

## Pengembangan LKPD Berbasis Model PjBL Berbantuan PhET untuk Meningkatkan Kreativitas Ilmiah Siswa SMA: Validitas Perangkat Pembelajaran

Mutmainnah\*, Nur Fadilah, dan Maimon Sumo

Pendidikan Fisika, Universitas Islam Madura, Pamekasan, Indonesia

\* Email: [mutmainnahiin2306@gmail.com](mailto:mutmainnahiin2306@gmail.com)

### Abstrak

Rendahnya kreativitas ilmiah peserta didik menjadi salah satu penyebab kurangnya partisipasi dan antusiasme dalam pembelajaran fisika. Minimnya media dan fasilitas belajar turut memperburuk kondisi tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan lembar kerja peserta didik (LKPD) berbasis *project based learning* (PjBL) yang terintegrasi dengan simulasi PhET sebagai media pembelajaran interaktif untuk topik suhu dan kalor. Metode yang digunakan adalah *research and development* (R&D) dengan model pengembangan 4D, yang mencakup tahap pendefinisian melalui analisis kurikulum dan kebutuhan belajar siswa, tahap perancangan LKPD dan integrasi media, serta tahap pengembangan yang meliputi validasi oleh ahli dan revisi produk berdasarkan masukan validator. Penelitian ini dibatasi hanya sampai tahap pengembangan karena keterbatasan waktu. Instrumen yang digunakan berupa lembar validasi untuk menilai kevalidan LKPD yang telah dikembangkan. Hasil validasi menunjukkan bahwa LKPD memperoleh skor sebesar 83,52% dan masuk dalam kategori sangat valid. Temuan ini menunjukkan bahwa LKPD berbasis PjBL dengan dukungan simulasi PhET layak digunakan sebagai alat bantu pembelajaran. Kesimpulannya, pengembangan LKPD ini tidak hanya terbukti valid dan reliabel, tetapi juga berpotensi meningkatkan kreativitas ilmiah peserta didik melalui pendekatan pembelajaran yang kontekstual dan eksploratif. Hasil penelitian ini merekomendasikan implementasi lebih lanjut dalam uji coba lapangan yang lebih luas untuk mengoptimalkan dampak positifnya terhadap proses dan hasil belajar peserta didik.

**Kata kunci:** *Project Based Learning*, Validasi, PhET

### *Development of Student Worksheets Based on the PjBL Model Assisted by PhET to Improve High School Students' Scientific Creativity: Validity of Learning Tools*

### Abstract

Low student scientific creativity leads to less participation and enthusiasm in physics. Limited learning media and facilities exacerbate the issue. This study aims to develop a worksheet (LKPD) using project-based learning (PjBL) and integrated PhET simulations as interactive media for heat and temperature. The research employed the R&D method with the 4D model, which involved defining curriculum and learner needs, designing the LKPD, selecting media, and developing it through expert validation and product revision based on feedback. Due to time constraints, the study was terminated at the development stage. Researchers used a validation sheet to assess the validity of LKPD. Validation results showed a score of 83.52%, or "very valid." These findings demonstrate that the PjBL-based LKPD, combined with PhET simulations, is suitable for learning. In conclusion, the LKPD is a valid and reliable tool that may enhance students' scientific creativity through contextual and exploratory learning. The study recommends wider classroom trials to optimize the tool's impact on student learning.

**Keywords:** *Project Based Learningg, Validation, PhET*

### Histori Naskah

Diserahkan: 21 Juni 2025

Direvisi: 24 Juli 2025

Diterima: 28 Juli 2025

**How to cite:**

Mutmainnah, dkk. (2025). Pengembangan LKPD Berbasis Model PjBL Berbantuan PhET untuk Meningkatkan Kreativitas Ilmiah Siswa SMA: Validitas Perangkat Pembelajaran. *Epistemic: Scientific Thinking and Literacy*, 1(1), 30-39. DOI: <https://doi.org/10.58706/Epistemic.v1n1.p30-39>.

**PENDAHULUAN**

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi sangat pesat dari masa ke masa membawa dampak besar pada perubahan kehidupan di abad ke-21. Hal ini menuntut penguasaan diberbagai ilmu seta menjalin hubungan yang baik antar individu dan kelompok (Sumo dkk., 2024) komunikasi digital merupakan ciri khas di abad ke-21 yang memiliki arti proses pembelajaran tidak lagi tatap muka (*face to face course*) secara langsung antara guru dan siswa tetapi lebih merupakan pembelajaran modern berbasis internet (*e-learning*) (Wigati dkk., 2024). Pada abad ke-21 ini pendidikan menekankan empat keterampilan utama yang disebut 4C, yaitu kreativitas, pemikiran kritis, komunikasi, dan kolaborasi (yang dibutuhkan untuk mempersiapkan siswa agar berhasil dalam karier mereka selama era informasi) utamanya dalam pendidikan sains yang solid akan kebutuhan kreatifitas dan inovasi.

Kreativitas merupakan salah satu keterampilan abad ke-21 yang harus dimiliki siswa. Kompleksitas permasalahan saat ini menuntut seseorang untuk menemukan solusi yang kreatif melalui kreativitas, siswa diharapkan mampu menghasilkan ide-ide baru dalam memecahkan masalah atau membuat produk dengan menggunakan pengetahuan yang dimilikinya (Irma dkk., 2023). Berpikir kreatif memegang peranan penting dalam pembelajaran, khususnya dalam pembelajaran fisika, karena hal ini membantu siswa menganalisis dan memecahkan masalah yang berkaitan dengan fenomena ilmiah secara ilmiah (Sumo dkk., 2024). Kreativitas dalam ranah sains disebut kreativitas ilmiah yang merupakan suatu inovasi ilmiah yang erat kaitannya dengan alam dan lingkungan (Wicakyono & Erlina, 2024).

Hammen berpendapat bahwa kreativitas adalah “Pemikiran yang menghasilkan metode baru, konsep baru, pemahaman baru, penemuan baru, karya seni baru” yang mana kreativitas didapat dari berpikir kreatif dimana kreativitas tidak harus menghasilkan produk konkret. Kreativitas mencakup semua aspek kehidupan salah satunya ide, inti dari ide kreatif adalah bahwa belum pernah ada yang memikirkannya sebelumnya dan ide kreatif tidak memandang dari satu sudut melainkan dari sudut yang berbeda (Rafik dkk., 2022). Berbeda dengan kreativitas lainnya, kreativitas ilmiah ditekankan pada indikator yang menentukan pemanfaatan objek untuk tujuan ilmiah, menemukan permasalahan ilmiah, meningkatkan kegunaan teknis suatu produk, berimajinasi secara ilmiah, merancang eksperimen kreatif, memecahkan permasalahan ilmiah secara kreatif, dan merancang produk secara kreatif (Sari dkk., 2021).

Kreativitas ilmiah juga sesuai dengan kerangka pembelajaran kurikulum mandiri. Berdasarkan Keputusan Kepala BSKAP Nomor 008/KR/2022 tentang Kurikulum Mandiri disebutkan bahwa dalam pembelajaran IPA, peserta didik diharapkan mampu menggali potensi negara Indonesia dan mengidentifikasi permasalahan kontekstual dalam perspektif global. Merdeka belajar menitik beratkan pada kebebasan belajar secara mandiri dan kreatif. Guru IPA diberikan kebebasan untuk melaksanakan pembelajaran sesuai dengan karakteristik peserta didik dan menyesuaikan dengan konteks dan konten lokal (Aninnas dkk., 2023).

Sedangkan pada kenyataannya, kreativitas ilmiah pelajar Indonesia masih belum seperti yang diharapkan. Berdasarkan tren hasil PISA dari tahun 2006 hingga 2018 skor literasi sains siswa Indonesia masing-masing sebesar 393.383.382.403.396, masih di bawah rata-rata OECD. Siswa Indonesia menempati posisi ke-69 dari 78 negara. Rata-rata siswa Indonesia memiliki keterampilan hingga level 2, sedangkan keterampilan level 5 dan 6 merupakan keterampilan yang dapat secara kreatif dan mandiri mengimplementasikan pengetahuan ilmiah ke dalam kehidupan nyata, termasuk fenomena yang tidak biasa. Rendahnya kreativitas sains terkait dengan proses pembelajaran yang digunakan, yaitu kurangnya fasilitas pembelajaran yang mendukung (Harjono dkk., 2022). Diberbagai negara diantaranya, Jepang dan Rusia telah unggul dalam hal sains dan teknologi, bahkan Israil juga ikut mengalami perkembangan teknologi sebagaimana negara eropa lainnya. Tiongkok juga telah mengusulkan strategi untuk mendorong rakyatnya menciptakan inovasi skala kecil yang berfokus pada kreativitas dan kewirausahaan, selain itu studi lain dari GCI (*Global Creativity Index*) menunjukkan Indonesia menduduki peringkat 115 dari 139 negara (Ismail, 2022).

Penelitian dilakukan pada salah satu SMA di Pamekasan yang siswanya masih sulit mengembangkan kreativitas ilmiah. Berdasarkan hasil wawancara, para siswa masih berfokus pada sebatas pengetahuan kognitif tanpa mengimplementasikan dalam kehidupan sehari-hari, terutama dalam pembelajaran fisika. Siswa masih cenderung takut mengutarakan ide-idenya sehingga membuat kelas kurang aktif dalam proses pembelajaran.

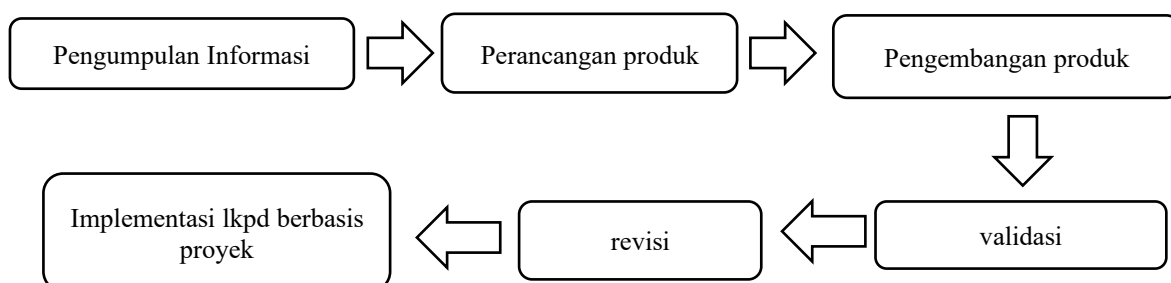
Kurangnya fasilitas yang memadai seperti laboratorium yang secara khusus harus dimiliki serta akses lain yang dapat memudahkan siswa untuk mencari informasi dan menggali potensi, hal ini menjadi faktor kelemahan aktivitas dan akses yang mendorong peserta didik untuk mengembangkan pengetahuannya dalam berkreasi dan berinovasi utama dalam kreativitas ilmiah.

Salah satu faktor utama yang menyebabkan rendahnya kreativitas ilmiah adalah proses pembelajaran yang kurang efektif dan fasilitas pembelajaran kurang mendukung (Harjono dkk., 2022). Proses pembelajaran yang masih menggunakan cara konvensional, cenderung hanya berfokus mengkonseptualisasikan dan mengelola masalah (Suyidno dkk., 2024). Proses pembelajaran yang demikian, belum memberikan dampak yang signifikan terhadap peningkatan kreativitas ilmiah siswa yang sebagaimana mestinya. Proses pembelajaran yang memiliki dampak terhadap kreativitas ilmiah salah satunya adalah proses pembelajaran berbasis aktivitas. Proses pembelajaran yang berorientasi pada aktivitas diantaranya adalah penggunaan lembar kerja peserta didik yang berbasis proyek. Penelitian oleh Susilawati dkk. (2023) menyatakan bahwa lembar kerja peserta didik berbasis proyek diimplementasikan untuk meningkatkan kreativitas dan literasi sains, sejalan dengan itu Winda dkk. (2023) juga membuktikan bahwa lembar kerja peserta didik diimplementasikan untuk meningkatkan kemampuan berfikir kritis. Halim dkk. (2022) juga mengemukakan lembar kerja peserta didik mampu membantu peserta didik dalam menyelesaikan masalah.

Berdasarkan penemuan sebelumnya, LKPD berbasis proyek hanya menitik beratkan pada kemampuan kreativitas, literasi sains, pemecahan masalah, dan berfikir kritis. Pengembangan LKPD berbasis proyek masih jarang digunakan dan kebanyakan masih menggunakan model *inquiry*, *inquiry based learning*, *inquiry* terbimbing, dan *problem based learning*. Namun, yang secara khusus berfokus pada kreativitas ilmiah yang mengintegrasikan PhET masih sangat minim (Kusuma dkk., 2024). Integrasi kreativitas ilmiah berbasis ICT merupakan salah satu faktor yang menyebabkan meningkat kreativitas ilmiah (Pamungkas, 2024). Untuk mengisi kekosongan dalam penelitian tersebut, maka dilakukanlah pengembangan Lembar Kerja peserta didik berbantuan simulasi PhET melalui model *Project based learning* untuk meningkatkan kemampuan kreativitas ilmiah Siswa. Diharapkan siswa mampu membangun pengetahuannya melalui proses pembelajaran aktif dan berdampak pada peningkatan kreativitas ilmiah dalam pembelajaran fisika utamanya di era Revolusi Industri 4.0 bahkan Society 5.0.

## METODE

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (R&D) yang bertujuan untuk menghasilkan produk pendidikan berupa lembar kerja peserta didik berbasis *project-based learning* dengan berbantuan simulasi PhET pada materi suhu dan kalor. Pada penelitian ini menggunakan model yang dikembangkan oleh Sugiono (2019) yaitu 4D (*four-D*) yang terdiri dari empat tahap: pendefinisian (*Define*), tahap perancangan (*Design*), tahap pengembangan (*Develop*) dan tahap penyebaran (*Disseminate*) (Susilawati dkk., 2023). Namun pada penelitian ini hanya sebatas pada tahap 3D yaitu pengembangan (*Develop*) dikarenakan keterbatasan waktu yang ditentukan serta biaya yang kurang memadai. Berikut merupakan alur pengembangan LKPD berbasis *project based learning* yang terdapat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Alur Pengembangan LKPD terintegrasi PhET Berbasis PjBL  
(Susilawati dkk., 2023)

Berdasarkan Gambar 1, pengumpulan informasi merupakan tahap awal dari model pengembangan 4D yaitu pendefinisian (*define*), dimana dilakukan analisis awal dengan mengkaji fakta-fakta yang ada untuk menentukan kesesuaian produk yang akan dikembangkan, analisis peserta didik, analisis tugas, analisis konsep serta perumusan tujuan pembelajaran. Perancangan produk atau tahap perancangan (*design*) yang merupakan tahap kedua dalam pengembangan dimulai dengan menentukan media atau produk yang akan dibuat, LKPD berbasis proyek, serta memilih format penyajian yang sesuai. Penyusunan LKPD ini dilakukan dengan

mengacu pada struktur umum LKPD berbasis proyek, yang mencakup komponen seperti judul kegiatan, identitas peserta didik, tujuan pembelajaran, fenomena ilmiah, materi pembelajaran, petunjuk penggunaan LKPD, rancangan proyek, gambaran desain proyek oleh siswa, penyusunan jadwal pelaksanaan proyek, menguji hasil, evaluasi, serta LKPD dibuat se kreatif untuk meningkatkan minat siswa dalam mengembangkan kreativitas ilmiah

Pada tahap pengembangan (*Develop*), yang merupakan tahap ketiga dari pengembangan 4D berkaitan dengan kelayakan LKPD berbasis proyek. penilaian dilakukan dengan menyerahkan lembar validasi LKPD kepada validator, yaitu ahli desain, untuk mendapatkan penilaian dan masukan. Lembar validasi ini digunakan sebagai instrument untuk menilai tingkat kevalidan perangkat pembelajaran yang telah dirancang. Selain itu, lembar validasi ini berfungsi sebagai sarana untuk mengumpulkan masukan dan saran yang dapat digunakan untuk menyempurnakan perangkat tersebut. Dalam penelitian ini, lembar validasi diisi oleh satu validator. Adapun metode pengumpulan data dalam penelitian ini yaitu menggunakan metode angket. Sedangkan instrument pengumpulan data yang digunakan berupa angket validasi oleh ahli desain untuk memperoleh penilaian. Data yang diperoleh meliputi data kuantitatif. Data kuantitatif berupa skor penilaian yang diberikan oleh validator ahli desain.

Lembar angket yang digunakan dalam penelitian ini berisi sejumlah pernyataan yang dilengkapi dengan alternatif jawaban berupa skor dengan menggunakan skala likert, yang berkisar antara 1 hingga 5. Skor 1 menunjukkan tingkat penilaian terendah, sementara skor 5 menunjukkan tingkat penilaian tertinggi (Putra dkk., 2018). Data yang diperoleh dari hasil validasi kemudian dianalisis dengan menggunakan Persamaan (1) (Maharni dkk., 2021) untuk menghitung hasil validasi.

$$\text{Validasi} = \frac{\text{Jumlah skor dari validator}}{\text{Jumlah skor maksimal}} \times 100\% \quad (1)$$

Nilai persentase yang dihasilkan akan diinterpretasikan sesuai dengan kriteria validitas untuk menilai kelayakan produk yang telah divalidasi. Interpretasi skor penilaian berdasarkan kriteria pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Interpretasi Skor Penilaian Hasil Validasi

Skor	Kriteria Penilaian
$0\% < x < 20\%$	Sangat Tidak Valid
$21\% < x < 40\%$	Tidak Valid
$41\% < x < 60\%$	Cukup Valid
$61\% < x < 80\%$	Valid
$81\% < x < 100\%$	Sangat Valid

Diadaptasi dari (Septyaningrum & Lestari, 2023)

Kelayakan LKPD berbasis *project based learning* dapat diketahui dan disimpulkan dengan menggunakan teknik analisis data dengan memerhatikan ketentuan yang ditetapkan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

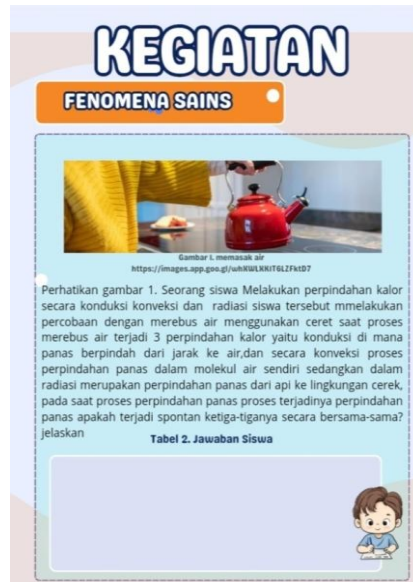
Penelitian ini menghasilkan sebuah produk pembelajaran berupa lembar kerja peserta didik (LKPD) berbasis *project based learning* (PjBL) yang dirancang untuk mendukung keterlibatan siswa secara aktif dan kontekstual dalam memahami konsep suhu dan kalor. Salah satu keunggulan dari LKPD ini adalah integrasi simulasi PhET yang memungkinkan siswa mengeksplorasi proses perpindahan kalor secara visual dan mandiri. Langkah-langkah dalam LKPD ini disusun sedemikian rupa sehingga membimbing peserta didik dari pengenalan fenomena hingga pada tahap evaluasi dan refleksi belajar.

### Desain LKPD Berbasis PjBL sebagai Media Pembelajaran Inovatif

Pengembangan LKPD ini berawal dari kebutuhan mendesak akan media pembelajaran yang mampu mendorong keterlibatan aktif dan kreativitas ilmiah peserta didik, khususnya dalam pembelajaran fisika yang bersifat konseptual dan abstrak. Pendekatan *project based learning* (PjBL) dipilih sebagai landasan pengembangan karena memungkinkan siswa membangun pengetahuan melalui proses eksploratif dan kolaboratif. Dengan mengintegrasikan simulasi PhET, LKPD ini tidak hanya memfasilitasi kegiatan proyek

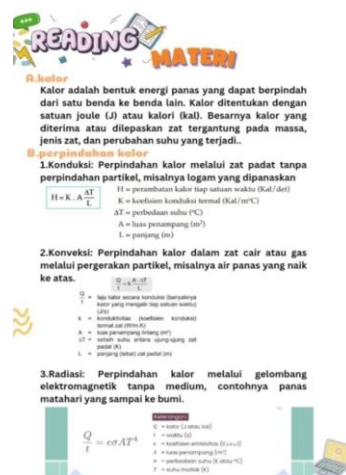
yang bermakna, tetapi juga menyediakan visualisasi interaktif yang dapat membantu siswa memahami konsep suhu dan kalor secara lebih konkret dan menyenangkan.

Secara struktural, LKPD ini terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terintegrasi, yaitu fenomena awal berbasis kehidupan sehari-hari, ringkasan materi inti, perencanaan proyek eksploratif menggunakan PhET, dokumentasi kegiatan, serta evaluasi akhir. Penyusunan komponen dilakukan secara sistematis agar siswa dapat mengikuti alur berpikir ilmiah dari observasi menuju penyimpulan. Pada bagian awal LKPD disajikan pemantik yaitu fenomena memasak air sebagai stimulus awal, sebagaimana terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. LKPD bagian Kegiatan Fenomena Sains

Berdasarkan Gambar 2, menunjukkan bahwa LKPD ini memulai kegiatan belajar dengan menghadirkan fenomena kontekstual berupa aktivitas merebus air. Visualisasi ini bukan sekadar ilustrasi, melainkan dijadikan landasan berpikir ilmiah bagi siswa. Pertanyaan yang menyertainya menuntun siswa untuk mengidentifikasi tiga jenis perpindahan kalor secara bersamaan dalam satu kejadian. Ini sesuai dengan pendekatan *contextual teaching and learning* yang menekankan pembelajaran berbasis pengalaman nyata (Suyidno dkk., 2024). Penerapan fenomena autentik seperti ini juga terbukti efektif dalam mengaktifkan pengetahuan awal dan meningkatkan atensi kognitif peserta didik (Kaffa & Miaz, 2022). Menampilkan gambar dan teks yang terstruktur, LKPD ini diharapkan dapat menjembatani konseptual antara realitas sehari-hari dan prinsip ilmiah, sehingga memungkinkan peserta didik membangun makna secara mandiri (Kaukaba dkk., 2022). Kemudian, siswa diarahkan untuk mempelajari ringkasan materi mengenai tiga jenis perpindahan kalor, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi, yang terlihat pada Gambar 3.



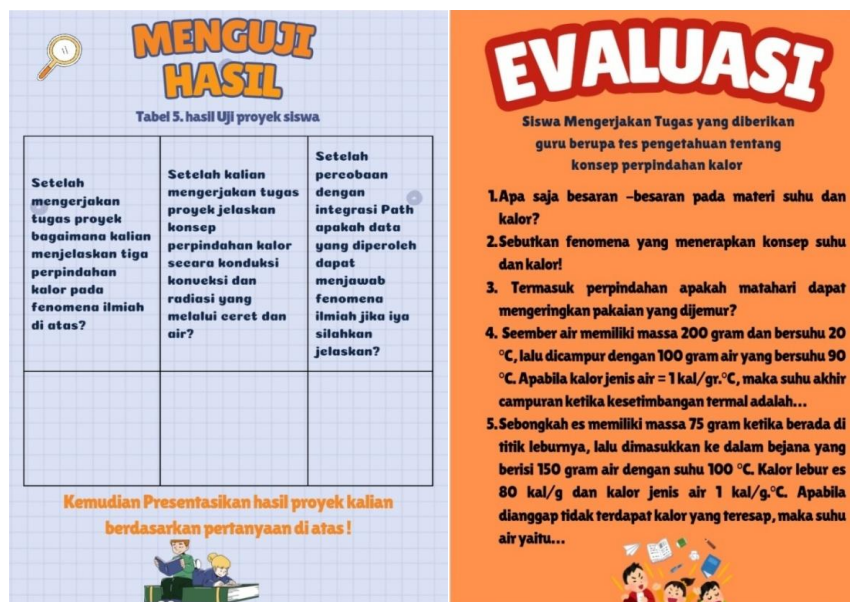
Gambar 3. LKPD bagian Materi Suhu dan Kalor

Pada Gambar 3 menampilkan ringkasan materi inti tentang kalor dan tiga mekanisme perpindahan kalor, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Penyajian ini dikemas secara visual dan teks ringkas, yang sangat penting dalam membantu siswa memahami konsep abstrak fisika. Dalam pendidikan sains, format seperti ini dikenal mampu menurunkan beban kognitif dan meningkatkan keterpahaman materi (Febriyanti & Hakimn 2023). Selain itu, ilustrasi formula dan contoh aplikatif mendukung terbentuknya *scientific literacy*, yang menjadi salah satu indikator keberhasilan pembelajaran fisika abad ke-21 (Kaukaba dkk., 2022). Penempatan materi setelah fenomena juga mengikuti alur konstruktivis yang disarankan oleh model PjBL, yakni membangun pemahaman baru berdasarkan pengalaman konkret (Kaffa & Miaz, 2022). Kedua bagian ini (Gambar 2 dan 3) membentuk landasan konseptual sebelum peserta didik masuk ke tahap eksplorasi proyek.

Pada tahap proyek, siswa diminta merancang simulasi menggunakan PhET, menentukan variabel, serta mencatat data hasil percobaan virtual. LKPD memfasilitasi aktivitas ini dengan menyediakan tabel perencanaan dan kolom tangkapan layar hasil simulasi. Komponen dokumentasi ini dirancang tidak hanya sebagai bukti keterlibatan siswa, tetapi juga sebagai alat refleksi terhadap hasil pengamatan siswa. Di akhir kegiatan, LKPD menyediakan evaluasi berbasis konteks untuk mengukur pemahaman siswa secara menyeluruh, sebagaimana terlihat pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. LKPD bagian Tahap Proyek

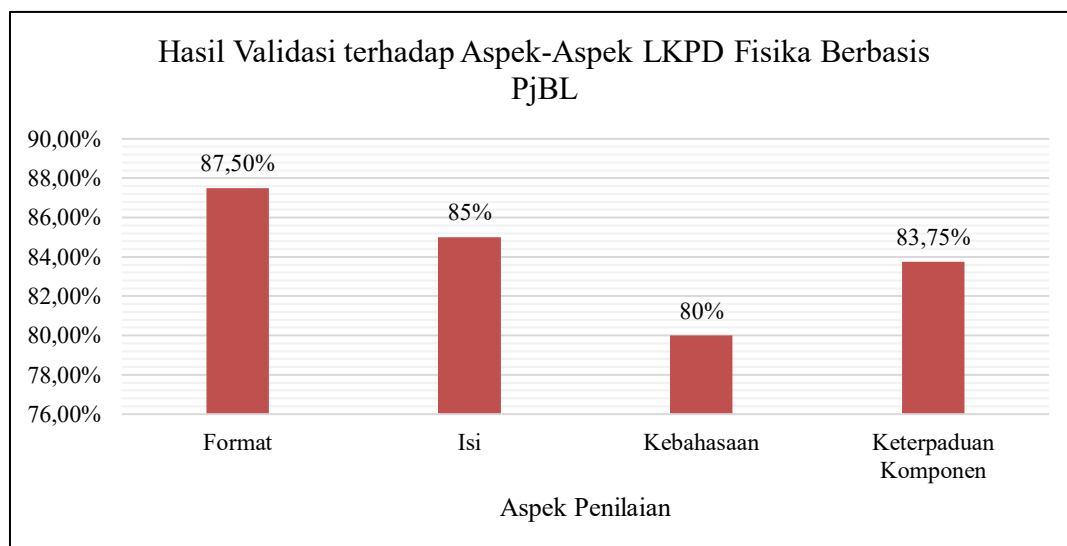


Gambar 5. LKPD bagian Tahap Evaluasi

Berdasarkan Gambar 4, bagian tahap proyek dalam LKPD dirancang untuk mendorong peserta didik merancang eksperimen sederhana menggunakan simulasi *PhET*. Format yang digunakan menggabungkan kolom perencanaan dan dokumentasi proyek, seperti penentuan variabel, langkah percobaan, serta tangkapan layar hasil simulasi. Pendekatan ini selaras dengan prinsip utama *project based learning*, yaitu membangun pemahaman melalui proses eksploratif dan reflektif (Amalia & Isnawati, 2023). Penerapan *PhET* juga terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika yang kompleks melalui pengalaman interaktif dan visualisasi real-time (Milama dkk., 2023). Lebih dari itu, kegiatan merancang dan mendokumentasikan proyek melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi, seperti analisis, evaluasi, dan sintesis, yang menjadi pilar dalam taksonomi Bloom revisi (Amalia & Isnawati, 2023). Sedangkan pada Gambar 5, menampilkan bagian evaluasi pada LKPD, yang dirancang untuk mengukur pencapaian peserta didik secara komprehensif. Pertanyaan evaluatif disusun untuk menguji pemahaman konseptual, bukan sekadar hafalan, sehingga memberikan gambaran lebih akurat terhadap pencapaian hasil belajar (Nufus dkk., 2025). Penempatan evaluasi di akhir aktivitas proyek mencerminkan model asesmen formatif-sumatif terpadu yang dianjurkan dalam pembelajaran berbasis proyek (Saekoko dkk., 2025).

### Validasi dan Analisis Kelayakan LKPD

Validasi dilakukan untuk menjamin bahwa produk yang dikembangkan tidak hanya sesuai secara konten, tetapi juga layak digunakan secara teknis, pedagogis, dan psikologis dalam proses pembelajaran. Aspek yang divalidasi mencakup format, isi, kebahasaan, dan keterpaduan komponen. Masing-masing aspek dinilai menggunakan instrumen skala empat dan diolah untuk mendapatkan persentase kevalidan, yang divisualisasikan pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Hasil Validasi terhadap Aspek – Aspek LKPD Fisika Berbasis PjBL

Berdasarkan Gambar 6, aspek format memperoleh skor tertinggi sebesar 87,50%, yang menunjukkan bahwa LKPD telah memenuhi standar visualisasi dan penyajian informasi yang baik. Tampilan yang rapi, penggunaan warna yang konsisten, dan navigasi yang intuitif menjadikan LKPD ini mudah dipahami serta menarik bagi peserta didik. Desain visual yang baik terbukti dapat meningkatkan motivasi dan fokus belajar siswa, terutama pada pembelajaran berbasis proyek yang menuntut partisipasi aktif (Annisa dkk., 2025). Aspek isi mendapatkan skor 85%, menandakan bahwa konten yang disajikan telah sesuai dengan kompetensi dasar, materi kurikulum, dan pendekatan PjBL yang diusung. Materi yang disusun dalam LKPD tidak hanya menyajikan teori fisika konvensional, tetapi juga disajikan melalui konteks kehidupan nyata, dengan keterkaitan antara fenomena sehari-hari dan konsep ilmiah. Menurut Oktaviara dkk. (2024), kesesuaian isi dengan konteks belajar dapat memperkuat pemahaman konseptual siswa dalam mata pelajaran sains, khususnya fisika yang sering dianggap abstrak.

Keterpaduan komponen juga memperoleh skor tinggi sebesar 83,75%. Ini menunjukkan bahwa seluruh bagian dalam LKPD, mulai dari tujuan pembelajaran, pengenalan fenomena, eksplorasi data, sampai evaluasi telah tersusun secara logis dan saling terhubung. Keterpaduan ini penting dalam model *project based learning*,

di mana setiap tahapan aktivitas harus mendukung ketercapaian produk akhir. Sejalan dengan temuan Sumo dkk. (2024), struktur LKPD yang terintegrasi secara sistematis akan memudahkan siswa dalam mengaitkan aktivitas proyek dengan konsep sains yang sedang dipelajari. Sementara itu, aspek kebahasaan memperoleh skor 80%, menjadi yang terendah di antara keempat aspek. Meski masih berada dalam kategori “valid,” nilai ini mengindikasikan perlunya penyempurnaan dalam penggunaan diksi, kejelasan instruksi, dan keterbacaan. Bahasa yang komunikatif dan tidak membingungkan menjadi kunci agar peserta didik mampu memahami arahan dengan baik tanpa bimbingan langsung. Meilinda dkk. (2025) menegaskan bahwa struktur bahasa dalam LKPD harus adaptif terhadap tingkat literasi siswa agar proses belajar mandiri berjalan efektif.

Secara keseluruhan, skor kevalidan total sebesar 83,52% mengindikasikan bahwa produk LKPD ini sangat layak digunakan dalam tahap implementasi awal. Validasi ahli bukan sekadar formalitas, tetapi berperan krusial dalam menguji apakah produk benar-benar mampu menjadi media pembelajaran yang kontekstual, interaktif, dan memfasilitasi kreativitas ilmiah peserta didik.

## KESIMPULAN

Pengembangan LKPD fisika berbasis *project based learning* berbantuan simulasi PhET dinyatakan valid dan layak untuk digunakan sebagai media pembelajaran dalam mendukung peningkatan kreativitas ilmiah peserta didik. Proses validasi menunjukkan bahwa produk telah memenuhi kriteria kualitas dari segi format, isi, kebahasaan, dan keterpaduan komponen. Hasil validasi ini memberikan dasar yang kuat bahwa LKPD tersebut potensial untuk diterapkan dalam pembelajaran fisika, khususnya pada materi suhu dan kalor. Ke depannya, penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut melalui uji tingkat kepraktisan dan efektivitas dalam kelas nyata, analisis dampak terhadap kreativitas dan hasil belajar siswa, serta eksplorasi penggunaan media digital interaktif lainnya untuk memperkaya pengalaman belajar berbasis proyek.

## KONTRIBUSI PENULIS

**Mutmainnah:** Investigation, Formal Analysis, Writing - Original Draft, dan Writing - Review and Editing; **Nur Fadilah:** Validation, Formal Analysis, Methodology, dan Writing - Review and Editing; dan **Maimon Sumo:** Conceptualization, Methodology, Supervision, dan Writing - Review and Editing. 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 memengaruhi 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. ChatGPT digunakan untuk *brainstorming* ide. 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

- Amalia, D.R. & Isnawati. (2023). Validitas dan kepraktisan LKPD PjBL (Project Based Learning) materi bioteknologi untuk melati keterampilan bioentrepreneurship. *Bioedu*, **12**(2), 515-524. DOI: <https://doi.org/10.26740/bioedu.v12n2.p515-524>
- Aninnas, A., Subali, B., & Widyatmoko, A. (2023). Pengembangan e-modul untuk aditif dan adiktif zat berbasis etnosains untuk meningkatkan keilmuan kreativitas siswa SMA. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, **9**(Khusus), 998-1007. DOI: <http://dx.doi.org/10.29303/jppipa.v9iSpecialIssue.4307>.
- Annisa, R., Ramadani, F., & Haliq, A. (2025). Inovasi pembelajaran dengan media visual: Studi pengalaman di sekolah dasar. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, **10**(02), 379-389. DOI: <https://doi.org/10.23969/jp.v10i02.25092>.

- Febriyanti, T. & Hakim, N. (2023). Pengembangan lembar kerja peserta didik (LKPD) berbasis projec based learning (pjbl) pada materi pencemaran lingkungan untuk kelas X SMA. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, **09**(03), 78-85. DOI: <https://doi.org/10.22437/biodik.v9i3.28078>.
- Halim, A., Melawati, O., Evendi, E., Yusrizal, Y., & Irwandi, I. (2022). The Impact of problem-based student worksheets on improving problem-solving skills in terms of learning outcomes. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, **8**(1), 155–164. DOI: <https://doi.org/10.21009/1.08114>.
- Harjono, A., Andani, T.G., Gunada, I.W., & Susilawati, S. (2022). Implementation of blended-flipped classroom model assisted by video to improve students' creative thinking skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, **8**(6), 3180–3186. DOI: <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i6.2255>.
- Irma, Z.U., Kusairi, S., & Yuliati, L. (2023). Strem PBL with e-authentic assessment: its impact to students' scientific creativity on static fluid. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, **12**(1), 80-95. DOI: <http://dx.doi.org/10.15294/jpii.v12i1.40214>.
- Ismail, S. (2022). Pengaruh penggunaan model pembelajaran berbasis proyek “project based learning” terhadap hasil belajar fisika peserta didik kelas X IPA SMA Negeri 35 Halmahera Selatan pada konsep gerak lurus. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, **8**(5), 249-255. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6466592>.
- Kaffa, Z. & Miaz, Y. (2022). Pengembangan lembar kerja peserta didik berbasis role playing pada pembelajaran tematik terpadu di sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, **6**(5), 8228-8238. DOI: <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i5.3344>.
- Kaukaba, S.Q., Nora, N., Fattikasari, D.W., Rizqiyah, D.Z., & Lutfi, A. (2022). Lembar kerja peserta didik (lkpd) berbantuan aplikasi phet pada materi asam basa untuk meningkatkan motivasi belajar peserta didik. *UNESA Journal of Chemical Education*, **11**(2), 143-157. DOI: <http://dx.doi.org/10.26740/ujced.v11n2.p143-157>.
- Kusuma, I.M.A.A.W., Santyasa, I.W., & Sudatha, I.G.W. (2024). Indonesia pengaruh model inquiry-based virtual lab terhadap hasil belajar, kemampuan berpikir kreatif, dan efikasi diri peserta didik dalam pelajaran fisika di SMA. *Jurnal Media dan Teknologi Pendidikan*, **4**(2), 295-305. DOI: <https://doi.org/10.23887/jmt.v4i2.79818>.
- Milama, B., Adiliyah, S., & Fairusi, D. (2023). Development of e-booklet based on problem based learning on acid base material for problem solving ability. *Edusains*, **15**(1), 86-98. DOI: <http://dx.doi.org/10.15408/es.v15i1.32239>.
- Maharni, R., Milama, B., & Sholihat, R.N. (2021). Development of sets-based chemistry learning e-modules (science, environment, technology, society) on colligative properties of solutions. *EDUSAINS*, **13**(2), 153-164. DOI: <http://dx.doi.org/10.15408/es.v13i2.21753>.
- Meilinda, R., Sabekti, A.W., & Fitriani, R. (2025). *Pengembangan e-lkpd berbasis literasi sains berkonteks kemaritiman pada materi reaksi kimia* (Doctoral dissertation, Universitas Maritim Raja Ali Haji). Retrieved from: <http://repositori.umrah.ac.id/id/eprint/8465>.
- Nufus, H., Anggraeni, W., Apriliyanti, Z., Maslinda, M., & Walidain, S.N. (2025). Strategi evaluasi berbasis proyek dalam membangun budaya penilaian kolaboratif di pembelajaran fisika. *Jurnal Kependidikan*, **10**(1), 18-23. Retrieved from: <https://e-journalppmunsa.ac.id/index.php/kependidikan/article/view/1984>.
- Oktaviara, O., Serevina, V., & Budi, E. (2024). Lembar kerja peserta didik (LKPD) berbasis project based learning pada materi fluida statis. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*, **12**(1), PF–85. DOI: <https://doi.org/10.21009/03.1201.PF13>.
- Pamungkas, O., Widowati, A., Kurniawan, L., & Agusta, F. (2024). Perancangan dan evaluasi lembar kerja elektronik berbasis pbl-stem dengan dukungan laboratorium fisika virtual phet untuk meningkatkan literasi sains. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, **25**(3), 1099-1112. DOI: <https://doi.org/10.23960/jpmipa/v25i3.pp1099-1112>.
- Putra, A., Syarifuddin, H., & Zulfah. (2018). Validitas lembar kerja peserta didik berbadis penemuan terbimbing dalam upaya meningkatkan pemahaman konsep dan kemampuan penalaran matematis. *Edumatika Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, **1**(2), 57-62. DOI: <https://doi.org/10.32939/ejrpm.v1i2.302>.
- Rafik, M., Febrianti, V.P., Nurhasanah, A., & Muhajir, S.N. (2022). Telaah literatur: Pengaruh model pembelajaran project based learning (pjbl) terhadap kreativitas siswa guna mendukung pembelajaran abad 21. *Jurnal Pembelajaran Inovatif*, **5**(1), 80-85. DOI: <https://doi.org/10.21009/JPI.051.10>.

- Saekoko, N., Benu, S., Oematan, I.W.A., & Pa, H.D.B. (2025). Peran evaluasi formatif dalam meningkatkan kualitas pembelajaran di era digital. *Jurnal Ilmiah Literasi Indonesia*, *1*(2), 336-350. DOI: <https://doi.org/10.63822/8t7k4h35>.
- Sari, R.A., Musthafa, B., & Yusuf, F.N. (2021). Persepsi guru terhadap pembelajaran berbasis proyek di sekolah menengah kejuruan. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, *21*(2), 1-11. DOI: <https://10.0.68.101/jpp.v21i2.36972>.
- Septyaningrum, K., & Lestari, N.A. (2023). Validitas perangkat pembelajaran project- based inquiry science terintegrasi pendidikan lingkungan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis. *Jurnal Ilmu Pendidikan dan Pembelajaran*, *2*(1), 4-16. DOI: <https://doi.org/10.58706/jipp.v2n1.p1-16>.
- Sumo, M., Jatmiko, B., & Supardi, Z.A.I. (2024). Profile of scientific creativity based on project based learning of physics education undergraduate students: Preliminary research. *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, *9*(3), 377-386. DOI: <https://dx.doi.org/10.26737/jipf.v9i3.5802>.
- Susilawati, Doyan, A., Rokhmat, J., & Mulyadi, L. (2023). Analysis validation of modern physics learning media based on smartphone integrated project based learning to improve students' creativity and scientific literacy. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, *9*(10), 7888-7892. DOI: <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i10.5404>.
- Suyidno, S., Hadianti, R., Miriam, S., & Siswanto, J. (2024). Dynamic fluid module: problem-based learning combined with stem to increase students' scientific creativity. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, *10*(9), 6941-6946. DOI: <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i9.7640>.
- Wigati, A., Hartono, D.P., & Romli, S. (2024). Penggunaan E-worksheets berorientasi stem untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, *1*(2), 23-29. Retrieved from: <https://jurnal.habi.ac.id/index.php/JPK/article/view/276>.
- Winda, F.N., Sunaryo, S., & Fitri, U.R. (2023). Pengembangan lembar kerja peserta didik (LKPD) berbantuan augmented reality (AR) pada materi termodinamika. *Lontar Physics Today*, *2*(1), 34-38. DOI: <https://journal.upgris.ac.id/index.php/upt/article/view/14653>.