

Pengembangan E-LKPD *Project Based Learning* Terintegrasi Kearifan Lokal Permainan Gasing pada Materi Dinamika Rotasi untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis

Fatma Yuni Sabrina¹, Setyo Admoko²

^{1,2} Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

* Email: fatmayuni.22017@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

Keterampilan berpikir kritis merupakan salah satu kompetensi esensial abad ke-21 yang perlu dikembangkan agar peserta didik mampu menganalisis, mengevaluasi, dan memecahkan permasalahan secara logis dalam pembelajaran fisika. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan E-LKPD berbasis *Project Based Learning* (PjBL) yang terintegrasi kearifan lokal permainan gasing untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi dinamika rotasi. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*Research and Development*) menggunakan model ADDIE (*Analyze, Design, Develop, Implement, dan Evaluate*). Pada tahap analisis diidentifikasi kebutuhan pembelajaran melalui angket, wawancara, dan tes awal keterampilan berpikir kritis. Tahap desain menghasilkan rancangan E-LKPD beserta perangkat pembelajaran dan instrumen penelitian yang meliputi lembar validasi ahli, lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran, angket respons peserta didik, serta soal *pretest-posttest* berdasarkan indikator keterampilan berpikir kritis Facione, yaitu interpretasi, analisis, evaluasi, dan inferensi. Subjek uji coba adalah peserta didik kelas XI-4 SMA Negeri Ploso. Data hasil validasi dianalisis untuk mengetahui kevalidan produk, data observasi dan angket respons peserta didik dianalisis untuk mengetahui kepraktisan, sedangkan data *pretest-posttest* dianalisis untuk mengetahui keefektifan E-LKPD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa E-LKPD yang dikembangkan memenuhi kriteria layak digunakan, dengan kevalidan sebesar 91,19% (sangat valid) dan *Percentage of Agreement* (PoA) sebesar 93%, kepraktisan berdasarkan observasi keterlaksanaan pembelajaran sebesar 97,56% (PoA 98%) dan respons peserta didik sebesar 91,32% (sangat praktis), serta keefektifan ditunjukkan oleh nilai *N-Gain* sebesar 0,78 (kategori tinggi) disertai peningkatan keterampilan berpikir kritis pada seluruh indikator hingga kategori kritis. Dengan demikian, E-LKPD yang dikembangkan berpotensi menjadi bahan ajar digital yang kontekstual untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis sekaligus mengintegrasikan kearifan lokal dalam pembelajaran fisika.

Kata kunci: E-LKPD, PjBL, Kearifan Lokal, Permainan Gasing, Keterampilan Berpikir Kritis, Dinamika Rotasi

Development of E-LKPD Project Based Learning Integrated with Local Wisdom of Spinning Topic Game on Rotational Dynamics Material to Improve Critical Thinking Skills

Abstract

Critical thinking skills are one of the essential competencies of the 21st century that need to be developed so that students are able to analyze, solve, and solve problems logically in physics learning. This study aims to develop an E-LKPD based on Project Based Learning (PjBL) integrated with a local spinning top game to improve students' critical thinking skills in the rotational dynamics material. This research is a development research (Research and Development) using the ADDIE model (Analyze, Design, Develop, Implement, and Evaluate). In the analysis stage, learning needs were identified through questionnaires, interviews, and initial tests of critical thinking skills. The design stage produced an E-LKPD design along with learning tools and research instruments that included expert validation sheets, learning implementation observation sheets, student response questionnaires, and pretest-posttest questions based on Facione's critical thinking skills indicators, namely interpretation, analysis, evaluation,

and inference. The trial subjects were students of grades XI-4 of SMA Negeri Ploso. Validation data were analyzed to determine the validity of the product, observation data and participant response questionnaires were analyzed to determine the practicality, while pretest-posttest data were analyzed to determine the effectiveness of E-LKPD. The results showed that the developed E-LKPD met the criteria for being suitable for use, with a validity of 91.19% (very valid) and a Percentage of Agreement (PoA) of 93%, practicality based on observations of learning implementation of 97.56% (PoA 98%) and student responses of 91.32% (very practical), and effectiveness indicated by the N-Gain value of 0.78 (high). all indicators up to the critical category. Thus, the developed E-LKPD has the potential to be a contextual digital open material to improve critical thinking skills while integrating local wisdom in physics learning.

Keywords: E-LKPD, PjBL, Local Wisdom, Spinning Top Game, Critical Thinking Skills, Rotation Dynamics

Histori Naskah

Diserahkan: 6 Juli 2026

Direvisi: 12 Juli 2026

Diterima: 13 Juli 2026

How to cite:

Admoko, S., (2026). Pengembangan E-LKPD Project Based Learning Terintegrasi Kearifan Lokal Permainan Gasing pada Materi Dinamika Rotasi untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis. *Inovasi Pendidikan Fisika*, **14**(3), 175-189. DOI: <https://doi.org/10.26740/ipf.vxx.nxx.xx-xx>.

PENDAHULUAN

Keterampilan berpikir kritis merupakan salah satu kompetensi penting yang harus dimiliki peserta didik untuk menghadapi tantangan pembelajaran abad ke-21. Kemampuan ini tidak hanya mencakup kemampuan memahami informasi, tetapi juga menganalisis, mengevaluasi, dan menarik kesimpulan secara logis berdasarkan bukti yang tersedia (Facione, 2015). Peserta didik yang memiliki keterampilan berpikir kritis mampu menghubungkan konsep yang dipelajari dengan permasalahan nyata serta mengambil keputusan secara rasional. Sebaliknya, rendahnya keterampilan berpikir kritis menyebabkan peserta didik cenderung menghafal konsep tanpa memahami maknanya sehingga mengalami kesulitan dalam menyelesaikan permasalahan kontekstual (Agnafia, 2025). Oleh karena itu, pengembangan keterampilan berpikir kritis menjadi salah satu tujuan utama pembelajaran sains, termasuk fisika.

Meskipun demikian, keterampilan berpikir kritis peserta didik di Indonesia masih tergolong rendah. Hal ini diperkuat oleh hasil *Programme for International Student Assessment* (PISA) 2022 yang menunjukkan bahwa hanya sekitar 18% peserta didik Indonesia yang mencapai level minimum kompetensi matematika, jauh di bawah rata-rata negara OECD sebesar 69%, dengan skor rata-rata Indonesia sebesar 366 poin (OECD, 2022; Wijaya *et al.*, 2024). *Programme for International Student Assessment* (PISA) merupakan program asesmen tingkat internasional yang diselenggarakan oleh *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) untuk mengukur literasi membaca, matematika, dan sains peserta didik. Dalam kerangka asesmen yang diterbitkan OECD pada tahun 2023, literasi sains dalam PISA menekankan kemampuan peserta didik dalam menjelaskan fenomena secara ilmiah, menganalisis dan mengevaluasi informasi, serta menarik kesimpulan berdasarkan bukti ilmiah. Selain itu, literasi matematika dalam PISA juga mengukur kemampuan peserta didik dalam merumuskan masalah, memilih strategi penyelesaian, serta menafsirkan dan mengevaluasi hasil yang diperoleh. Kemampuan-kemampuan tersebut sejalan dengan indikator keterampilan berpikir kritis, yang meliputi interpretasi, analisis, evaluasi, dan inferensi. Selain itu, hasil *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS) 2015 menunjukkan bahwa Indonesia memperoleh skor 397 pada bidang sains, berada di bawah rata-rata internasional sebesar 500, di mana asesmen TIMSS juga menekankan *domain kognitif reasoning* yang mencerminkan kemampuan berpikir tingkat tinggi, seperti menganalisis, mengevaluasi, dan menarik kesimpulan (Hadi, S., & Novaliyosi, 2019). Rendahnya capaian tersebut mengindikasikan bahwa pembelajaran di sekolah belum optimal dalam melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi, khususnya berpikir kritis.

Permasalahan tersebut juga ditemukan dalam pembelajaran fisika. Fisika merupakan mata pelajaran yang erat kaitannya dengan fenomena kehidupan sehari-hari sehingga memiliki potensi besar untuk melatih keterampilan berpikir kritis. Namun, proses pembelajaran masih didominasi oleh penggunaan rumus dan penyelesaian soal matematis sehingga peserta didik lebih berorientasi pada hafalan daripada pemahaman konsep (Putri *et al.*, 2022; Haryadi & Nurmala, 2021; Rosyida & Prahani, 2025). Berdasarkan hasil angket pra-penelitian kepada 31 peserta didik, sebanyak 58,1% menyatakan bahwa materi dinamika rotasi sulit dipahami, sedangkan 87,1% menyatakan pembelajaran lebih berfokus pada penggunaan rumus dan perhitungan. Hasil tes awal keterampilan berpikir kritis juga menunjukkan bahwa rata-rata skor peserta didik pada indikator *interpretation*, *analysis*, *evaluation*, dan *inference* masih berada di bawah skor maksimum, sehingga menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik masih perlu ditingkatkan.

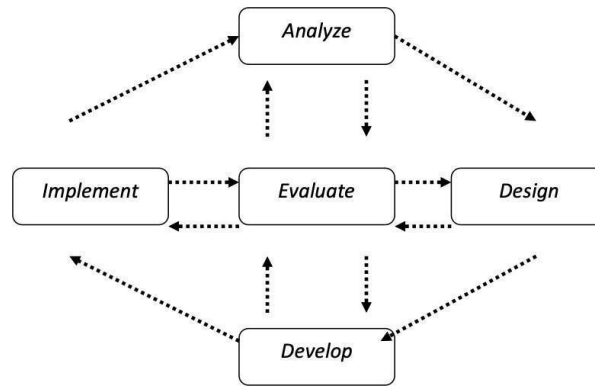
Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis adalah menerapkan pembelajaran yang kontekstual melalui integrasi kearifan lokal. Pembelajaran berbasis kearifan lokal mampu menghubungkan konsep sains dengan budaya yang berkembang di masyarakat sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna (Hartini *et al.*, 2017; Villayah & Suliyanah, 2025). Salah satu bentuk kearifan lokal yang relevan dengan materi dinamika rotasi adalah permainan tradisional gasing. Permainan ini memuat berbagai konsep fisika, seperti momen inersia, momen gaya, momentum sudut, dan kestabilan rotasi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai konteks pembelajaran yang mendorong peserta didik melakukan pengamatan, analisis, dan penyelidikan secara langsung (Rizki *et al.*, 2022; Rizaldi *et al.*, 2023). Selain membantu memahami konsep fisika, pemanfaatan permainan gasing dalam pembelajaran juga menjadi salah satu upaya pelestarian budaya lokal di tengah semakin berkurangnya penggunaan permainan tradisional.

Agar pembelajaran lebih berpusat pada peserta didik, integrasi kearifan lokal perlu didukung oleh model pembelajaran yang sesuai. Salah satu model yang relevan adalah *Project Based Learning* (PjBL) karena memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk merancang, melaksanakan, dan mengevaluasi proyek dalam menyelesaikan permasalahan nyata. Melalui proses tersebut, peserta didik terdorong untuk mengembangkan kemampuan menganalisis, mengevaluasi, dan menarik kesimpulan sehingga keterampilan berpikir kritis dapat berkembang secara optimal (Baran *et al.*, 2021; Amanati *et al.*, 2023). Implementasi PjBL juga dapat didukung oleh penggunaan *Electronic Lembar Kerja Peserta Didik* (E-LKPD) sebagai bahan ajar digital yang menyajikan materi, aktivitas proyek, serta media pembelajaran interaktif yang dapat diakses secara fleksibel oleh peserta didik (Suryaningsih & Nurlita, 2021; Salsabilla *et al.*, 2024).

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan PjBL efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik (Nurjanah & Trimulyono, 2022; Amanati *et al.*, 2023), sedangkan pembelajaran berbasis kearifan lokal mampu meningkatkan keterlibatan belajar dan pemahaman konsep (Putra *et al.*, 2022; Wulandari & Admoko, 2021). Penelitian lain juga melaporkan bahwa permainan tradisional gasing berpotensi dimanfaatkan sebagai konteks pembelajaran fisika pada materi dinamika rotasi (Arrahmat & Anggaryani, 2024). Namun, penelitian-penelitian tersebut masih mengkaji masing-masing aspek secara terpisah. Hingga saat ini belum ditemukan pengembangan E-LKPD berbasis *Project Based Learning* yang mengintegrasikan kearifan lokal permainan gasing pada materi dinamika rotasi untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik serta mengevaluasi kelayakannya berdasarkan aspek kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini diarahkan untuk menjawab tiga pertanyaan penelitian, yaitu (1) bagaimana kevalidan E-LKPD berbasis *Project Based Learning* (PjBL) terintegrasi kearifan lokal permainan gasing ditinjau dari hasil validasi ahli, (2) bagaimana kepraktisan E-LKPD yang dikembangkan ditinjau dari keterlaksanaan pembelajaran dan respons peserta didik, serta (3) bagaimana keefektifan E-LKPD dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik berdasarkan hasil *pretest-posttest*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan E-LKPD berbasis *Project Based Learning* terintegrasi kearifan lokal permainan gasing pada materi dinamika rotasi serta menganalisis kelayakannya ditinjau dari aspek kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

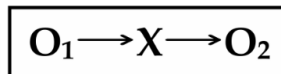
METODE

Penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) menggunakan model ADDIE yang terdiri atas lima tahap, yaitu *Analyze*, *Design*, *Develop*, *Implement*, dan *Evaluate*. Produk yang dikembangkan berupa E-LKPD berbasis *Project Based Learning* (PjBL) terintegrasi kearifan lokal permainan gasing pada materi dinamika rotasi.



Gambar 1. Sistematika Pengembangan ADDIE
(Sumber: Angdala, 2007)

Penelitian dilaksanakan di SMA Negeri Ploso pada semester genap Tahun Ajaran 2024/2025. Uji coba dilakukan secara terbatas pada peserta didik kelas XI-4 menggunakan desain *One-Group Pretest–Posttest Design*.



Gambar 2. *One-Group Pretest–Posttest Design*.

Keterangan:

O_1 = *pretest*

X = pembelajaran menggunakan E-LKPD

O_2 = *posttest*

Data penelitian diperoleh melalui lembar validasi, lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran, angket respons peserta didik, serta tes keterampilan berpikir kritis berupa *pretest* dan *posttest*. Validasi dilakukan oleh dua dosen Pendidikan Fisika Universitas Negeri Surabaya dan satu guru fisika SMA Negeri Ploso. Keterlaksanaan pembelajaran diamati oleh tiga observer, sedangkan respons peserta didik diperoleh melalui angket setelah seluruh rangkaian pembelajaran selesai dilaksanakan. Instrumen validasi, observasi keterlaksanaan pembelajaran, dan angket respons peserta didik menggunakan skala Likert empat tingkat dengan rentang skor 1–4, di mana skor 4 menunjukkan penilaian tertinggi dan skor 1 menunjukkan penilaian terendah (Sugiyono, 2019). Data kevalidan dan kepraktisan dianalisis menggunakan persentase yang dihitung dengan Persamaan (1)

$$\text{Persentase (\%)} = \frac{\text{Jumlah skor yang didapat}}{\text{Skor maksimal}} \times 100\% \quad (1)$$

Hasil persentase kemudian diinterpretasikan menggunakan kriteria pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Kriteria Skor Kevalidan

Persentase (%)	Kriteria
0-20	Sangat Tidak Valid
21-40	Kurang Valid
41-60	Cukup Valid
61-80	Valid
81-100	Sangat Valid

(Diadaptasi dari Riduwan, 2015)

Tabel 2 Kriteria Skor Kepraktisan

Persentase (%)	Kriteria
0-20	Sangat Tidak Praktis
21-40	Kurang Praktis
41-60	Cukup Praktis
61-80	Praktis
81-100	Sangat Praktis

(Diadaptasi dari Riduwan, 2015)

Tingkat kesepakatan antarvalidator maupun antarobserver dianalisis menggunakan rumus *Percentage of Agreement* (PoA) sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (2).

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

dengan A merupakan skor tertinggi dan B merupakan skor terendah yang diberikan oleh validator atau observer. Instrumen dinyatakan memiliki tingkat kesepakatan yang baik apabila nilai PoA $\geq 75\%$ (Borich, 1994).

Keefektifan E-LKPD dianalisis melalui hasil *pretest* dan *posttest*. Sebelum dilakukan uji hipotesis, data terlebih dahulu diuji normalitas. Selanjutnya, perbedaan hasil *pretest* dan *posttest* dianalisis menggunakan *Paired Sample t-Test*, sedangkan peningkatan keterampilan berpikir kritis dihitung menggunakan nilai N -Gain berdasarkan Persamaan (3).

$$(g) = \frac{\text{Skor Posttest} - \text{Skor Pretest}}{\text{Skor max} - \text{Skor Pretest}} \quad (3)$$

Kategori N -Gain disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Kriteria Rentang Skor N -Gain

Nilai (g) (%)	Kriteria
$(g) \geq 0,70$	Tinggi
$0,3 \leq (g) < 0,7$	Sedang
$(g) \leq 0,3$	Rendah

(Hake, 1999)

Efektivitas penggunaan E-LKPD ditentukan berdasarkan persentase peserta didik yang memperoleh nilai N -Gain $\geq 0,30$ dengan menggunakan Persamaan (4).

$$\text{Efektivitas} = \frac{\text{Jumlah peserta didik dengan nilai } N\text{-Gain tinggi}}{\text{Jumlah keseluruhan peserta didik}} \times 100\% \quad (4)$$

Hasil perhitungan tersebut diinterpretasikan menggunakan kriteria pada Tabel 4.

Tabel 4 Kriteria Keefektifan

Persentase (%)	Kategori
76 – 100	Tinggi
51-75	Sedang
25 – 50	Rendah

(Sudijono, 2009)

Berdasarkan kriteria tersebut, E-LKPD dinyatakan efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik apabila persentase peserta didik berada pada kategori sedang hingga tinggi.

Setelah dilakukan analisis keefektifan E-LKPD berdasarkan nilai N -Gain, selanjutnya dilakukan analisis keterampilan berpikir kritis peserta didik pada setiap indikator. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui pencapaian dan peningkatan keterampilan berpikir kritis pada masing-masing indikator, yaitu interpretasi, analisis, evaluasi, dan inferensi. Persentase skor setiap indikator dihitung menggunakan Persamaan (5).

$$X_{A|B|C|D} = \frac{\text{Jumlah skor per indikator } A|B|C|D}{\text{Skor maksimal}} \times 100 \quad (5)$$

Keterangan:

A = Interpretasi

B = Analisis

C = Evaluasi

D = Inferensi

Hasil perhitungan tersebut kemudian disesuaikan dengan tabel 5 berikut ini:

Tabel 5 Kriteria Skor Keterampilan Berpikir Kritis

Rentang Skor	Kriteria
90 – 100	Sangat Kritis
75-89	Kritis
55 – 74	Cukup Kritis
31-54	Kurang Kritis
0-30	Tidak Kritis

(Agustin *et al*, 2014)

Berdasarkan kriteria tersebut, keterampilan berpikir kritis peserta didik pada setiap komponen dinyatakan berhasil ditingkatkan apabila skor yang diperoleh mencapai ≥ 75 , yaitu berada pada kategori kritis atau sangat kritis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis (*Analysis*)

Tahap *analysis* bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran sebagai dasar pengembangan E-LKPD berbasis *Project Based Learning* (PjBL) terintegrasi kearifan lokal permainan gasing. Analisis dilakukan melalui penyebaran angket kepada 31 peserta didik, wawancara dengan guru fisika SMA Negeri Ploso, serta tes awal keterampilan berpikir kritis.

Hasil analisis menunjukkan bahwa 58,1% peserta didik menganggap materi dinamika rotasi sulit dipahami dan 87,1% menyatakan pembelajaran masih berfokus pada penggunaan rumus. Sebaliknya, 93,5% peserta didik lebih tertarik belajar melalui kegiatan praktik atau proyek, 93,6% menyatakan diskusi kelompok membantu memahami materi, dan 93,6% mendukung integrasi permainan tradisional dalam pembelajaran. Selain itu, peserta didik mengharapkan bahan ajar digital yang dapat diakses melalui *smartphone* maupun Laptop. Hasil wawancara dengan guru juga menunjukkan bahwa pembelajaran masih didominasi metode ceramah sehingga peserta didik cenderung menghafal rumus tanpa memahami konsep secara mendalam.

Temuan tersebut diperkuat oleh hasil tes awal keterampilan berpikir kritis yang menunjukkan rata-rata skor indikator *interpretation* sebesar 11,72, *analysis* 13,28, *evaluation* 14,06, dan *inference* 10,94 dari skor maksimum 25. Hasil ini menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik masih perlu ditingkatkan. Oleh karena itu, dikembangkan E-LKPD berbasis *Project Based Learning* yang terintegrasi dengan permainan tradisional gasing untuk menciptakan pembelajaran yang lebih kontekstual, interaktif, dan mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Temuan ini sejalan dengan penelitian Burnama dan Hariyono (2024) yang menunjukkan bahwa penggunaan E-LKPD dalam pembelajaran fisika mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada seluruh indikator.

Desain (*Design*)

Pada tahap *design*, peneliti menyusun rancangan E-LKPD berbasis *Project Based Learning* (PjBL) terintegrasi kearifan lokal permainan gasing pada materi dinamika rotasi. Perancangan dilakukan dengan menyusun alur pembelajaran berdasarkan sintaks PjBL, menentukan indikator keterampilan berpikir kritis yang mengacu pada Facione (*interpretation, analysis, evaluation, dan inference*), serta mengintegrasikan permainan tradisional gasing sebagai konteks pembelajaran. Selain itu, pada tahap ini juga disusun perangkat pembelajaran dan instrumen penelitian yang meliputi modul ajar, *handout*, lembar validasi, lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran, angket respons peserta didik, dan instrumen tes keterampilan berpikir kritis.

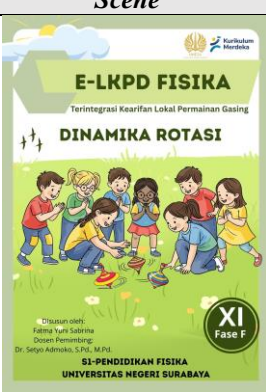
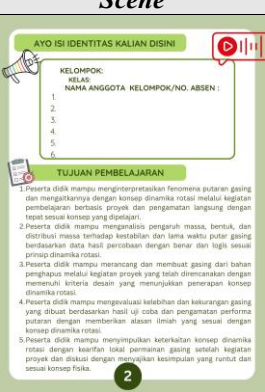
E-LKPD dirancang menggunakan *platform Canva* sehingga dapat diakses melalui *smartphone* maupun Laptop. Penyajian materi dilengkapi dengan gambar, video, serta aktivitas berbasis proyek yang dirancang untuk memfasilitasi peserta didik dalam memahami konsep dinamika rotasi sekaligus melatih keterampilan berpikir kritis. Pengintegrasian video pembelajaran dalam E-LKPD juga dapat membantu peserta didik memahami konsep secara lebih kontekstual (Rosmita *et al.*, 2021). Pemanfaatan E-LKPD berbasis proyek memungkinkan peserta didik belajar secara aktif melalui penyelidikan dan pemecahan masalah sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna (Ulfiah *et al.*, 2025; Pratiwi *et al.*, 2024). Keterkaitan antara sintaks *Project Based Learning* dengan bagian-bagian E-LKPD ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Keterkaitan Sintaks *Project Based Learning* dengan Bagian E-LKPD

Sintaks <i>Project Based Learning</i>	Bagian E-LKPD
Pertanyaan mendasar	Orientasi masalah melalui fenomena permainan gasing Riau dan Lombok
Mendesain perencanaan proyek	Perancangan proyek pembuatan gasing
Menyusun jadwal	Penyusunan timeline pelaksanaan proyek
Memonitor kemajuan proyek	Kegiatan membuat dan dan pemantauan proses pengerjaan proyek
Menguji hasil	Pengujian putaran gasing, pengumpulan data, dan analisis hasil pengujian
Mengevaluasi pengalaman	Penyusunan kesimpulan dan refleksi pembelajaran

Storyboard E-LKPD yang dikembangkan disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7 Storyboard E-LKPD

Scene	Penjelasan	Scene	Penjelasan
 E-LKPD FISIKA Terintegrasi Kearifan Lokal Permainan Gasing DINAMIKA ROTASI XI Fase F	Menampilkan judul E-LKPD, identitas mata pelajaran, ilustrasi permainan tradisional gasing, dan desain visual yang menarik sebagai pengenalan produk.	 AYO ISI IDENTITAS KALIAN DISINI KELOMPOK: _____ KELAS: _____ NAMA ANGGOTA KELOMPOK/NO. ABSEN: _____ 1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ 5. _____ 6. _____ TUJUAN PEMBELAJARAN 1. Peserta didik mampu menginterpretasikan fenomena putaran gasing dan mengaitkannya dengan konsep dinamika rotasi melalui kegiatan pembelajaran berbasis proyek dan pengamatan langsung dengan alat sesuai konsep yang dipelajari. 2. Peserta didik mampu menganalisis pengaruh massa, bentuk, dan distribusi massa terhadap kestabilan dan lama waktu putar gasing berdasarkan data hasil percobaan dengan benar dan logis sesuai prinsip dinamika rotasi. 3. Peserta didik mampu merancang dan membuat gasing dari bahan penghapus melalui kegiatan proyek yang telah direncanakan dengan memenuhi kriteria desain yang menunjukkan penerapan konsep dinamika rotasi. 4. Peserta didik mampu mengevaluasi kelebihan dan kekurangan gasing yang dibuat berdasarkan hasil uji coba dan pengamatan performa putaran dengan memberikan alasan ilmiah yang sesuai dengan konsep dinamika rotasi. 5. Peserta didik mampu menyimpulkan keterkaitan konsep dinamika rotasi dengan kearifan lokal permainan gasing setelah kegiatan proyek dan diskusi dengan menyajikan kesimpulan yang runtut dan sesuai konsep fisika.	Memuat identitas peserta didik dan kelompok, serta tujuan pembelajaran yang harus dicapai setelah mengikuti seluruh rangkaian kegiatan pembelajaran pada materi dinamika rotasi.
 PETUNJUK PENGGUNAAN Klik ikon audio untuk mendengarkan penjelasan atau petunjuk pada setiap halaman E-LKPD. Klik ikon video untuk melihat contoh pembuatan gasing dari penghapus melalui YouTube. Kalian juga dapat mencari video lain dengan kata kunci "gasing dari penghapus". Amati video pada bagian Mari Mengobservasi untuk membantu menjawab pertanyaan mendasar dengan cara klik langsung pada tampilan video. Unggah foto hasil desain atau produk gasing dengan cara klik kotak gambar yang tersedia, kemudian pilih menu unggah (upload) di Canva, pilih file dari perangkat, lalu sesuaikan ukuran dan posisi foto hingga pas di dalam kotak yang disediakan. Untuk mengakses tauntan spreadsheet monitoring, klik langsung pada gambar QR yang tersedia, karena tauntan sudah terhubung secara otomatis dan akan mengarahkan ke halaman spreadsheet. Klik tauntan pada gambar di samping untuk mengakses materi yang dapat digunakan sebagai referensi dalam mengerjakan E-LKPD. E-LKPD ini dapat dioperasikan secara langsung dengan mengklik pada kolom jawaban yang telah disediakan, serta akan hasil (hasil) dapat diarsipkan dengan menekan ikon pendamping jawaban agar tetap rapi dan mudah dilihat.	Berisi petunjuk penggunaan E-LKPD, tata cara mengakses media, langkah-langkah kegiatan pembelajaran yang harus dilakukan peserta didik, serta tautan (<i>hyperlink</i>) yang dapat diakses peserta didik untuk membuka <i>handout</i> pembelajaran sebagai sumber belajar pendukung selama proses pembelajaran berbasis proyek.	 WAWASAN BUDAYA NUSANTARA Permainan Gasing Sumber: @gasingmania Gasing merupakan permainan tradisional yang telah dikenal luas oleh masyarakat Indonesia sejak dahulu dan dimainkan di berbagai daerah. Permainan ini memiliki sebutan yang berbeda-beda, seperti gasing atau gangsing di Jawa, ganggeng di Lombok dan Bali, serta gasing di beberapa daerah Sumatra, termasuk Riau. Gasing umumnya terbuat dari bahan alam seperti kayu atau bambu, dengan bentuk bulat dan memiliki poros di bagian bawah, yang memerlukan kreativitas dan kearifan lokal masyarakat setempat. Cara bermain gasing dilakukan dengan melilitkan tali pada badan gasing, kemudian melompatkannya ke permukaan tanah sambil menarik tali agar gasing dapat berputar. Permainan ini biasanya dimainkan secara berkelompok dan pemenang ditentukan berdasarkan gasing yang mampu berputar paling lama atau tetap stabil. Di beberapa daerah, seperti Lombok dan Riau, permainan gasing bahkan dikembangkan menjadi pertandingan atau perlombaan, sehingga tidak hanya berfungsi sebagai hiburan, tetapi juga sebagai sarana pelestarian budaya agar tetap dikenal oleh generasi muda.	Menyajikan informasi mengenai permainan tradisional gasing sebagai salah satu kearifan lokal Indonesia, meliputi sejarah singkat, jenis-jenis gasing, serta keterkaitannya dengan konsep dinamika rotasi sehingga pembelajaran menjadi lebih kontekstual.
 FASE 1: MENENTUKAN PERTANYAAN MENDASAR MARI MENGAMATI Klik Materi: https://www.youtube.com/watch?v=JdLd8H8uKd0 Berdasarkan video yang telah kalian amati, apa saja konsep fisika yang dapat kalian temukan pada perbedaan karakteristik gasing Riau dan gasing Lombok? Jelaskan berdasarkan hasil pengamatan kalian. (Indikator Berpikir Kritis: Interpretasi) Jika kalian diminta membuat gasing, faktor apa saja yang perlu diperhatikan agar dapat berputar lebih lama? Kalian dengan konsep fisika berdasarkan pengamatan kalian. (Indikator Berpikir Kritis: Interpretasi)	Peserta didik mengamati video permainan gasing dari Riau dan Lombok, kemudian mengidentifikasi serta menafsirkan informasi yang diperoleh untuk menemukan permasalahan dan menghubungkannya dengan konsep dinamika rotasi. Aktivitas ini melatih indikator <i>interpretation</i> .	 FASE 5: MENJUI HASIL Berdasarkan hasil inersia, manakah gasing yang berputar lebih lama? Jelaskan dengan cara klik langsung pada kolom jawaban yang telah disediakan. (Indikator Berpikir Kritis: Analisis) Perhatikan data massa gasing dan durasi putar pada tabel hasil percobaan. Berilah massa gasing dengan lama waktu putarnya. Gasing dengan massa yang lebih besar memiliki waktu putar yang lebih lama? Jelaskan berdasarkan data yang diperoleh. (Indikator Berpikir Kritis: Analisis) Gasing kelompok membuat desain gasing yang berbeda, seperti penggunaan staples atau paku payung sebagai distribusi massa serta perbedaan bentuk poros gasing. Analisis bagaimana perbedaan desain tersebut dapat memengaruhi lama waktu putar gasing berdasarkan data hasil percobaan yang diperoleh. (Indikator Berpikir Kritis: Analisis)	Peserta didik menganalisis hubungan antara distribusi massa, momen inersia, gaya gesek, dan kestabilan putaran gasing berdasarkan hasil pengujian proyek. Aktivitas ini membantu peserta didik menghubungkan data hasil pengamatan dengan konsep dinamika rotasi sehingga melatih indikator <i>analysis</i> .
 FASE 5: MENJUI HASIL Berdasarkan hasil analisis data percobaan gasing yang telah dilakukan, indikator karakteristik gasing seperti apa yang dapat menjelaskan waktu putar paling lama. Jelaskan alasan kalian dengan mengaitkan pada konsep dinamika rotasi. (Indikator Berpikir Kritis: Inferensi) Berdasarkan hasil percobaan dan diskusi kelompok, apa kesimpulan yang dapat kalian tarik mengenai hubungan antara massa gasing, distribusi massa, dan bentuk poros terhadap kestabilan dan lama waktu putar gasing? (Indikator Berpikir Kritis: Inferensi) Berdasarkan data hasil pengujian gasing yang telah kalian peroleh, apa kesimpulan yang dapat kalian tarik mengenai faktor-faktor yang memengaruhi lama waktu putar gasing? Jelaskan secara singkat. (Indikator Berpikir Kritis: Inferensi)	Peserta didik menyusun kesimpulan berdasarkan hasil analisis dan evaluasi proyek, kemudian melakukan refleksi terhadap pengalaman belajar untuk menjelaskan hubungan antara karakteristik gasing dengan konsep dinamika rotasi. Aktivitas ini melatih indikator <i>inference</i> .	 FASE 6: EVALUASI PENGALAMAN Berdasarkan pengalaman kegiatan proyek dan melakukan evaluasi hasil, jawablah pertanyaan berikut ini! Pengalaman apa yang paling berkesan bagi kalian selama mengikuti proyek pembuatan dan pengujian gasing? Alasan ilmiahnya? (Indikator Berpikir Kritis: Refleksi diri) Kendala apa saja yang kalian alami selama merancang, membuat, dan menguji gasing? Bagaimana cara kelompok kalian mengatasi kendala tersebut? (Indikator Berpikir Kritis: Evaluasi) Selama proses pembuatan dan pengujian gasing, setiap kelompok menggunakan desain yang berbeda. Menurut kalian, apakah desain gasing yang dibuat kelompok kalian sudah efektif untuk menghasilkan waktu putar yang lama? Jelaskan alasan kalian berdasarkan hasil percobaan yang diperoleh. (Indikator Berpikir Kritis: Evaluasi)	Peserta didik mengevaluasi hasil proyek dengan membandingkan hasil putaran gasing terhadap teori dinamika rotasi, kemudian memberikan alasan dan bukti ilmiah berdasarkan data yang diperoleh. Aktivitas ini melatih indikator <i>evaluation</i> .

Berdasarkan *storyboard* yang telah disusun, E-LKPD kemudian direalisasikan menjadi produk digital menggunakan *platform Canva*. Seluruh komponen E-LKPD dirancang secara sistematis sesuai sintaks *Project Based Learning* dan mengintegrasikan permainan tradisional gasing sebagai konteks pembelajaran dinamika rotasi.

Pengembangan (Development)

Tahap *development* merupakan proses merealisasikan rancangan E-LKPD menjadi produk yang siap digunakan dalam pembelajaran. E-LKPD dikembangkan menggunakan *platform Canva* sesuai *storyboard* yang telah disusun pada tahap sebelumnya. Produk yang dihasilkan memuat materi dinamika rotasi yang terintegrasi dengan permainan tradisional gasing, video pembelajaran, *handout* yang dapat diakses melalui *hyperlink*, serta aktivitas berbasis *Project Based Learning* yang dirancang untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Produk yang telah dikembangkan selanjutnya divalidasi oleh dua dosen Pendidikan Fisika Universitas Negeri Surabaya dan satu guru fisika SMA Negeri Ploso. Proses validasi menghasilkan beberapa masukan yang digunakan sebagai dasar penyempurnaan E-LKPD sebelum diimplementasikan dalam pembelajaran. Ringkasan perubahan yang dilakukan berdasarkan masukan validator disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8 Masukan/Saran Validator Terhadap E-LKPD yang dikembangkan

Sebelum Revisi	Masukan/ Saran	Setelah Revisi
	Tambahkan nomor halaman serta gunakan huruf miring pada istilah <i>smartphone</i> dan <i>Project Based Learning</i>.	
	Tujuan pembelajaran sebaiknya disusun menggunakan format ABCD (<i>Audience, Behavior, Condition, Degree</i>).	
	Petunjuk penggunaan E-LKPD perlu diperjelas dan didetailkan, khususnya terkait cara mengunggah foto serta tata cara pengisian E-LKPD.	

	Perlu dilakukan perbaikan pada soal pertanyaan mendasar dengan menambahkan unsur konsep fisika.	
	Disarankan untuk memperhatikan proporsi pelatihan setiap indikator keterampilan berpikir kritis agar tersusun secara seimbang.	

Setelah dilakukan revisi sesuai masukan validator, E-LKPD dinilai berdasarkan aspek isi, penyajian, kebahasaan, dan kegrafisan. Selain itu, reliabilitas penilaian antarvalidator dianalisis menggunakan *Percentage of Agreement* (PoA). Hasil validasi dan nilai *Percentage of Agreement* (PoA) setelah revisi disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9 Hasil Validasi dan *Percentage of Agreement* (PoA) E-LKPD

Aspek yang Dinilai	Skor			Skor Rata-rata (%)	Kriteria	PoA (%)
	V1	V2	V3			
Kesesuaian Materi	83,33	100,00	100,00	94,44	SV	91
Kesesuaian Kebutuhan E-LKPD dengan Keterampilan Berpikir Kritis	95,00	90,00	85,00	90,00	SV	94
Kesesuaian E-LKPD dengan Sintaks PjBL	87,50	95,83	91,66	91,66	SV	95
Kelayakan Isi	75,00	93,75	100,00	89,58	SV	86
Kebahasaan	86,10	91,66	91,66	89,81	SV	94
Tampilan	87,50	91,66	95,83	91,66	SV	98
Skor Rata-rata				91,19	SV	93
V= Validator, SV= Sangat Valid						

Berdasarkan Tabel 9, E-LKPD memperoleh rata-rata persentase kevalidan sebesar 91,19% dengan kategori sangat valid, sedangkan nilai rata-rata *Percentage of Agreement* sebesar 93% menunjukkan bahwa penilaian antarvalidator memiliki tingkat kesepakatan yang tinggi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa E-LKPD telah memenuhi kriteria valid dan reliabel sehingga layak diimplementasikan dalam proses pembelajaran.

Penerapan (*Implement*)

Tahap *implementation* merupakan penerapan E-LKPD berbasis *Project Based Learning* (PjBL) terintegrasi kearifan lokal permainan gasing pada materi dinamika rotasi dalam proses pembelajaran. Uji coba dilakukan pada 35 peserta didik kelas XI-4 SMA Negeri Ploso. Pembelajaran dilaksanakan selama tiga pertemuan dengan total 8 jam pelajaran (JP), yang terdiri atas 3 JP pada pertemuan pertama, 2 JP pada pertemuan kedua, dan 3 JP pada pertemuan ketiga.

Pada pertemuan pertama (3 JP), peserta didik mengakses E-LKPD melalui *smartphone* masing-masing, kemudian mengamati video permainan gasing dari Riau dan Lombok sebagai orientasi masalah. Selanjutnya,

peserta didik mempelajari *handout* pembelajaran yang tersedia melalui *hyperlink*, berdiskusi mengenai konsep dinamika rotasi, serta merancang proyek pembuatan gasing yang akan dikerjakan secara berkelompok.

Pada pertemuan kedua (2 JP), peserta didik melaksanakan proyek pembuatan gasing sesuai rancangan yang telah disusun pada pertemuan sebelumnya. Guru berperan sebagai fasilitator dengan memonitor setiap kelompok selama proses pembuatan proyek, memberikan arahan apabila terdapat kendala, serta memastikan kegiatan proyek berjalan sesuai sintaks *Project Based Learning*. Dokumentasi kegiatan pembuatan proyek ditunjukkan pada Gambar 3.



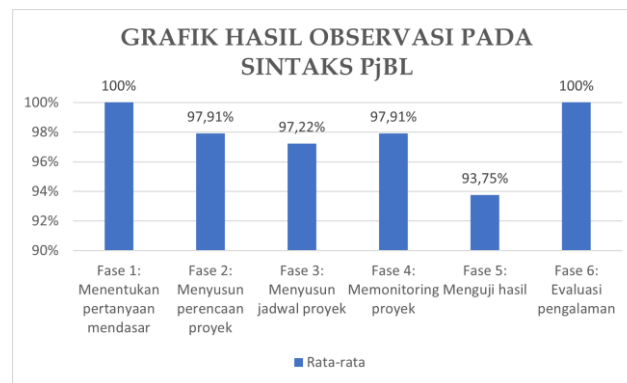
Gambar 3. Kegiatan peserta didik dalam pembuatan proyek gasing

Pada pertemuan ketiga (3 JP), peserta didik melakukan pengujian terhadap gasing yang telah dibuat untuk memperoleh data hasil putaran. Data tersebut kemudian dianalisis guna mengidentifikasi hubungan antara distribusi massa, momen inersia, gaya gesek, dan kestabilan putaran gasing. Selanjutnya, peserta didik mengevaluasi hasil proyek berdasarkan konsep dinamika rotasi serta menyusun kesimpulan sebagai bentuk refleksi terhadap pembelajaran yang telah dilaksanakan. Produk gasing hasil proyek peserta didik disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Produk gasing hasil proyek peserta didik

Kepraktisan E-LKPD ditinjau berdasarkan keterlaksanaan sintaks *Project Based Learning* selama proses pembelajaran. Observasi keterlaksanaan dilakukan oleh tiga observer, yang terdiri atas satu guru fisika SMA Negeri Ploso dan dua mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Negeri Surabaya. Hasil observasi keterlaksanaan sintaks PjBL disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil observasi keterlaksanaan sintaks *Project Based Learning*

Berdasarkan Gambar 5, seluruh sintaks *Project Based Learning* terlaksana dengan kategori sangat praktis, dengan persentase keterlaksanaan berada pada rentang 93%–100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa seluruh tahapan pembelajaran dapat dilaksanakan sesuai dengan rancangan yang telah disusun sehingga E-LKPD mampu memfasilitasi penerapan sintaks PjBL secara sistematis dan mendorong keterlibatan aktif peserta didik selama kegiatan pembelajaran. Reliabilitas hasil observasi dianalisis menggunakan *Percentage of Agreement* (PoA) antarobserver dan memperoleh nilai sebesar 98%, sehingga hasil observasi dinyatakan memiliki tingkat kesepakatan yang tinggi dan reliabel.

Selain melalui observasi keterlaksanaan pembelajaran, kepraktisan E-LKPD juga ditinjau berdasarkan respons peserta didik yang diperoleh melalui angket setelah seluruh rangkaian pembelajaran selesai dilaksanakan. Angket respons terdiri atas 39 butir pernyataan, meliputi 27 pernyataan positif dan 12 pernyataan negatif, yang disusun berdasarkan sembilan aspek penilaian, yaitu motivasi, ketersediaan materi, tampilan, bahasa, keterampilan berpikir kritis, *Project Based Learning* (PjBL), keterkaitan PjBL dengan keterampilan berpikir kritis, kesesuaian isi, dan kearifan lokal permainan gasing. Hasil angket respons peserta didik disajikan pada Tabel 10.

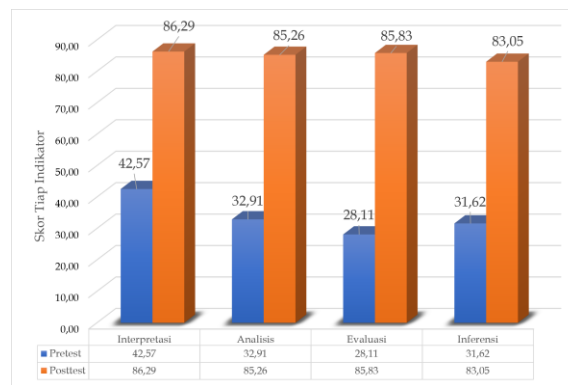
Tabel 10 Hasil Angket Respons Peserta Didik

Aspek yang Dinilai	Skor Total	Kriteria
Motivasi	89,42	SP
Ketersediaan Materi	88,57	SP
Tampilan	92,50	SP
Bahasa	91,78	SP
Keterampilan Berpikir Kritis	88,33	SP
<i>Project Based Learning</i>	92,14	SP
Keterkaitan <i>Project Based Learning</i> dengan Keterampilan Berpikir Kritis	91,42	SP
Kesesuaian Isi	94,04	SP
Kearifan Lokal Permainan Gasing	93,71	SP
Skor Rata-rata	91,32	SP
SP = Sangat Parktis		

Berdasarkan Tabel 10, rata-rata persentase respons peserta didik pada sembilan aspek penilaian sebesar 91,32% dengan kategori sangat praktis. Hasil tersebut menunjukkan bahwa E-LKPD memperoleh respons yang sangat baik dari peserta didik, sehingga memenuhi kriteria kepraktisan dan layak digunakan dalam pembelajaran fisika. Hasil tersebut juga sejalan dengan penelitian Burnama dan Hariyono (2024) yang menunjukkan bahwa peserta didik memberikan respons positif terhadap penggunaan E-LKPD karena membantu memahami konsep fisika dan meningkatkan keterlibatan selama pembelajaran.

Evaluasi (*Evaluation*)

Tahap evaluasi bertujuan untuk mengetahui efektivitas E-LKPD *Project Based Learning* (PjBL) terintegrasi kearifan lokal permainan gasing dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah diterapkan pada pembelajaran dinamika rotasi. Evaluasi dilakukan melalui analisis hasil *pretest* dan *posttest*, uji normalitas, uji *paired sample t-Test*, analisis *N-Gain*, serta analisis jawaban peserta didik pada E-LKPD berdasarkan indikator keterampilan berpikir kritis.



Gambar 6. Perbandingan Skor *Pretest* dan *Posttest* Keterampilan Berpikir Kritis Setiap Indikator

Berdasarkan Gambar 6, seluruh indikator keterampilan berpikir kritis mengalami peningkatan setelah peserta didik mengikuti pembelajaran menggunakan E-LKPD PjBL terintegrasi kearifan lokal permainan gasing. Sebelum pembelajaran, rata-rata skor interpretasi (42,57), analisis (32,91), evaluasi (28,11), dan inferensi (31,62) berada pada kategori *kurang kritis* berdasarkan kriteria pada Tabel 5. Setelah pembelajaran, rata-rata skor interpretasi meningkat menjadi 86,29, analisis menjadi 85,26, evaluasi menjadi 85,83, dan inferensi menjadi 83,05. Berdasarkan kriteria pada Tabel 5, seluruh indikator tersebut berada pada kategori *kritis*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa aktivitas pembelajaran yang disusun dalam E-LKPD mampu melatih peserta didik dalam memahami informasi, menganalisis permasalahan, mengevaluasi hasil, serta menarik kesimpulan berdasarkan konsep dinamika rotasi.

Sebelum dilakukan pengujian hipotesis, terlebih dahulu dilakukan uji normalitas menggunakan uji *Shapiro-Wilk* karena jumlah sampel penelitian sebanyak 35 peserta didik. Hasil uji normalitas disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11 Hasil Uji Normalitas

<i>Test of Normality</i>				
Jenis Test	<i>Shaphiro-Wilk</i>			
	<i>Statistic</i>	<i>df</i>	<i>Sig.</i>	Keterangan
<i>Pretest</i>	975	35	0,604	Data terdistribusi normal
<i>Posttest</i>	942	35	0,062	Data terdistribusi normal

Berdasarkan Tabel 11, nilai signifikansi *pretest* sebesar 0,604 dan *posttest* sebesar 0,062. Kedua nilai tersebut lebih besar dari 0,05 sehingga data *pretest* dan *posttest* berdistribusi normal. Oleh karena itu, data memenuhi syarat untuk dianalisis menggunakan uji parametrik, yaitu *paired sample t-Test*.

Tabel 12. Hasil Uji *Paired Sample t-test*

<i>Paired Sample t-Test</i>				
Jenis Tes	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>Sig. (2-tailed)</i>	Keterangan
<i>Pretest-Posttest</i>	-43.460	34	.000	H_0 ditolak dan H_1 diterima.

Berdasarkan Tabel 12 diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,000 ($<0,05$), sehingga terdapat perbedaan yang signifikan antara skor *pretest* dan *posttest*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran menggunakan E-LKPD PjBL terintegrasi kearifan lokal permainan gasing memberikan pengaruh terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Berdasarkan hasil *paired sample t-Test*, diketahui bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara skor *pretest* dan *posttest*. Namun, uji tersebut hanya menunjukkan adanya perbedaan setelah pembelajaran dan belum menggambarkan besarnya peningkatan yang dialami peserta didik. Oleh karena itu, dilakukan analisis *N-Gain* untuk mengetahui tingkat peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah menggunakan E-LKPD yang dikembangkan. Hasil analisis *N-Gain* pada setiap indikator disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Skor *N-Gain* Setiap Indikator

Indikator Berpikir Kritis	<i>N-Gain</i>	Kriteria <i>N-Gain</i>
Interpretasi	0,77	Tinggi
Analisis	0,78	Tinggi
Evaluasi	0,81	Tinggi
Inferensi	0,76	Tinggi

Berdasarkan Tabel 13, seluruh indikator keterampilan berpikir kritis mengalami peningkatan dengan kategori tinggi. Indikator evaluasi memperoleh skor *N-Gain* tertinggi sebesar 0,81, sedangkan indikator inferensi memperoleh skor terendah sebesar 0,76. Selain itu, hasil analisis *N-Gain* secara keseluruhan

menunjukkan rata-rata skor sebesar 0,78 yang termasuk dalam kategori tinggi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan E-LKPD berbasis *Project Based Learning* terintegrasi kearifan lokal permainan gasing efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Temuan ini sejalan dengan penelitian Ulfiah *et al.* (2025) yang melaporkan bahwa pengembangan E-LKPD berbasis *Project Based Learning* menggunakan *Liveworksheet* mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik berdasarkan analisis *N-Gain*. Selain itu, hasil ini juga didukung oleh penelitian Villayah dan Suliyanah (2025) yang menunjukkan bahwa E-LKPD fisika berbasis kearifan lokal efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis dengan rata-rata *N-Gain* kategori tinggi.

Untuk mengetahui proses yang menyebabkan perbedaan peningkatan pada setiap indikator tersebut, dilakukan analisis terhadap jawaban peserta didik pada E-LKPD.

Tabel 14. Hasil Penilaian Jawaban E-LKPD Berdasarkan Indikator

Kelompok	Interpretasi	Analisis	Evaluasi	Inferensi
1	22	23	24	20
2	21	22	24	19
3	23	24	25	21
4	22	23	24	20
5	21	22	23	19
6	22	23	24	20
Rata-Rata	21,83	22,83	24,00	19,83
Skor Maksimum Tiap Indikator = 25				

Berdasarkan Tabel 14, indikator evaluasi memperoleh rata-rata skor jawaban E-LKPD tertinggi yaitu 24,00 dari skor maksimum 25. Hasil tersebut selaras dengan skor *N-Gain* indikator evaluasi yang juga menjadi yang tertinggi (0,81). Tingginya capaian tersebut menunjukkan bahwa aktivitas pada E-LKPD yang berorientasi proyek memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menguji hasil gasing, membandingkan hasil antar kelompok, serta mengevaluasi faktor-faktor yang memengaruhi lama putaran gasing. Kegiatan tersebut melatih peserta didik dalam memberikan penilaian berdasarkan bukti dan konsep dinamika rotasi sehingga kemampuan evaluasi berkembang secara optimal. Hasil ini sejalan dengan penelitian Burnama dan Hariyono (2024) yang menunjukkan bahwa aktivitas berbasis proyek mendorong peserta didik melakukan evaluasi terhadap hasil percobaan menggunakan bukti empiris sehingga indikator evaluasi mengalami peningkatan yang tinggi (Burnama & Hariyono, 2024). Serta penelitian oleh Febrianti *et al.* (2024) yang menyatakan bahwa model *Project Based Learning* memberikan pengaruh yang kuat terhadap kemampuan peserta didik dalam mengevaluasi hasil penyelidikan karena peserta didik dilibatkan secara langsung dalam proses pengujian, analisis, dan refleksi terhadap hasil proyek.

Sebaliknya, indikator inferensi memperoleh rata-rata skor jawaban E-LKPD terendah yaitu 19,83, yang sejalan dengan skor *N-Gain* terendah sebesar 0,76. Meskipun masih berada pada kategori tinggi, hasil tersebut menunjukkan bahwa sebagian peserta didik masih mengalami kesulitan dalam menyusun kesimpulan secara lengkap berdasarkan hasil pengamatan dan konsep fisika. Pada tahap ini peserta didik dituntut menghubungkan hasil eksperimen, data pengujian, dan konsep dinamika rotasi sebelum menarik kesimpulan, sehingga membutuhkan kemampuan berpikir tingkat tinggi yang lebih kompleks dibandingkan indikator lainnya. Temuan ini sejalan dengan penelitian Alawiyah *et al.* (2025) yang melaporkan bahwa indikator inferensi merupakan salah satu indikator yang masih sulit dikuasai peserta didik karena menuntut kemampuan menghubungkan berbagai informasi dan menarik kesimpulan secara logis.

Sementara itu, indikator interpretasi dan analisis juga menunjukkan hasil yang konsisten antara skor jawaban E-LKPD dan nilai *N-Gain*. Rata-rata skor interpretasi sebesar 21,83 dengan *N-Gain* 0,77, sedangkan indikator analisis memperoleh rata-rata skor 22,83 dengan *N-Gain* 0,78. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas mengamati video gasing, mengidentifikasi permasalahan, serta menganalisis hubungan distribusi massa, momen inersia, dan gaya gesek dalam E-LKPD mampu melatih kemampuan peserta didik dalam memahami dan menganalisis fenomena dinamika rotasi.

Kesesuaian antara hasil *N-Gain* dan penilaian jawaban E-LKPD menunjukkan bahwa proses pembelajaran yang dirancang melalui aktivitas pada E-LKPD berhasil memfasilitasi peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada setiap indikator.

KESIMPULAN

Pengembangan E-LKPD berbasis *Project Based Learning* (PjBL) terintegrasi kearifan lokal permainan gasing pada materi dinamika rotasi menghasilkan bahan ajar yang memenuhi kriteria kelayakan. Kevalidan E-LKPD ditunjukkan oleh hasil validasi ahli dengan persentase sebesar 91,19% berkategori sangat valid dan nilai

Percentage of Agreement (PoA) sebesar 93%. Kepraktisan E-LKPD ditunjukkan oleh keterlaksanaan pembelajaran sebesar 97,56% dengan PoA 98% serta respons peserta didik sebesar 91,32%, yang seluruhnya termasuk kategori sangat praktis. Keefektifan E-LKPD ditunjukkan oleh nilai *N-Gain* sebesar 0,78 berkategori tinggi serta peningkatan keterampilan berpikir kritis pada seluruh indikator (interpretasi, analisis, evaluasi, dan inferensi) hingga mencapai kategori kritis. Hasil tersebut menunjukkan bahwa E-LKPD berbasis PjBL terintegrasi kearifan lokal permainan gasing layak digunakan sebagai bahan ajar digital untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi dinamika rotasi. Penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena uji coba dilakukan pada satu kelas di satu sekolah dengan materi yang terbatas pada dinamika rotasi sehingga hasil penelitian belum dapat digeneralisasikan secara luas. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat menguji implementasi E-LKPD pada materi fisika lainnya, melibatkan sampel yang lebih beragam, serta mengeksplorasi integrasi permainan tradisional atau kearifan lokal lainnya untuk memperkuat efektivitas pembelajaran dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis.

KONTRIBUSI PENULIS

Fatma Yuni Sabrina: Konseptualisasi, Metodologi, Riset Lapangan, Investigasi, dan Penulisan - Draf Asli; serta Setyo Admoko: Validasi, Supervision, dan Review.

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 penulisan 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 bertukar pikiran, membantu penyusunan dan penyuntingan naskah, serta memberikan masukan dalam perbaikan bahasa dan struktur penulisan. 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

- Angdala, D. (2007). *An introduction to instructional design: Utilizing a basic design model*.
- Arrahmat, M. W., & Anggaryani, M. (2024). Implementasi permainan gasing untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi pelajaran dinamika rotasi. *Jurnal Pendidikan Multidisipliner*, 7(7), 81–91.
- Baran, M., Baran, M., Karakoyun, F., & Maskan, A. (2021). The influence of project-based STEM (PJBL-STEM) applications on the development of 21st century skills. *Journal of Turkish Science Education*, 18(4), 789–815. <https://doi.org/10.36681/tused.2021.104>
- Borich, G. D. (1994). *Observation skill for effective teaching*. Macmillan Publishing Company. <https://doi.org/10.4324/9781315633206>
- Burnama, N. C., & Hariyono, E. (2024). Implementation of interactive E-LKPD based on PBL in physics learning to enhance critical thinking skills in Class X SMA Kartika IV-3 Surabaya. *Inovasi Pendidikan Fisika*, 13(2), 94–101. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/inovasi-pendidikan-fisika/article/view/61128>
- Facione, P. A. (2015). *Critical thinking: What it is and why it counts*. Insight Assessment.
- Febrianti, F., Asrizal, & Emiliannur. (2023). Influence of project-based learning models on students' physics knowledge and critical thinking skills: Meta analysis. *Pillar of Physics Education*, 16(4), 275–283. <http://dx.doi.org/10.24036/15460171074>
- Hadi, S., & Novaliyosi. (2019). TIMSS Indonesia (*Trends in International Mathematics and Science Study*). *Prosiding Seminar Nasional & Call for Papers*.
- Hake, R. R. (1999). *Analyzing change/gain scores*. American Educational Research Association's Division D, Measurement and Research.

- Hartini, S., Misbah, M., & Resy, R. (2017). Pengembangan modul fisika berintegrasi kearifan lokal Hulu Sungai Selatan. *Jurnal Inovasi dan Pembelajaran Fisika*, 4(2), 157–162. <https://doi.org/10.26737/jipf.v5i1.1280>
- Haryadi, R., & Nurmala, R. (2021). Pengembangan bahan ajar fisika kontekstual dalam meningkatkan motivasi belajar siswa. *SPEKTRA: Jurnal Kajian Pendidikan Sains*, 7(1), 32–39. <http://dx.doi.org/10.32699/spektra.v7i1.168>
- Nurjanah, N., & Trimulyono, G. (2022). Pengembangan E-LKPD berbasis *Problem Based Learning* untuk melatih keterampilan berpikir kritis pada materi hereditas manusia. *BioEdu: Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*, 11(3), 765–774. <https://doi.org/10.26740/bioedu.v11n3.p765-774>
- OECD. (2022). *PISA 2022 results (Volume I): Excellence and equity in education*. OECD Publishing.
- Pratiwi, A., Maryani, & Nuraini, L. (2024). Analysis of the effect of problem based learning model assisted by e-LKPD Wizer.Me on critical thinking skills and student learning outcomes. *Pillar of Physics Education*, 17(1), 54–62. <http://dx.doi.org/10.24036/15722171074>
- Putra, A. M. S., Handayani, R. D., Prihandono, T., & Bachtiar, R. W. (2022). Analysis of equilibrium concepts at traditional dance of Tari Banjarkemuning, Sidoarjo as an innovation of physics learning by ethnoscience approach. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya*, 12(1), 62–75. <https://doi.org/10.26740/jpfa.v12n1.p62-75>
- Putri, A. F., Prasetyo, K., Prasetya, S. P., & Imron, A. (2023). Kelayakan E-LKPD berbasis kearifan lokal dalam pembelajaran IPS. *Dialektika Pendidikan IPS*, 3(2), 65–75.
- Riduwan. (2015). *Skala pengukuran variabel-variabel penelitian*. Alfabeta.
- Rizaldi, D. F., Atiqoh, F., Dwikoranto, Prahani, B. K., Wibowo, F. C., & Astutik, T. (2023). Analysis of physics concepts in gasing games. *International Journal of Emerging Research and Review*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.56707/ijer.v1i1.5>
- Rizki, I. A., Suprpto, N., & Admoko, S. (2022). Exploration of physics concepts with traditional engklek (hopscotch) game: Is it potential in physics ethno-STEM learning? *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 11(1), 19–33. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v11i1.10900>
- Rosmita, I. G. A. A. M., Suja, I. W., & Tika, I. N. (2021). E-LKPD berbantuan video pembelajaran kimia bermuatan budaya lokal Bali untuk meningkatkan model mental dan literasi digital. *Indonesian Journal of Instruction*, 5(2), 193–204. <https://doi.org/10.23887/iji.v5i2.81620>
- Rosyida, K. M. I., & Prahani, B. K. (2025). Enhancing students' critical thinking skills in physics: Exploring problem-based learning and mobile technology integration in rotational dynamics education. *Advances in Mobile Learning Educational Research*, 5(1), 1301–1313. <https://doi.org/10.25082/AMLER.2025.01.006>
- Salsabilla, A., Kaniawati, I., & Liliawati, W. (2024). Development of e-LKPD based on STEM to enhance students' critical thinking skills on topic of renewable energy. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 10(1), 221–232. <https://doi.org/10.29303/jpft.v10i1.7016>
- Sudijono, A. (2009). *Pengantar statistik pendidikan*. PT Raja Grafindo Persada.
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian pendidikan (Kuantitatif, kualitatif, kombinasi, R&D, dan penelitian pendidikan)*. Alfabeta.
- 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>
- Ulfiah, N., Putri, D. H., & Setiawan, I. (2025). Development of electronic worksheet based on project based learning using Liveworksheet to improve critical thinking skills. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 16(1), 101–111. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v16i1.1328>
- Villayah, S., & Suliyanah. (2025). Contextual mobile learning in physics: Egrang-based digital worksheets for developing critical thinking skills. *Advances in Mobile Learning Educational Research*, 5(2), 1548–1559. <https://doi.org/10.25082/AMLER.2025.02.010>
- Wijaya, T. T., Hidayat, W., Hermita, H., Alim, J. A., & Talib, C. A. (2024). Exploring contributing factors to PISA 2022 mathematics achievement: Insights from Indonesian teachers. *Infinity Journal of Mathematics Education*, 13(1), 139–156. <https://doi.org/10.22460/infinity.v13i1.p139-156>