kemudian dianalisis menggunakan rumus untuk mengetahui validitas instrumen. Rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$p = \frac{f}{n} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

p : angka persentase data angket

f : jumlah skor yang diperoleh

n : jumlah skor maksimum

Tabel 2 Kriteria skor validitas

Presentase	Kriteria
0% - 20%	Tidak valid
20% - 40%	Kurang valid
41% - 60%	Cukup valid
61% - 80%	Valid
81% - 100%	Sangat valid

Kemudian menilai hasil validasi kecocokan dari tiga validator dengan persamaan 2

$$\text{Percentage of Agreement} = 100\% \times \left(1 - \frac{A-B}{A+B}\right) \quad (2)$$

Keterangan :

A = Frekuensi/skor aspek yang dinilai oleh validator dengan memberikan frekuensi tinggi

B = Frekuensi/skor aspek yang dinilai oleh pengamat dengan memberikan frekuensi rendah

Berdasarkan presentase kelayakan yang diperoleh, kemudian diinterpretasikan ke dalam beberapa kategori seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 Presentase Kelayakan

Presentase	Kriteria
0% - 20%	Tidak valid
20% - 40%	Kurang valid
41% - 60%	Cukup valid
61% - 80%	Valid
81% - 100%	Sangat valid

(Riduwan, 2012).

Instrumen dan E-LKPD dinyatakan reliabel jika skor POA $\geq 75\%$ (Borich, 1994)

Instrumen tes yang dikembangkan dapat dinyatakan valid apabila dapat mengukur apa yang seharusnya diukur (Sari et al., 2023). Validitas instrumen yang dikembangkan dapat ditentukan dengan rumus kolerasi *product moment* yang dirumuskan pada persamaan berikut

$$r_{xy} = \frac{N\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{N\sum X^2 - (\sum X)^2\}\{N\sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}} \quad (3)$$

Keterangan

r_{xy} : Koefisien korelasi tiap butir soal

N : Banyaknya responden uji coba

X : Jumlah skor item

Y : Jumlah skor total

Butir soal dinyatakan valid apabila $r_{hitung} > r_{tabel}$. Untuk menginterpretasikan koefisien validasi dapat digunakan kriteria pada Tabel 4

Tabel 4 Kriteria Interpretasi Korelasi

Angkat Korelasi	Kriteria
0,81 < r ≤ 1,00	Sangat Tinggi
0,61 < r ≤ 0,80	Tinggi
0,41 < r ≤ 0,60	Cukup
0,21 < r ≤ 0,40	Rendah
0,00 < r ≤ 0,20	Sangat Rendah

(Arikunto, 2018)

Reliabilitas adalah indikator yang menyatakan seberapa konsisten hasil suatu pengukuran, meskipun dilakukan berulang kali dalam kondisi yang sama (Sari et al., 2023). Uji reliabilitas item soal dilakukan dengan tujuan untuk mengukur tingkat kepercayaan suatu tes. Instrumen dikatakan reliabel apabila instrumen tersebut konsisten dan stabil. Artinya, jika instrumen digunakan beberapa kali dengan mengukur objek yang sama, maka akan menghasilkan data yang sama. Reliabilitas item soal dalam bentuk esai yang diukur menggunakan persamaan koefisien *Alpha Cronbach*

$$r_{11} = \left(\frac{n}{n-1} \right) \left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma^2} \right) \quad (4)$$

Keterangan :

r_{11} : Nilai Reliabilitas

n : Banyak item soal
 $\sum \sigma i^2$: Jumlah varians skor butir soal
 σt^2 : Varians total

Untuk menginterpretasikan nilai reliabilitas dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 5 Kriteria Interpretasi Reliabilitas

Nilai Cronbach' Alpha	Interpretasi
$\alpha \leq 0,90$	Sangat tinggi
$0,80 \leq \alpha \leq 0,90$	Tinggi
$0,70 \leq \alpha \leq 0,80$	Cukup
$0,60 \leq \alpha \leq 0,70$	Sedang
$0,50 \leq \alpha \leq 0,60$	Rendah
$\alpha < 0,50$	Sangat rendah

(Arikunto,2018)

Taraf kesukaran suatu soal uraian dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$TK = \frac{\frac{\sum x}{N}}{\text{skor maksimal tiap butir soal}} \quad (5)$$

Keterangan

TK : Taraf kesukaran

$\sum X$: Jumlah skor peserta didik tiap butir soal

N : Jumlah peserta didik

Kategori kriteria tingkat kesukaran setiap butir soal dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Taraf Kesukaran

Taraf Kesukaran	Kriteria
0,00 – 0,30	Sukar
0,31 – 0,70	Sedang
0,71 – 1,00	Mudah

(Riduwan, 2015)

Daya pembeda item soal merupakan kemampuan sebuah instrumen tes dalam membedakan peserta didik yang memiliki kemampuan tinggi dengan peserta didik yang memiliki kemampuan rendah (Arikunto, 2018).

Koefisien indeks daya pembeda dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$DP = \frac{\bar{X}K_A - \bar{X}K_B}{\text{skor maksimal tiap butir soal}} \quad (6)$$

Keterangan :

DP : Indeks daya pembeda pada soal ke-n

$\bar{X}K_A$: Rata-rata skor peserta didik kelompok atas pada soal ke-n

$\bar{X}K_B$: Rata-rata skor peserta didik kelompok bawah pada soal ke-n

Tabel 7 Kriteria Daya Pembeda Butir Soal

Interval Skor	Kategori
$DP \leq 0,00$	Sangat jelek, sebaiknya dibuang
$0,00 \leq DP \leq 0,20$	Jelek
$0,20 \leq DP \leq 0,40$	Cukup
$0,40 \leq DP \leq 0,70$	Baik
$0,71 \leq DP \leq 1,00$	Sangat Baik

(Arikunto, 2018)

peningkatan keterampilan berpikir kritis sebelum dan sesudah pembelajaran dengan menggunakan rumus gain ternormalisasi (*normalized gain*) yang dikembangkan oleh Hake (1999) sebagai berikut:

$$\langle g \rangle = \frac{\text{Skor Posttest} - \text{Skor Pretest}}{\text{Skor Ideal} - \text{Skor Pretest}} \quad (7)$$

Interpretasi nilai gain ternormalisasi $\langle g \rangle$ yang dimodifikasi terdapat pada Tabel 8

Tabel 8 Interpretasi Nilai N-Gain Ternormalisasi

Nilai Gain Ternormalisasi	Interpretasi
$-1,00 \leq N - \text{Gain} < 0,00$	Terjadi Penurunan
$N - \text{Gain} = 0,00$	Tidak terjadi penurunan
$0,00 < N - \text{Gain} < 0,30$	Rendah
$0,30 \leq N - \text{Gain} < 0,70$	Sedang
$0,70 \leq N - \text{Gain} < 1,00$	Tinggi

Selanjutnya dilakukan Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov digunakan untuk mengetahui apakah N-Gain terdistribusi normal. Jika nilai $P > 0,05$, maka data berdistribusi normal. Uji homogenitas Levene's digunakan untuk menguji varians data. Jika $P > 0,05$, maka varians homogen. Uji One Way ANOVA untuk membandingkan N-Gain dari ketiga kelas,

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Tahap *Analyze* (Analisis)

Tahap awal pengembangan E-LKPD dan instrumen tes dimulai dengan tahap analisis kebutuhan, dilakukan studi pustaka dan observasi di SMA Negeri 14 Surabaya. Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis siswa merupakan hal yang krusial di dalam pendidikan. Namun Hasil PISA Indonesia menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa Indonesia masih tergolong rendah (OECD, 2023). Wawancara dengan pihak sekolah menunjukkan bahwa pembelajaran di sekolah masih belum mengintegrasikan pembelajaran digital dan belum tersedia instrumen untuk mengukur KBK, sehingga dibutuhkan pengembangan platform belajar digital (E-LKPD) dan instrumen tes KBK yang dapat digunakan dalam pembelajaran.

Selanjutnya, dilakukan analisis Kurikulum Merdeka yang diterapkan di SMA Negeri 14 Surabaya. Kurikulum ini mendukung untuk menciptakan pembelajaran yang fleksibel dan kontekstual sehingga dalam meningkatkan KBK. Pada Materi termodinamika, capaian pembelajaran dan tujuan pembelajaran dibuat sesuai dengan capaian pembelajaran di Kurikulum Merdeka.

Analisis materi dilakukan untuk memilih topik termodinamika sebagai materi utama pada E-LKPD dan instrumen tes. Materi ini dipilih karena berkaitan dengan kebutuhan peserta didik yang menganggap materi termodinamika merupakan materi yang sulit sehingga dibutuhkan instrumen dan E-LKPD untuk melatih siswa dalam membangun KBK. Capaian pembelajaran yang mendukung keterampilan bernalar kritis dijadikan acuan untuk menyusun E-LKPD dan instrumen tes KBK.

2. Tahap *Design* (Perancangan)

Pada tahap perancangan, E-LKPD dan instrumen tes dikembangkan dengan mengintegrasikan indikator keterampilan berpikir kritis menurut Facione setiap tahapan pembelajaran dalam E-LKPD disesuaikan dengan indikator KBK. Instrumen tes disusun dalam bentuk uraian karena mampu menunjukkan siswa untuk mengungkapkan pendapat secara runtut, kritis dan sistematis (Susilawati, 2020). Sehingga, soal disusun dalam bentuk esai.

Pada tahap perancangan dilakukan perancangan bagian bagian website, mengembangkan kegiatan pembelajaran dalam E-LKPD yang disesuaikan dengan indikator KBK sehingga dapat meningkatkan KBK siswa setelah menggunakan E-LKPD. Selanjutnya dilakukan perancangan kisi-kisi soal yang meliputi indikator soal, indikator KBK, soal, serta rambu-rambu jawaban. Indikator KBK yang digunakan dalam penyusunan instrumen menurut Facione yaitu interpretasi, analisis, eksplanasi, analisis, evaluasi. Dalam tahapan ini juga dilakukan penyusunan pedoman penskoran dan angket respon siswa.

3. Tahap *Develepment* (Pengembangan)

Pada tahap ini dilakukan validasi E-LKPD dan instrumen tes oleh 2 dosen Pendidikan Fisika UNESA dan satu guru SMA Negeri 14 Surabaya. Selain hasil validasi juga dilakukan uji coba terbatas yang melibatkan 25 mahasiswa S1 Pendidikan Fisika UNESA tingkat pertama untuk memperoleh validitas empiris. Instrumen dan E-LKPD dinyatakan layak jika memenuhi kriteria validitas logis maupun empiris

Tabel 9 Validitas Instrumen Tes Keterampilan Berpikir Kritis

Aspek	Jumlah	Skor Maksimal	Persentase Validitas	PoA	Kriteria
Isi	55	60	92%	94%	Sangat Valid
Bahasa	42	48	88%	90%	Sangat Valid

Hasil validasi menunjukkan bahwa instrumen tes keterampilan berpikir kritis telah memenuhi kriteria sangat valid baik dari aspek isi maupun aspek kebahasaan. Validitas isi yang tinggi mengindikasikan bahwa setiap butir soal telah sesuai dengan kompetensi yang diukur, indikator keterampilan berpikir kritis, serta materi termodinamika. Kesesuaian tersebut menunjukkan bahwa instrumen mampu merepresentasikan konstruk yang hendak diukur sehingga dapat digunakan untuk memperoleh informasi yang sesuai dengan tujuan pengukuran. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa validitas isi merupakan bukti bahwa suatu instrumen telah mencerminkan domain kompetensi yang diukur melalui penilaian para ahli, sehingga instrumen layak digunakan dalam penelitian setelah melalui proses revisi sesuai masukan validator (Fitriani et al., 2023)

Pada aspek kebahasaan, hasil validasi menunjukkan bahwa bahasa yang digunakan dalam instrumen tes KBK telah memenuhi prinsip kejelasan, komunikatif, dan sesuai dengan tingkat perkembangan peserta didik. Kalimat yang digunakan tidak menimbulkan penafsiran ganda sehingga siswa dapat memahami maksud setiap butir soal dengan baik. Kejelasan bahasa merupakan salah satu syarat penting dalam penyusunan instrumen karena dapat meminimalkan kesalahan pengukuran yang disebabkan oleh kesalahan interpretasi terhadap redaksi soal. Dengan demikian, instrumen tidak hanya mengukur kemampuan siswa, tetapi juga memastikan bahwa jawaban yang diberikan benar-benar mencerminkan kemampuan berpikir kritis yang dimiliki (Nisrina, 2022)

Selain memenuhi aspek validitas, hasil penilaian antarvalidator juga menunjukkan tingkat kesepakatan yang sangat tinggi. Tingginya nilai *Percentage of Agreement* (PoA) menunjukkan bahwa para validator memiliki persepsi yang konsisten dalam menilai kualitas instrumen, baik dari segi isi maupun kebahasaan. Konsistensi tersebut memperkuat bahwa instrumen yang dikembangkan telah memenuhi kriteria kelayakan dan memiliki tingkat objektivitas yang baik. Menurut Borich (1994), nilai *Percentage of Agreement* di atas 75% menunjukkan bahwa instrumen memiliki reliabilitas antarpemilai yang baik, sehingga hasil validasi dapat dipercaya sebagai dasar penentuan kelayakan instrumen. Oleh karena itu, instrumen tes keterampilan berpikir kritis yang dikembangkan dinilai layak digunakan pada tahap uji coba setelah dilakukan penyempurnaan berdasarkan saran para validator.

Tabel 10 Validitas E-LKPD berbantuan Google Sites

Aspek	Jumlah skor	Skor Maksimal	Persentase Validitas	PoA	Kriteria
Materi	43	48	90%	90%	Sangat Valid
Konstruksi	32	36	89%	90%	Sangat Valid
Bahasa	32	36	89%	90%	Sangat Valid

Hasil validasi menunjukkan bahwa E-LKPD yang dikembangkan telah memenuhi kriteria sangat valid pada aspek materi. Hal ini menunjukkan bahwa materi yang disajikan telah sesuai dengan capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, indikator, serta konsep-konsep termodinamika yang harus dikuasai peserta didik. Selain itu, penyajian materi juga telah mendukung pencapaian indikator keterampilan berpikir kritis yang diintegrasikan ke dalam setiap aktivitas pembelajaran. Kesesuaian materi dengan tujuan pembelajaran merupakan salah satu syarat utama agar bahan ajar mampu memfasilitasi peserta didik dalam membangun pemahaman konseptual sekaligus mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (Febriyanti, 2022).

Pada aspek konstruksi, hasil validasi menunjukkan bahwa komponen E-LKPD telah disusun secara sistematis sesuai dengan karakteristik bahan ajar elektronik. Penyajian tujuan pembelajaran, petunjuk penggunaan, aktivitas belajar, penyajian masalah, hingga evaluasi telah dirancang secara berurutan sehingga memudahkan siswa mengikuti proses pembelajaran. Struktur E-LKPD yang sistematis juga mendukung implementasi pembelajaran yang berpusat pada siswa, karena setiap tahapan dirancang untuk mengarahkan peserta didik menemukan konsep melalui kegiatan yang terstruktur. Penyusunan bahan ajar dengan konstruksi yang baik dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran serta membantu siswa mengembangkan kemampuan berpikir kritis secara bertahap (Irdiansyah, 2025).

Aspek kebahasaan juga menunjukkan bahwa E-LKPD telah menggunakan bahasa yang komunikatif, sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia, dan mudah dipahami oleh siswa. Penggunaan kalimat yang efektif, istilah ilmiah yang tepat, serta penyampaian instruksi yang jelas menjadi faktor penting agar siswa tidak mengalami kesulitan dalam memahami isi maupun langkah-langkah kegiatan pembelajaran. Bahasa yang baik pada bahan ajar dapat mengurangi terjadinya miskonsepsi dan membantu peserta didik memusatkan perhatian pada proses pemecahan masalah yang diberikan. Oleh karena itu, aspek kebahasaan menjadi salah satu komponen penting dalam menentukan kualitas bahan ajar elektronik (Febriyanti, 2022).

Selain memenuhi aspek validitas, hasil penilaian antarvalidator menunjukkan tingkat kesepakatan yang sangat tinggi. Nilai *Percentage of Agreement* (PoA) yang memenuhi kriteria menunjukkan bahwa para validator memberikan penilaian yang konsisten terhadap kualitas E-LKPD pada setiap aspek. Tingginya kesepakatan antarvalidator memperkuat bahwa E-LKPD telah memenuhi persyaratan kelayakan sebagai bahan ajar yang dapat digunakan dalam proses pembelajaran setelah dilakukan penyempurnaan berdasarkan saran validator. Konsistensi penilaian tersebut juga menunjukkan bahwa E-LKPD memiliki kualitas yang baik baik dari segi isi, penyajian, maupun penggunaan bahasa, sehingga layak untuk diimplementasikan dalam pembelajaran fisika pada materi termodinamika (Prabowo et al., 2021).

Tabel 11 Validitas Angket Respon

Aspek	Jumlah	Skor Maksimal	Persentase Validitas	PoA	Kriteria
Isi	33	36	92%	90%	Sangat Valid
Konstruksi	46	48	96%	95%	Sangat Valid
Bahasa	33	36	92%	90%	Sangat Valid

Hasil validasi menunjukkan bahwa angket respons peserta didik terhadap E-LKPD telah memenuhi kriteria sangat valid pada aspek isi. Hal ini mengindikasikan bahwa setiap pernyataan dalam angket telah disusun sesuai dengan tujuan pengukuran, yaitu memperoleh informasi mengenai tanggapan siswa terhadap penggunaan E-LKPD dalam proses pembelajaran. Butir-butir pernyataan telah mewakili aspek yang hendak dievaluasi, seperti kemudahan penggunaan, kebermanfaatan, tampilan, serta kontribusi E-LKPD terhadap kegiatan belajar. Kesesuaian isi angket sangat penting agar data yang diperoleh benar-benar mencerminkan persepsi peserta didik terhadap produk yang dikembangkan, sehingga hasil evaluasi dapat digunakan sebagai dasar untuk menilai kepraktisan E-LKPD (Prabowo et al., 2021).

Pada aspek konstruksi, hasil validasi menunjukkan bahwa angket telah disusun dengan struktur yang sistematis, mulai dari penyusunan indikator, perumusan butir pernyataan, hingga penggunaan skala penilaian yang konsisten. Penyusunan angket yang baik akan memudahkan peserta didik dalam memberikan respons secara objektif sesuai dengan pengalaman mereka selama menggunakan E-LKPD. Selain itu, setiap butir pernyataan telah dirancang agar hanya mengukur satu aspek sehingga mampu mengurangi bias dalam pemberian jawaban. Konstruksi instrumen yang baik menjadi salah satu faktor yang menentukan kualitas data yang dihasilkan karena memengaruhi kejelasan dan ketepatan respons peserta didik (Musayroh, 2021).

Aspek kebahasaan juga menunjukkan bahwa angket telah menggunakan bahasa yang komunikatif, sederhana, dan mudah dipahami oleh siswa. Penggunaan kalimat yang jelas serta sesuai dengan tingkat perkembangan siswa memungkinkan setiap pernyataan dipahami dengan makna yang sama oleh seluruh

responden. Kejelasan bahasa dalam angket sangat penting untuk meminimalkan terjadinya perbedaan interpretasi yang dapat memengaruhi keakuratan data respons. Oleh karena itu, aspek kebahasaan menjadi salah satu indikator penting dalam menjamin kualitas instrumen non-tes yang digunakan dalam penelitian pengembangan (Musayaroh, 2021)

Selain memenuhi aspek validitas, hasil penilaian antarvalidator juga menunjukkan tingkat kesepakatan yang sangat tinggi. Nilai *Percentage of Agreement* (PoA) yang berada di atas batas minimal kelayakan menunjukkan bahwa para validator memberikan penilaian yang konsisten terhadap kualitas angket pada seluruh aspek. Konsistensi tersebut memperkuat bahwa angket respons peserta didik telah memenuhi persyaratan sebagai instrumen yang layak digunakan untuk memperoleh data mengenai kepraktisan E-LKPD. Dengan demikian, angket yang dikembangkan diyakini mampu menghasilkan informasi yang akurat mengenai tanggapan siswa terhadap penggunaan E-LKPD dalam pembelajaran (Verawati, 2022).

Setelah melalui tahapan validasi, E-LKPD dan instrumen direvisi sesuai dengan saran dan kritik dari validator, selanjutnya dilakukan uji terbatas kepada 25 mahasiswa S1 Pendidikan Fisika untuk mendapatkan validitas empiris dari soal yang dikembangkan.

Tabel 12 Hasil Validasi Empiris Instrumen Keterampilan Berpikir Kritis

No.	Validitas Butir Soal	Reliabilitas	Tingkat Kesukaran	Daya Pembeda	Keterangan
1.	0,417	0,736	0,708	0,223	Layak Digunakan
2.	0,454		0,624	0,213	Layak Digunakan
3.	0,675		0,790	0,563	Layak Digunakan
4.	0,668		0,848	0,599	Layak Digunakan
5.	0,534		0,744	0,409	Layak Digunakan
6.	0,495		0,736	0,339	Layak Digunakan
7.	0,642		0,776	0,549	Layak Digunakan
8.	0,762		0,672	0,672	Layak Digunakan
9.	0,627		0,784	0,470	Layak Digunakan
10.	0,432		0,736	0,266	Layak Digunakan

Berdasarkan hasil analisis butir soal menunjukkan bahwa seluruh butir instrumen telah memenuhi kriteria kelayakan sehingga dapat digunakan untuk mengukur KBK siswa. Validitas butir yang mengindikasikan bahwa setiap soal mampu mengukur konstruk yang sama dengan instrumen secara keseluruhan dan memiliki hubungan yang cukup kuat dengan skor total. Dengan demikian, setiap butir soal telah merepresentasikan indikator KBK yang dikembangkan pada materi termodinamika. Temuan ini sejalan dengan pendapat bahwa validitas butir merupakan salah satu syarat utama kualitas instrumen karena menunjukkan ketepatan butir soal dalam mengukur kompetensi yang dituju (Yusup, 2018).

Hasil uji reliabilitas menunjukkan bahwa instrumen memiliki tingkat konsistensi yang baik. Hal ini menunjukkan bahwa setiap butir soal memberikan hasil pengukuran yang relatif stabil dan konsisten ketika digunakan untuk mengukur KBK siswa. Instrumen yang memiliki reliabilitas baik akan menghasilkan data yang lebih dapat dipercaya sehingga dapat mengurangi kesalahan pengukuran yang berasal dari instrumen itu sendiri. Oleh karena itu, reliabilitas menjadi salah satu indikator penting dalam memastikan bahwa hasil pengukuran benar-benar mencerminkan kemampuan siswa (Yusup, 2018).

Berdasarkan hasil analisis tingkat kesukaran, seluruh butir soal berada pada tingkat kesukaran yang bervariasi, mulai dari kategori sedang hingga mudah. Komposisi tersebut menunjukkan bahwa instrumen telah disusun secara proporsional sehingga tidak didominasi oleh soal yang terlalu mudah maupun terlalu sulit. Tingkat kesukaran yang proporsional penting dalam penyusunan instrumen karena memungkinkan soal mengukur KBK siswa pada berbagai tingkat penguasaan materi serta memberikan informasi yang lebih akurat mengenai hasil belajar. Instrumen dengan tingkat kesukaran yang seimbang juga lebih efektif dalam membedakan kemampuan peserta didik secara menyeluruh (Pratiwi, 2021).

Hasil analisis daya pembeda menunjukkan bahwa seluruh butir soal telah memiliki kemampuan untuk membedakan siswa yang memiliki kemampuan tinggi dan rendah, meskipun terdapat variasi kategori daya pembeda antarbutir. Butir soal dengan daya pembeda yang baik mampu mengidentifikasi peserta didik yang benar-benar menguasai materi dan KBK dibandingkan siswa yang belum menguasainya. Dengan demikian, instrumen yang dikembangkan memiliki kemampuan diskriminatif yang memadai sehingga layak digunakan sebagai alat ukur dalam penelitian. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa daya pembeda merupakan indikator penting dalam menentukan kualitas butir soal karena berkaitan dengan kemampuan instrumen dalam mengelompokkan siswa berdasarkan tingkat penguasaan kompetensi yang diukur (Retnawati, 2018)

Secara keseluruhan, hasil analisis validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya pembeda menunjukkan bahwa instrumen tes telah memenuhi karakteristik instrumen yang baik. Kesesuaian keempat aspek tersebut menunjukkan bahwa instrumen tidak hanya mampu mengukur keterampilan berpikir kritis secara tepat, tetapi juga menghasilkan data yang konsisten serta memiliki kemampuan membedakan tingkat kemampuan peserta didik. Oleh karena itu, seluruh butir soal dinyatakan layak digunakan sebagai instrumen penelitian untuk mengukur KBK siswa pada materi termodinamika.

4. Tahap *Implementation* (Penerapan)

Tahap ini dilakukan penerapan E-LKPD dan instrumen tes yang telah memenuhi kriteria valid secara teoritis dan empiris. Penerapan dilaksanakan di SMA Negeri 14 Surabaya pada kelas XI-1, XI-1 dan XI-3. Tujuan dari penerapan ini adalah untuk mengetahui peningkatan KBK setelah menggunakan E-LKPD dan instrumen tes

Tabel 13 Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis

Kelas	Rata-Rata <i>Pre-test</i>	Rata-rata <i>Post-test</i>	<i>n-gain</i>	Kategori
XI-1	25,166	68,750	0,582	Sedang
XI-2	41,533	77,166	0,609	Sedang
XI-3	40,166	73,25	0,552	Sedang

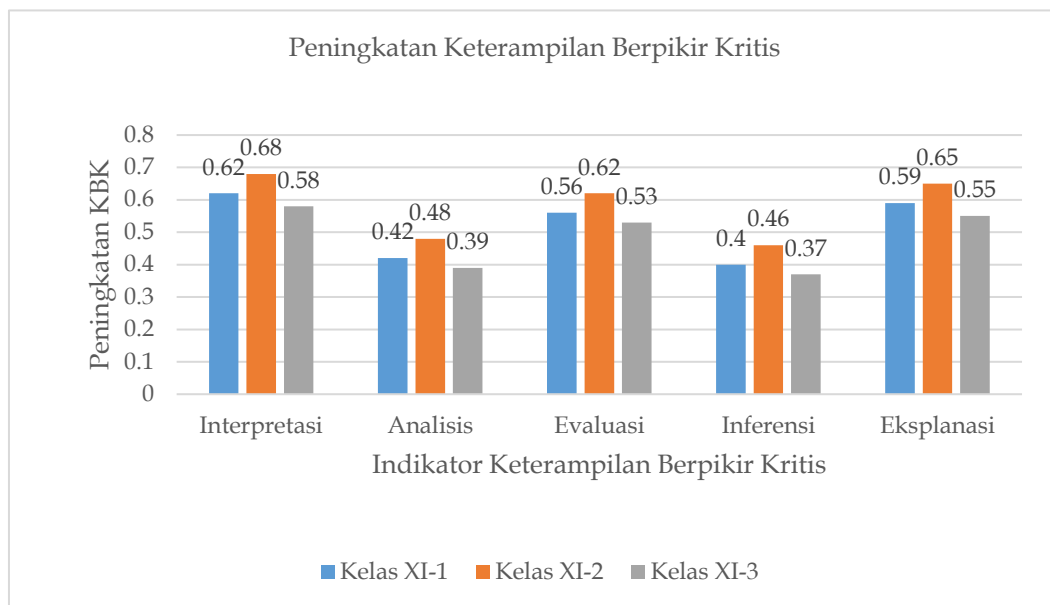
Hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata nilai post-test pada seluruh kelas lebih tinggi dibandingkan dengan pre-test, yang mengindikasikan adanya peningkatan KBK siswa setelah menggunakan E-LKPD berbantuan *Google Sites* pada materi termodinamika. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa proses pembelajaran yang memanfaatkan E-LKPD mampu membantu siswa membangun pemahaman konsep melalui aktivitas yang lebih interaktif, sistematis, dan berpusat pada peserta didik. Integrasi aktivitas yang menuntut siswa menganalisis permasalahan, menghubungkan konsep, dan menarik kesimpulan turut memberikan kesempatan untuk melatih keterampilan berpikir kritis selama proses pembelajaran (Hidayati et al., 2022)

Hasil perhitungan *n-gain* menunjukkan bahwa ketiga kelas berada pada kategori sedang. Kategori ini mengindikasikan bahwa pembelajaran menggunakan E-LKPD berbantuan *Google Sites* mampu memberikan peningkatan kemampuan peserta didik secara nyata, meskipun peningkatannya belum mencapai kategori tinggi. Menurut klasifikasi yang dikemukakan oleh Hake (1999), kategori sedang menunjukkan bahwa intervensi pembelajaran telah memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan hasil belajar. Peningkatan pada kategori sedang juga umum ditemukan dalam penelitian pengembangan perangkat pembelajaran karena keterampilan berpikir kritis merupakan kemampuan berpikir tingkat tinggi yang berkembang secara bertahap melalui latihan yang berkesinambungan (Susilawati et al., 2020).

Rata-rata nilai post-test kelas XI-1 yang masih berada sedikit di bawah KKM menunjukkan bahwa meskipun terjadi peningkatan kemampuan berpikir kritis setelah pembelajaran menggunakan E-LKPD berbantuan *Google Sites*, peningkatan tersebut belum sepenuhnya mampu membawa seluruh peserta didik mencapai standar ketuntasan yang ditetapkan sekolah. Kondisi ini dapat dipengaruhi oleh kemampuan awal peserta didik yang relatif lebih rendah dibandingkan kelas lainnya. Kemampuan awal merupakan salah satu

faktor yang memengaruhi keberhasilan pembelajaran karena peserta didik dengan penguasaan konsep awal yang rendah membutuhkan waktu belajar dan latihan yang lebih banyak untuk mencapai tingkat penguasaan yang diharapkan. Penelitian menunjukkan bahwa pengetahuan awal (*prior knowledge*) berperan penting dalam proses memahami konsep baru dan memecahkan masalah yang kompleks (Susilawati, 2020)

Secara keseluruhan, hasil peningkatan pada ketiga kelas menunjukkan bahwa E-LKPD berbantuan Google Sites berpotensi menjadi media pembelajaran yang efektif dalam melatih keterampilan berpikir kritis pada materi termodinamika. Penyajian materi yang terintegrasi dengan gambar, video, simulasi, dan aktivitas pemecahan masalah mendorong peserta didik untuk lebih aktif dalam mengonstruksi pengetahuan. Kondisi tersebut sejalan dengan berbagai penelitian yang melaporkan bahwa penggunaan E-LKPD berbasis teknologi dapat meningkatkan keterlibatan siswa, memperkuat pemahaman konsep, serta memberikan dampak positif terhadap peningkatan KBK dalam pembelajaran fisika (Fitriani et al., 2021).



Gambar 2 Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Pada Setiap Indikator

Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh indikator keterampilan berpikir kritis mengalami peningkatan setelah siswa mengikuti pembelajaran yang menerapkan E-LKPD berbantuan *Google Sites*. Meskipun terdapat perbedaan tingkat peningkatan pada setiap indikator dan kelas, secara umum peningkatan tersebut menunjukkan bahwa aktivitas pembelajaran yang dirancang dalam E-LKPD mampu memfasilitasi peserta didik untuk mengembangkan berbagai aspek KBK sebagaimana yang dikemukakan oleh Facione (2015), yaitu interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, dan eksplanasi. Integrasi masalah kontekstual, diskusi, dan aktivitas penyelidikan dalam E-LKPD memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengembangkan KBK. (Hidayati et al., 2022).

Indikator interpretasi menunjukkan peningkatan yang relatif paling signifikan dibandingkan indikator lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa peserta didik telah dapat memahami informasi, mengidentifikasi fakta yang diberikan, serta menginterpretasikan konsep-konsep termodinamika sebelum menyelesaikan permasalahan. Peningkatan pada indikator ini didukung oleh penyajian fenomena kontekstual, gambar, video, dan ilustrasi pada E-LKPD yang membantu peserta didik menghubungkan konsep fisika dengan situasi nyata. Menurut Facione (2015), kemampuan interpretasi merupakan tahap awal dalam berpikir kritis karena menjadi dasar dalam memahami informasi sebelum melakukan analisis lebih lanjut (Nuryanti, dkk 2020)

Indikator analisis menunjukkan peningkatan yang paling rendah dibandingkan indikator lainnya pada ketiga kelas. Hasil ini mengindikasikan bahwa siswa sulit mengidentifikasi hubungan antar konsep, membedakan informasi yang relevan, serta menguraikan penyebab suatu fenomena fisika secara mendalam.

Materi termodinamika memiliki konsep yang saling berkaitan sehingga peserta didik memerlukan kemampuan analisis yang lebih kompleks untuk menghubungkan variabel-variabel fisika. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa indikator analisis merupakan salah satu aspek berpikir kritis yang membutuhkan latihan secara berkelanjutan melalui pembelajaran berbasis pemecahan masalah (Susilawati et al., 2020).

Pada indikator evaluasi, seluruh kelas menunjukkan peningkatan yang baik. Hal ini menunjukkan bahwa peserta didik mulai mampu menilai ketepatan penyelesaian masalah, mengevaluasi penggunaan konsep fisika, serta mempertimbangkan alasan yang mendukung suatu jawaban. Aktivitas dalam E-LKPD yang mengharuskan peserta didik membandingkan hasil diskusi, memeriksa kembali proses penyelesaian, dan memberikan alasan terhadap jawaban yang dipilih berkontribusi terhadap berkembangnya kemampuan evaluasi. Menurut Facione (2015), evaluasi merupakan kemampuan menilai kredibilitas informasi dan kekuatan argumen berdasarkan bukti yang tersedia.

Indikator inferensi menunjukkan peningkatan yang relatif lebih rendah dibandingkan interpretasi, evaluasi, dan eksplanasi. Kondisi ini menunjukkan bahwa sebagian peserta didik masih mengalami kesulitan dalam menarik kesimpulan yang didasarkan pada bukti ilmiah serta menghubungkan berbagai informasi untuk menghasilkan keputusan yang tepat. Kemampuan inferensi memerlukan penguasaan konsep yang baik sekaligus kemampuan mengintegrasikan berbagai informasi sebelum menyusun kesimpulan. Oleh karena itu, indikator ini memerlukan latihan yang lebih intensif melalui kegiatan penyelidikan dan penyelesaian masalah secara bertahap (Masruroh, 2021).

Indikator eksplanasi menunjukkan peningkatan yang tinggi pada seluruh kelas. Hasil ini menunjukkan bahwa peserta didik semakin mampu menjelaskan proses penyelesaian masalah, mengemukakan alasan berdasarkan konsep fisika, serta mengkomunikasikan hasil pemikirannya secara logis. Penyusunan E-LKPD yang menggunakan soal uraian dan aktivitas diskusi memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengungkapkan argumen secara sistematis. Kemampuan menjelaskan alasan dan mempertahankan jawaban merupakan salah satu karakteristik utama keterampilan berpikir kritis karena mencerminkan pemahaman konseptual yang baik serta kemampuan menyampaikan hasil penalaran secara ilmiah (Munawaroh & Sholikhah, 2022).

Selain kemampuan awal, karakteristik materi termodinamika juga dapat memengaruhi pencapaian hasil belajar. Materi ini mengintegrasikan konsep-konsep abstrak, seperti energi dalam, kalor, usaha, dan hukum-hukum termodinamika, yang menuntut peserta didik tidak hanya memahami konsep, tetapi juga mampu menghubungkan berbagai prinsip fisika dalam menyelesaikan masalah. Penguasaan konsep yang kompleks tersebut memerlukan proses pembelajaran yang berulang dan latihan yang berkesinambungan sehingga peningkatan keterampilan berpikir kritis tidak selalu diikuti oleh pencapaian nilai yang langsung melampaui KKM (Mestre, 2014).

Hasil analisis per indikator juga menunjukkan bahwa kemampuan analisis dan inferensi masih mengalami peningkatan yang relatif lebih rendah dibandingkan indikator lainnya. Kedua indikator tersebut merupakan kemampuan berpikir tingkat tinggi yang sangat berpengaruh terhadap penyelesaian soal uraian pada materi termodinamika. Ketika peserta didik belum mampu menganalisis hubungan antarvariabel atau menarik kesimpulan berdasarkan bukti secara optimal, maka jawaban yang diberikan cenderung belum lengkap sehingga memengaruhi skor akhir. Menurut Facione (2015), kemampuan analisis dan inferensi merupakan komponen berpikir kritis yang berkembang melalui latihan yang terus-menerus dan tidak dapat dicapai hanya dalam satu kali intervensi pembelajaran.

Di sisi lain, perbedaan hasil antarkelas merupakan hal yang wajar dalam penelitian pendidikan karena setiap kelas memiliki karakteristik yang berbeda, seperti motivasi belajar, keaktifan selama pembelajaran, kemampuan akademik, serta dinamika interaksi dalam kelas. Faktor-faktor tersebut dapat memengaruhi efektivitas implementasi perangkat pembelajaran meskipun perlakuan yang diberikan sama (Hattie, 2017; OECD, 2019). Oleh karena itu, rata-rata post-test kelas XI-1 yang masih sedikit di bawah KKM tidak serta-merta menunjukkan bahwa E-LKPD kurang efektif, terutama karena peningkatan hasil belajar tetap berada

pada kategori sedang. Peningkatan hasil belajar dengan kategori sedang tetap menunjukkan adanya pengaruh positif dari intervensi pembelajaran terhadap kemampuan peserta didik (Hake, 1998; Nissinen et al., 2021). Hal ini mengindikasikan bahwa E-LKPD telah memberikan kontribusi terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis, meskipun siswa masih memerlukan pembelajaran lanjutan dan latihan yang lebih intensif untuk mencapai ketuntasan belajar secara optimal (Febriyanti, 2022)

Tabel 14 Hasil Uji Normalitas N-Gain

N-Gain	Uji Normalitas (Kolmogorov-Smirnov)			Keterangan
	Statistic	df	Sig.	
Kelas XI-1	0,138	36	0,789	Terdistribusi Normal
Kelas XI-2	0,096	36	0,200	Terdistribusi Normal
Kelas XI-3	0,093	36	0,200	Terdistribusi Normal

Sebelum dilakukan uji hipotesis, data n-gain terlebih dahulu diuji normalitas menggunakan uji Kolmogorov–Smirnov untuk mengetahui apakah distribusi data memenuhi asumsi analisis parametrik. Hasil uji menunjukkan bahwa nilai signifikansi pada ketiga kelas lebih besar dari taraf signifikansi 0,05, sehingga data n-gain pada seluruh kelas dinyatakan berdistribusi normal. Hasil ini menunjukkan bahwa sebaran data peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik tidak menyimpang secara signifikan dari distribusi normal, sehingga asumsi normalitas telah terpenuhi. Terpenuhinya asumsi normalitas menunjukkan bahwa variasi data peningkatan keterampilan berpikir kritis pada setiap kelas masih berada dalam batas yang wajar dan tidak dipengaruhi oleh penyimpangan distribusi yang ekstrem. Dengan demikian, data n-gain layak dianalisis lebih lanjut menggunakan uji statistik parametrik untuk menguji hipotesis penelitian. Hasil ini sejalan dengan pendapat bahwa data yang memiliki nilai signifikansi lebih besar dari 0,05 pada uji Kolmogorov–Smirnov dapat dianggap berdistribusi normal sehingga memenuhi salah satu prasyarat penggunaan analisis parametrik (Mishra et al., 2019).

Tabel 15 Hasil Uji Homogenitas

Lavene Statistic	df1	df2	Sig.
2.434	2	105	0,93

Setelah data dinyatakan berdistribusi normal, dilakukan uji homogenitas menggunakan Levene's Test untuk mengetahui kesamaan varians data n-gain pada ketiga kelas. Hasil uji menunjukkan bahwa nilai signifikansi sebesar 0,093, lebih besar dari taraf signifikansi 0,05, sehingga data memenuhi asumsi homogenitas. Hal ini menunjukkan bahwa varians peningkatan keterampilan berpikir kritis pada ketiga kelas relatif sama atau homogen, sehingga tidak terdapat perbedaan keragaman data yang signifikan antar kelas. Terpenuhinya asumsi homogenitas mengindikasikan bahwa ketiga kelompok memiliki karakteristik varians yang sebanding, sehingga analisis statistik parametrik dapat dilakukan tanpa adanya pelanggaran terhadap salah satu asumsi dasar pengujian. Dengan demikian, data n-gain layak untuk dianalisis lebih lanjut menggunakan uji parametrik, seperti One-Way ANOVA, guna mengetahui apakah terdapat perbedaan peningkatan keterampilan berpikir kritis antar kelas. Hasil ini sesuai dengan pendapat bahwa apabila nilai signifikansi pada uji Levene lebih besar dari 0,05, maka varians antar kelompok dianggap homogen sehingga memenuhi salah satu prasyarat analisis parametrik (Mishra et al, 2019)

Tabel 16 Hasil Uji One-Way ANOVA

	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0,052	2	0,026	1,385	0,255
Within Groups	1,985	105	0,019		
Total	2,038	107			

Setelah data memenuhi asumsi normalitas dan homogenitas, dilakukan uji One-Way ANOVA untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik berdasarkan nilai n-gain pada ketiga kelas. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai signifikansi sebesar 0,255, lebih besar dari

taraf signifikansi 0,05, sehingga tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada peningkatan keterampilan berpikir kritis antar kelas XI-1, XI-2, dan XI-3. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan E-LKPD berbantuan Google Sites memberikan pengaruh yang relatif sama terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis pada ketiga kelas

5. Tahap *Evaluate* (Evaluasi)

Pada tahap evaluasi dilakukan penyebaran angket respon siswa untuk mengetahui respon siswa terhadap penggunaan E-LKPD setelah kegiatan pembelajaran. Angket ini berisi pernyataan yang menggambarkan tanggapan siswa terhadap E-LKPD khususnya dari aspek bahasa.

Pada aspek bahasa, diperoleh skor 1067 dari skor maksimal 1296 dengan persentase 82,33%, sehingga termasuk dalam kategori sangat praktis. Hal ini menunjukkan bahwa bahasa yang digunakan dalam E-LKPD bersifat komunikatif, mudah dipahami, sesuai dengan karakteristik peserta didik, serta mampu memberikan petunjuk yang jelas dalam setiap aktivitas pembelajaran. Penggunaan bahasa yang sederhana dan efektif akan mengurangi kesalahan penafsiran sehingga peserta didik dapat mengikuti pembelajaran secara mandiri. Hasil tersebut didukung oleh penelitian yang menyatakan bahwa penggunaan bahasa yang jelas, komunikatif, dan sesuai dengan tingkat perkembangan peserta didik merupakan salah satu faktor yang menentukan tingginya kepraktisan suatu E-LKPD.

Secara keseluruhan, rata-rata persentase kepraktisan dari ketiga aspek mencapai 82,20%, sehingga termasuk dalam kategori sangat praktis. Temuan ini menunjukkan bahwa E-LKPD berbantuan Google Sites yang dikembangkan telah memenuhi aspek kemudahan penggunaan baik dari segi materi, konstruksi, maupun bahasa. Tingginya tingkat kepraktisan tersebut menunjukkan bahwa E-LKPD mudah digunakan oleh peserta didik, mendukung pembelajaran yang lebih interaktif, serta berpotensi meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam proses pembelajaran. Hasil ini konsisten dengan berbagai penelitian pengembangan e-LKPD yang menyimpulkan bahwa media pembelajaran digital yang memenuhi aspek isi, tampilan, dan kemudahan penggunaan cenderung memperoleh respons sangat praktis dari peserta didik (Irdiansyah, 2025),

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kualitas E-LKPD berbantuan Google Sites yang dikembangkan memenuhi kriteria validitas isi dengan seluruh aspek berkategori valid, ditunjukkan oleh hasil validitas materi sebesar 90%, aspek konstruksi 89%, dan aspek bahasa 89%, sehingga E-LKPD dinyatakan layak digunakan. Instrumen tes keterampilan berpikir kritis yang dikembangkan juga memenuhi kriteria validitas logis dan empiris. Hasil validitas logis menunjukkan Percentage of Agreement (PoA) sebesar 94% pada aspek konstruksi dan 90% pada aspek bahasa, sedangkan validitas empiris menghasilkan koefisien reliabilitas sebesar 0,736 dengan kategori reliabel, tingkat kesukaran soal berada pada kategori mudah hingga sedang, serta daya pembeda berkategori cukup hingga baik, sehingga instrumen layak digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir kritis. Dari aspek kepraktisan, E-LKPD memperoleh respons peserta didik yang sangat positif dengan persentase rata-rata sebesar 82,20% dan keterlaksanaan pembelajaran mencapai 100%, yang menunjukkan bahwa E-LKPD sangat praktis untuk diterapkan dalam pembelajaran. Selain itu, hasil analisis pada kelas XI-1, XI-2, dan XI-3 menunjukkan bahwa penggunaan E-LKPD berbantuan Google Sites mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada seluruh indikator, yaitu interpretasi, analisis, eksplanasi, evaluasi, dan inferensi, dengan peningkatan yang relatif sama pada ketiga kelas, sehingga dapat disimpulkan bahwa E-LKPD yang dikembangkan efektif dalam mendukung peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

KONTRIBUSI PENULIS

Anisya' Destiara Pangesti: Data Curation, Project Administration, Methodology, Formal Analysis, Resources, dan Writing – Original Draft, **Wasis:** Conceptualization, Methodology, and Validation. Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi akhir dari naskah ini.

PERNYATAAN BEBAS KONFLIK KEPENTINGAN

Para penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan finansial maupun hubungan pribadi yang dapat mempengaruhi hasil yang dilaporkan dalam naskah ini

PERNYATAAN ETIKA PENELITIAN DAN PUBLIKASI

Para penulis menyatakan bahwa penelitian dan publikasi naskah ini telah mematuhi standar etika penelitian dan publikasi, sesuai dengan prinsip ilmiah, serta bebas dari plagiasi.

PERNYATAAN PEMANFAATAN TEKNOLOGI ASISTIF

Para penulis menyatakan bahwa Kecerdasan Buatan Generatif (*Generative Artificial Intelligence*) dan teknologi asistif lainnya tidak digunakan secara berlebihan dalam proses penelitian dan penulisan naskah ini. Secara khusus, ChatGPT digunakan untuk Brainstorming ide, Grammarly untuk koreksi tata dan gaya bahasa serta Scite untuk menganalisis konteks sitasi. Para penulis telah meninjau dan menyunting semua konten yang dihasilkan AI guna memastikan ketepatan, kelengkapan serta kepatuhan terhadap standar etika dan ilmiah, dan bertanggung jawab penuh atas naskah versi akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Irdinansyah, Sukardiyono, S., Wiyatmo, Y., Nugroho, K. A., Perdana, R., & Khairiyah, R. (2025). Development Of Guided Inquiry-Based E-Lkpd To Improve Critical Thinking Ability And Mathematical Representation. *EduFisika: Jurnal Pendidikan Fisika*, 10(3), 400–415. <https://doi.org/10.59052/edufisika.v10i3.47795>
- Al Fadhiel, M., Festiyed, Desnita, & Novitra, F. (2025). Design of Interactive Learning Media Using Google Sites Assisted Inquiry Learning to Improve Critical Thinking Ability of Students. *Physics Learning and Education*. <https://doi.org/10.24036/ple.v3i4.262>
- Anggara, D. S., & Abdillah, C. (2023). Content validity analysis of literacy assessment instruments. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, 42(2), 447–459. <https://doi.org/10.21831/cp.v42i2.55900>
- Febryanti, N. P., & Rusmini. (2022). E-LKPD Assisted with Liveworksheets to Improve Students' Critical Thinking Skills on Material Shifting Direction of Equilibrium. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(4). <https://doi.org/10.31004/edukatif.v4i4.3474>
- Arikunto. (2018). Pengembangan Instrumen Penelitian dan Penilaian Program. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Habsyi, R., R. M. Saleh, R., & Isman M. Nur. (2022). Pengembangan E-LKPD Berbasis Guided Discovery Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Kognitif: Jurnal Riset HOTS Pendidikan Matematika*, 2(1), 1–18. <https://doi.org/10.51574/kognitif.v2i1.385>
- Irdinansyah, A., Sukardiyono, Wiyatmo, Y., dkk. (2025). Development of Guided Inquiry-Based E-LKPD to Improve Critical Thinking Ability and Mathematical Representation. *EduFisika: Jurnal Pendidikan Fisika*. <https://doi.org/10.59052/edufisika.v10i3.47795>
- Lutfiani, S., Liliawati, W., Samsudin, A., & Aviyanti, L. (2026). Analysis of The Thermodynamics Problem-solving Process Based on Polya's Stages in High School Students. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 14(1), 1–10. <https://doi.org/10.21831/jpms.v14i1.90339>
- Masruroh, I. U., & Raharjo, R. (2024). Pengembangan E-LLKPD Berbasis Problem Based Learning (PBL) untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Sub Materi Zat Makanan. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 13(2), 370-382.
- Mishra, P., Singh, U., Pandey, C. M., Mishra, P., & Pandey, G. (2019). Application of student's *t*-test, analysis of variance, and covariance. *Annals of cardiac anaesthesia*, 22(4), 407–411. https://doi.org/10.4103/aca.ACA_94_19
- Musayaro, T., Yuliana, I. F., & Fatayah, F. (2021). Pengembangan Instrumen Tes Literasi Kimia Berbasis Hots Yang Layak Ditinjau dari Validitas Isi oleh Ahli. *UNESA Journal of Chemical Education*, 10(3), 243-251.
- Nisrina, N., Rahmawati, I., & Hikmah, F. N. (2022). Pengembangan Instrumen Validasi Produk Multimedia Pembelajaran Fisika. *Lensa: Jurnal Kependidikan Fisika*, 10(1), 32–38. <https://doi.org/10.33394/j-lkf.v10i1.5278>
- Nuryanti, S., Masykuri, M., & Susilowati, E. (2020). Analisis Iteman dan model Rasch pada pengembangan instrumen kemampuan berpikir kritis peserta didik sekolah menengah kejuruan. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 4(2), 224–233. <https://doi.org/10.21831/jipi.v4i2.21442>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023). *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Pratiwi, R., Antini, S., & Walid, A. (2021). Analysis of item difficulty index for midterm examinations in junior high schools 5 Bengkulu City. *Asian Journal of Science Education*, 3(1), 12-18.
- Sari, R. K., Kusuma, N., Sampe, F., Putra, S., Fathonah, S., Ridzal, D. A., ... & Togatorop, M. (2023). *Metodologi penelitian pendidikan*. Sada Kurnia Pustaka.

- Sarpong, D., Boakye, D., Ofosu, G., & Botchie, D. (2022). The three pointers of research and development (R&D) for growth-boosting sustainable innovation system. *Technovation*. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2022.102581>.
- Suryaningsih, S., & Nurlita, R. (2021). Pentingnya Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) Inovatif dalam Proses Pembelajaran Abad 21. *Jurnal Pendidikan Indonesia (Japendi)*, 2(7), 1256–1268. <https://doi.org/10.36418/japendi.v2i7.233>.
- Susilawati, E., Agustinasari, A., Samsudin, A., & Siahaan, P. (2020). Analisis Tingkat Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 6(1), 11–16. <https://doi.org/10.29303/jpft.v6i1.1453>
- Verawati, N. N. S. P., Iswara, A., & Wahyudi, W. (2022). Validitas Perangkat Pembelajaran Berbasis Model Kooperatif Tipe Student Facilitator and Explaining (SFAE) untuk Meningkatkan Hasil Belajar Fisika Peserta Didik. *Lensa: Jurnal Kependidikan Fisika*, 10(1), 1–7. <https://doi.org/10.33394/j-lkf.v10i1.5606>
- Riduwan, M. B. A. (2015). Skala pengukuran variabel penelitian. *Bandung: Alfabeta*.
- Giancoli, D. C. (2005). *Physics: Principles with Applications* (6th ed.). Pearson Education. <https://doi.org/10.1002/9781118782774>
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2013). *Fundamentals of Physics* (10th ed.). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118230718>
- Supriyanto, A., & Widodo, A. (2020). Analisis Gerak Jatuh Bebas dengan Sensor Waktu Digital. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 16(2), 45–50. <https://doi.org/10.12962/j24604682.v16i2.7382>
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2018). *Physics for Scientists and Engineers* (10th ed.). Cengage Learning. <https://doi.org/10.1017/9781316995456>
- Yusup, F. (2018). Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen Penelitian Kuantitatif. *Tarbiyah : Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 7(1). <https://doi.org/10.18592/tarbiyah.v7i1.2100>