

PENGEMBANGAN E-LKPD TERINTEGRASI VIRTUAL LAB *PHET INTERACTIVE SIMULATION* PADA PEMBELAJARAN IPAS KELAS IV SEKOLAH DASAR**Bunga Okta Ramadona¹, Muhammad Sofwan², Risdalina³**

Prodi PGSD, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jambi

e-mail: bungaoktaa24@gmail.com

Diterima: 15/03/2026; Direvisi: 26/03/2026; Diterbitkan: 29/03/2026

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Elektronik Lembar Kerja Peserta Didik (E-LKPD) berbasis website *Liveworksheets* yang terintegrasi dengan virtual lab *PhET Interactive Simulation* sebagai media pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial (IPAS) pada materi Energi dan Perubahannya bagi peserta didik kelas IV Sekolah Dasar. Latar belakang penelitian ini didasarkan pada kurangnya media pembelajaran digital yang interaktif dan kontekstual, sehingga berdampak pada rendahnya keterlibatan dan pemahaman konsep peserta didik dalam pembelajaran IPAS. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D), yakni metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu sekaligus menguji kelayakan dan keefektifan produk tersebut. Pengembangan produk dilakukan menggunakan model DDD-E (*Decide, Design, Develop, Evaluate*). Instrumen pengumpulan data meliputi lembar validasi ahli dan angket respons peserta didik. Hasil validasi menunjukkan bahwa E-LKPD yang dikembangkan memperoleh skor kelayakan sebesar 95,45% dari ahli media, 85,71% dari ahli materi, dan 98,66% dari ahli bahasa, yang seluruhnya masuk dalam kategori "sangat layak". Hasil uji coba kelompok kecil memperoleh skor sebesar 87,20% dan uji coba kelompok besar sebesar 90,27%, keduanya berada pada kategori "sangat baik". Dengan demikian, E-LKPD berbasis *Liveworksheets* yang terintegrasi virtual lab *PhET Interactive Simulation* pada materi Energi dan Perubahannya dinyatakan layak dan efektif digunakan sebagai media pembelajaran IPAS di kelas IV Sekolah Dasar.

Kata kunci: *E-LKPD, liveworksheets, phet interactive simulation, energi dan perubahannya***ABSTRACT**

This study aims to Develop an Electronic Student Worksheet (E-LKPD) built on the *Liveworksheets* platform and integrated with the *PhET Interactive Simulation* virtual lab as an instructional medium for Natural and Social Sciences (IPAS) learning on the topic of Energy and Its Transformation for fourth-grade elementary school students. The study was motivated by the limited availability of interactive and contextual digital learning media, which has contributed to low student engagement and insufficient conceptual understanding in IPAS learning. This study employed a *Research and Development* (R&D) method, which is a research approach used to produce a specific product while simultaneously testing its feasibility and effectiveness. Product Development followed the DDD-E model (*Decide, Design, Develop, Evaluate*). Data collection instruments included expert validation sheets and student response questionnaires. Validation results showed that the E-LKPD received feasibility scores of 95,45% from the media expert, 87.71% from the subject matter expert, and 98% from the language expert, all of which fall within the "highly feasible" category. The small-group trial yielded a score of 85,20%, while the large-group trial yielded 90,27%, both categorised as "very good". Accordingly, the *Liveworksheets*-based E-LKPD integrated with the *PhET Interactive Simulation* virtual lab on the topic of Energy and Its Transformation is deemed feasible and

effective for use as an IPAS instructional medium in fourth-grade elementary school classrooms.

Keywords: *E-LKPD, liveworksheets, phet interactive simulation, energy forms and changes*

PENDAHULUAN

Implementasi Kurikulum Merdeka sejak tahun 2022 membawa perubahan mendasar dalam orientasi pembelajaran di Indonesia. Kurikulum ini menekankan pendekatan student-centered learning yang menuntut proses pembelajaran lebih bermakna, kontekstual, dan berbasis teknologi, sekaligus berfokus pada pengembangan karakter dan kemampuan kognitif peserta didik sesuai dengan Profil Pelajar Pancasila. Dalam konteks pembelajaran IPAS di sekolah dasar, Kurikulum Merdeka menghendaki pengintegrasian teknologi sebagai bagian dari strategi pedagogis guru. Berdasarkan Undang-Undang Sisdiknas Nomor 20 Tahun 2003, pendidikan nasional bertujuan mengembangkan potensi peserta didik agar menjadi pribadi yang berilmu, kreatif, beriman, dan bertanggung jawab. IPAS sebagai mata pelajaran yang mengintegrasikan sains dan ilmu sosial diarahkan untuk membangun kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah melalui pendekatan ilmiah seperti observasi, eksperimen, dan analisis.

Namun, hasil observasi awal di SD Negeri 42/IV Jambi menunjukkan adanya kesenjangan antara tuntutan kurikulum dan kondisi nyata di lapangan. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang digunakan masih bersifat konvensional dengan minimnya visualisasi dan konten interaktif. Fasilitas laboratorium sains pun belum tersedia secara memadai, sehingga kegiatan praktikum sulit terlaksana. Padahal, peserta didik sekolah dasar saat ini merupakan generasi digital yang lebih responsif terhadap media pembelajaran berbasis teknologi.

Sesuai dengan Permendikbudristek Nomor 12 Tahun 2024, guru memiliki kebebasan merancang perangkat ajar yang kontekstual dan relevan dengan kebutuhan peserta didik. LKPD merupakan salah satu perangkat ajar yang berperan penting dalam memfasilitasi peserta didik menemukan konsep melalui prosedur kerja yang terstruktur (Rahayu et al., 2021). Oleh karena itu, pengembangan LKPD yang mengintegrasikan teknologi menjadi langkah strategis yang perlu diwujudkan. Sejalan dengan Ginting & Sidabutar (2022), LKPD diterapkan oleh guru untuk melatih keterampilan peserta didik menemukan konsep-konsep melalui prosedur kerja dan masalah yang berikan serta cara penyelesaiannya. Agar aktivitas tersebut lebih bermakna dan mendorong peserta didik mengembangkan keterampilan yang sesuai dengan Profil Pelajar Pancasila, LKPD dapat dikembangkan dengan mengintegrasikannya dengan teknologi.

Era Revolusi Industri 4.0 membuka peluang bagi pendidik untuk memanfaatkan teknologi digital dalam pembelajaran, termasuk penggunaan simulasi virtual. Platform *PhET Interactive Simulation* dari University of Colorado Boulder merupakan media pembelajaran berbasis teknologi yang memungkinkan peserta didik melakukan eksplorasi fenomena sains secara interaktif dalam lingkungan virtual yang aman. Landasan teoritis dari teori konstruktivisme Piaget dan Vygotsky serta teori belajar bermakna Ausubel mendukung penggunaan media interaktif ini, karena pembelajaran sains yang efektif memerlukan pengalaman langsung dan keterhubungan antara pengetahuan baru dengan struktur kognitif yang telah dimiliki peserta didik.

Meskipun penelitian sebelumnya telah menunjukkan efektivitas media PhET dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik (Budi et al., 2021) dan pengembangan E-LKPD berbasis Discovery Learning untuk mata pelajaran IPAS (Costadena & Suniasih, 2022), masih terdapat kesenjangan penelitian terkait pengembangan E-LKPD yang secara spesifik mengintegrasikan simulasi virtual PhET untuk materi perubahan bentuk energi di kelas IV

sekolah dasar. Materi ini memerlukan visualisasi dan simulasi yang tepat agar dapat dipahami secara konkret oleh peserta didik.

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, penelitian ini diarahkan untuk menghasilkan suatu produk berupa E-LKPD yang terintegrasi dengan *virtual lab* PhET *Interactive Simulation* dalam konteks pembelajaran IPAS di kelas IV Sekolah Dasar. Pengembangan ini dilakukan sebagai upaya menghadirkan media pembelajaran yang tidak hanya berorientasi pada penyampaian materi, tetapi juga mampu memfasilitasi keterlibatan aktif peserta didik dalam proses belajar. Melalui pemanfaatan simulasi virtual, E-LKPD yang dikembangkan diharapkan dapat meningkatkan kemandirian belajar serta memperkuat pemahaman konsep secara lebih kontekstual dan aplikatif. Selain itu, produk ini diharapkan menjadi alternatif solusi bagi guru dalam merancang pembelajaran yang lebih inovatif, menarik, dan selaras dengan prinsip-prinsip implementasi Kurikulum Merdeka.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian dengan pendekatan campuran atau *mix methods* dan jenis pengembangan atau *Research and Development (R&D)*. Menurut Sugiyono, (2023) Penelitian pengembangan adalah cara ilmiah untuk meneliti, merancang, memproduksi dan menguji validitas produk yang telah dihasilkan, R&D dipilih karena penelitian akan menghasilkan sebuah produk akhir berupa Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik atau E-LKPD. Penelitian pengembangan memiliki model pengembangan sebagai arah dalam proses mengembangkan sebuah produk. Model DDD-E yang terdiri dari *Decide, Design, Develop, dan Evaluate* dipilih sebagai model pengembangan penelitian. Model DDD-E merupakan model pengembangan yang sistematis dan sederhana, terdiri dari empat tahap utama: *Decide* yaitu keputusan dalam menentukan tujuan dan kebutuhan, *Design* atau Rancangan yaitu merancang struktur dan konten, *Develop* atau Pengembangan yaitu membuat elemen media dan tampilan konten, dan *Evaluate* yaitu mengecek seluruh proses desain dan pengembangan untuk memastikan kualitas produk. Setiap tahap DDD-E mendukung proses pengembangan yang terstruktur, mulai dari penentuan kebutuhan, perancangan, pembuatan, hingga evaluasi produk. Model ini dipilih karena dirancang khusus untuk pengembangan produk multimedia pembelajaran dengan alur yang sistematis dan evaluasi yang berlangsung secara berkelanjutan pada setiap fasenya.

Penelitian dilaksanakan di SDN 42/IV Kota Jambi. Subjek penelitian terdiri atas validator ahli yang meliputi ahli media, ahli bahasa, dan ahli materi, serta ahli praktisi yang terdiri atas guru kelas dan peserta didik kelas IV. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini terdiri atas dua jenis, yaitu data kualitatif dan data kuantitatif. Data kualitatif diperoleh dari hasil wawancara bersama guru kelas dan peserta didik, serta dari saran dan masukan yang diberikan oleh para ahli selama proses validasi. Adapun data kuantitatif diperoleh dari skor penilaian validitas E-LKPD yang diberikan oleh validator ahli, serta skor penilaian kepraktisan yang bersumber dari angket respons peserta didik dan guru terhadap E-LKPD selama proses uji coba berlangsung.

Uji coba produk dilaksanakan dalam dua tahap. Uji coba kelompok kecil melibatkan 6 peserta didik kelas IV yang dipilih secara representatif, sedangkan uji coba kelompok besar dilakukan di kelas IV C yang terdiri dari 29 peserta didik. Kelayakan produk E-LKPD dinilai melalui dua aspek, yaitu uji kevalidan dan uji kepraktisan. Data kevalidan bersumber dari lembar penilaian validator ahli menggunakan skala Likert 1–5 yang bisa dilihat pada Tabel 1, dengan nilai kevalidan dihitung menggunakan rumus:

$$Vah = \frac{Tse}{Tsh} \times 100\%$$

Keterangan:

Vah = Validasi ahli

Tse = Total skor yang diperoleh

Tsh = Total skor yang diinginkan

Tabel 1. Kriteria Tingkat Kevalidan

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

Sumber: (Sueca & Sri Rusmiati, 2024)

Selanjutnya uji kepraktisan pada Tabel 2 diperoleh dari angket respons guru dan peserta didik. Angket respons guru menggunakan skala Likert 1–5, sedangkan angket respons peserta didik menggunakan skala Likert 1–4. Persentase kepraktisan dihitung menggunakan rumus:

$$P = \frac{\sum A}{n} \times 100\%$$

Keterangan:

P = Nilai kepraktisan

$\sum A$ = Skor perolehan

n = Skor maksimum

Tabel 2. Kriteria Tingkat Kepraktisan

Persentase (%)	Kategori
76% - 100%	Sangat praktis
51% - 75%	Praktis
26% - 50%	Kurang praktis
0% - 25%	Tidak praktis

Sumber: (Masdar & Lestari, 2021)

E-LKPD dinyatakan valid apabila rata-rata skor validasi mencapai kategori valid atau sangat valid, dan dinyatakan praktis apabila persentase respons positif guru dan peserta didik masing-masing mencapai minimal 70%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penelitian ini menghasilkan produk berupa Elektronik Lembar Kerja Peserta Didik (E-LKPD) terintegrasi virtual lab *PhET Interactive Simulation* pada pembelajaran IPAS Kelas IV Sekolah Dasar. Produk dikembangkan menggunakan model pengembangan DDD-E (*Decide, Design, Develop, Evaluate*) yang dikembangkan oleh Ivers dan Barron, yang dilaksanakan secara sistematis dan terstruktur guna menghasilkan produk yang valid dan praktis. Proses pengembangan E-LKPD ini melalui serangkaian tahapan.

Tahap pertama dalam prosedur pengembangan E-LKPD ini adalah tahap *Decide*, yang merupakan tahap awal untuk menentukan landasan dan arah pengembangan produk secara menyeluruh. Pada tahap ini, pengembang melakukan analisis kebutuhan melalui observasi dan wawancara kepada guru kelas IV C untuk mengidentifikasi permasalahan yang terjadi dalam proses pembelajaran IPAS, khususnya terkait keterbatasan media dan alat praktikum yang tersedia di sekolah. Hasil analisis kurikulum menunjukkan bahwa Kurikulum Merdeka yang diterapkan di sekolah menuntut pembelajaran IPAS yang berbasis inkuiri, eksploratif, dan saintifik, namun LKPD yang digunakan saat ini belum mampu memfasilitasi tuntutan tersebut karena hanya berisi soal pertanyaan tanpa prosedur eksperimen yang terstruktur. Analisis kebutuhan yang bersumber dari wawancara guru dan peserta didik mengungkapkan adanya kesenjangan yang nyata antara harapan pembelajaran yang ideal dengan kondisi perangkat yang tersedia, di mana guru secara eksplisit menyatakan perlunya inovasi baru dalam perangkat pembelajaran IPAS dan peserta didik mengekspresikan keinginan untuk belajar menggunakan media yang lebih interaktif dan menyenangkan. Analisis karakteristik peserta didik menunjukkan bahwa peserta didik kelas IV berada pada tahap operasional konkret yang membutuhkan representasi visual dan pengalaman langsung dalam belajar, telah memiliki kesiapan digital yang memadai dalam mengoperasikan perangkat elektronik, serta memiliki motivasi dan antusias yang tinggi terhadap hal-hal baru. Sementara itu, analisis ketersediaan sumber daya mengungkapkan bahwa sekolah telah memiliki infrastruktur teknologi berupa chromebook dan jaringan internet yang secara teknis kompatibel dengan platform simulasi PhET Interactive Simulation, namun belum memiliki laboratorium fisik yang memadai untuk menunjang kegiatan praktikum yang terstruktur.

Tahap *design* dalam pengembangan E-LKPD difokuskan pada perancangan tampilan yang menarik, interaktif, dan ramah pengguna agar peserta didik lebih mudah mengikuti setiap langkah kegiatan pembelajaran. Integrasi *virtual lab* PhET *Interactive Simulation* diwujudkan melalui penyematan tautan atau *embed* simulasi secara langsung ke dalam lembar kerja digital, sehingga peserta didik dapat melakukan eksplorasi dan percobaan secara virtual tanpa ketergantungan pada alat laboratorium fisik. Pengembangan E-LKPD ini dilengkapi dengan berbagai komponen pendukung, seperti petunjuk penggunaan, tabel data, lembar pengamatan, serta bahan diskusi. Keberadaan komponen tersebut diharapkan mampu mendorong berkembangnya kemampuan berpikir ilmiah peserta didik, baik secara mandiri maupun melalui kerja sama kelompok.

Tahap *Develop* merupakan tahap realisasi dari rancangan yang telah disusun pada tahap *Design*, di mana seluruh komponen E-LKPD diwujudkan menjadi produk nyata berbasis digital yang siap untuk divalidasi dan diujicobakan. Pada tahap ini, peneliti mengembangkan E-LKPD terintegrasi *virtual lab* PhET *Interactive Simulation* secara menyeluruh dengan memperhatikan kesesuaian antara konten materi, tampilan visual, dan ketercapaian tujuan pembelajaran IPAS Kelas IV Sekolah Dasar. Produk E-LKPD dikembangkan dalam format digital menggunakan platform *Liveworksheets* yang memungkinkan peserta didik mengaksesnya melalui perangkat komputer, tablet, maupun telepon pintar. Dengan demikian, E-LKPD ini dirancang agar fleksibel, interaktif, dan dapat digunakan dalam berbagai kondisi pembelajaran, baik tatap muka maupun daring.

Tahap *Evaluate* merupakan tahap akhir dalam model pengembangan DDD-E yang dilaksanakan secara berkelanjutan dan menyeluruh untuk menilai kelayakan serta efektivitas produk E-LKPD yang telah dikembangkan. Evaluasi dilakukan dalam dua bentuk, yaitu evaluasi formatif yang berlangsung selama proses pengembangan dan evaluasi sumatif yang dilaksanakan setelah produk selesai dikembangkan secara keseluruhan. Tujuan utama dari

tahap ini adalah untuk memastikan bahwa produk E-LKPD terintegrasi virtual lab *PhET Interactive Simulation* telah memenuhi standar kelayakan dari segi materi, media, maupun keterlaksanaannya dalam proses pembelajaran IPAS kelas 4 SD.

Proses evaluasi diawali dengan validasi produk oleh para ahli yang terdiri dari ahli materi, ahli media pembelajaran, dan ahli bahasa. Ahli materi menilai kesesuaian konten E-LKPD dengan Capaian Pembelajaran, kedalaman materi, kebenaran konsep ilmiah, serta keterpaduan antara kegiatan dalam lembar kerja dengan simulasi virtual PhET yang digunakan. Ahli media menilai aspek tampilan, kemudahan navigasi, keterbacaan teks, kualitas visual, serta kesesuaian desain produk dengan karakteristik pengguna, yakni peserta didik kelas 4 SD. Sementara itu, ahli bahasa menilai penggunaan bahasa dalam E-LKPD meliputi ketepatan ejaan, kejelasan kalimat, kesesuaian bahasa dengan tingkat perkembangan bahasa peserta didik kelas 4 SD, serta keterbacaan teks secara keseluruhan agar pesan pembelajaran dapat tersampaikan dengan mudah dan efektif kepada peserta didik. Hasil validasi dari ketiga ahli tersebut kemudian dijadikan dasar untuk melakukan revisi dan penyempurnaan produk sebelum diujicobakan kepada peserta didik.

Tabel 3. Hasil Validasi Ahli Media

Aspek	Indikator	Skor Penilaian
Kelayakan Tampilan	Desain sampul E-LKPD terlihat menarik.	4
	Desain sampul E-LKPD sesuai dengan kebutuhan peserta didik.	4
	Tata letak teks tersusun dengan rapi.	5
	Tata letak teks tersusun secara konsisten.	5
	Tata letak gambar tertata dengan rapi.	5
	Tata letak gambar tertata secara konsisten.	5
	Tata letak ilustrasi tertata dengan rapi.	5
	Pemilihan warna sesuai dengan kebutuhan peserta didik.	5
	Pemilihan warna tidak mengganggu keterbacaan peserta didik.	4
	Ukuran huruf sesuai dengan kebutuhan peserta didik.	5
	Jenis huruf mudah dibaca oleh peserta didik.	5
	Desain keseluruhan E-LKPD menarik.	4
Aksesibilitas	Petunjuk teknis penggunaan E LKPD jelas dan mudah dipahami.	5
	E-LKPD mudah diakses di perangkat smartphone.	5
	E-LKPD mudah diakses di perangkat chromebook.	5
	E-LKPD mudah diakses di perangkat laptop.	5
	Link menuju virtual lab PhET mudah diakses dan berfungsi dengan baik.	5
	Instruksi untuk mengoperasikan virtual lab PhET jelas dan mudah diikuti.	5

	Secara keseluruhan, E-LKPD mudah dioperasikan.	5
	E-LKPD dapat digunakan berulang ulang.	5
Penyajian Konten	Secara visual, gambar pada video terlihat jelas.	5
	Secara audio, suara pada video terdengar jelas.	4
Jumlah Skor		105

Berdasarkan tabel 3 hasil uji validasi ahli media terhadap E-LKPD, diperoleh total skor 105. Seluruh indikator penilaian mendapatkan skor yang tinggi, yaitu antara 4 hingga 5, yang mencerminkan bahwa tidak ada aspek media yang dinilai buruk atau perlu perbaikan mendasar oleh ahli media. Tata letak teks, gambar, dan ilustrasi dinilai tersusun dengan rapi dan konsisten, ukuran serta jenis huruf mudah dibaca, dan petunjuk penggunaan dinilai jelas serta mudah dipahami. Di samping itu, E-LKPD mampu diakses dengan baik di berbagai perangkat seperti smartphone, chromebook, dan laptop, serta tautan menuju virtual lab PhET berfungsi dengan baik, sehingga menunjukkan bahwa media ini dirancang secara matang dan mempertimbangkan kebutuhan serta kemudahan peserta didik dalam proses pembelajaran.

Tabel 4. Hasil Validasi Ahli Materi

Aspek	Indikator	Tahap 1	Tahap 2
Kesesuaian dengan kurikulum	Kesesuaian materi dengan capaian pembelajaran IPAS kelas IV	4	4
	Kesesuaian materi dengan tujuan pembelajaran IPAS kelas IV	4	4
	Kesesuaian tujuan pembelajaran dengan capaian pembelajaran	5	5
Kelayakan penyajian isi	Penyajian materi jelas dan runtut	4	4
	Penyajian materi tidak menimbulkan makna ganda	4	4
	Kesesuaian materi dengan aktivitas simulasi <i>PhET</i>	4	4
	Kemenarikan materi	5	5
	Kelengkapan materi	4	4
	Kejelasan petunjuk penggunaan	2	5
	Kejelasan instruksi pengoperasian simulai PhET	4	4
	Kesesuaian penjaian video dengan materi	5	5
	Penyajian gambar mendukung materi pembelajaran	4	4
	Kesesuaian bahan diskusi dengan materi	4	4
	Penyajian materi jelas dan runtut	4	4
Jumlah		57	60

Berdasarkan hasil uji validasi ahli materi, E-LKPD dilakukan dalam dua tahap penilaian dengan total skor 57 pada tahap 1 dan meningkat menjadi 60 pada tahap 2. Peningkatan ini terjadi karena adanya perbaikan pada indikator kejelasan petunjuk penggunaan, yang

sebelumnya mendapat skor rendah yaitu 2 pada tahap 1, kemudian meningkat signifikan menjadi 5 pada tahap 2 setelah dilakukan revisi. Penilaian mencakup dua aspek utama, yaitu kesesuaian dengan kurikulum dan kelayakan penyajian isi, di mana seluruh indikator seperti kesesuaian materi dengan capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, kemenarikan materi, kesesuaian dengan simulasi PhET, serta penyajian video dan gambar mendapatkan skor yang baik pada kedua tahap. Hal ini menunjukkan bahwa setelah melalui proses revisi, E-LKPD telah memenuhi standar kelayakan materi dan dinyatakan valid untuk digunakan sebagai media pembelajaran IPAS kelas IV.

Tabel 5. Hasil Validasi Ahli Bahasa

Aspek	Indikator	Skor Penilaian
Keterbacaan	Pemilihan kata yang tepat, efektif, dan sesuai dengan konteks.	5
	Penggunaan tanda baca yang tepat.	5
	Penggunaan huruf kapital yang tepat.	5
	Kalimat yang digunakan sederhana.	5
	Kalimat yang digunakan mudah dipahami.	5
	Kalimat disajikan dengan jelas.	5
	Kalimat yang disajikan tidak terlalu panjang	5
	Kalimat yang disajikan tidak kompleks.	5
	Kalimat yang digunakan sesuai dengan kaidah tata bahasa Indonesia yang benar (SPOK).	5
Kebahasaan	Penggunaan ejaan sesuai dengan Pedoman Umum Ejaan Bahasa Indonesia (PEUBI).	4
	Istilah yang dipakai sesuai dengan Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI).	5
	Bahasa yang digunakan sesuai tingkat perkembangan peserta didik	5
	Bahasa yang digunakan baku dan komunikatif.	5
	Penggunaan bahasa pada materi dalam E-LKPD mudah dipahami.	5
	Bahasa yang digunakan tidak mengandung unsur SARA dan tidak diskriminatif.	5
Jumlah		74

Berdasarkan hasil uji validasi ahli bahasa, E-LKPD memperoleh total skor 74 dari skor maksimal 75, yang mencerminkan tingkat kevalidan bahasa yang sangat tinggi. Penilaian mencakup dua aspek utama, yaitu keterbacaan dan kebahasaan, di mana hampir seluruh indikator mendapatkan skor sempurna 5, kecuali pada indikator kesesuaian ejaan dengan Pedoman Umum Ejaan Bahasa Indonesia (PUEBI) yang mendapat skor 4. Hasil ini menunjukkan bahwa bahasa yang digunakan dalam E-LKPD telah disusun secara cermat dan sesuai dengan kaidah kebahasaan yang berlaku, sehingga dapat disimpulkan bahwa E-LKPD dinyatakan Sangat Valid dari segi bahasa dan layak digunakan sebagai media pembelajaran tanpa memerlukan revisi yang berarti.

Tabel 6. Hasil Uji Validitas E-LKPD Terintegrasi *PhET Interactive Simulation* oleh Validator

No	Validator	Skor perolehan	Skor Maksimal	Persentase	Kategori
1.	Ahli Media	105	110	95,45%	Sangat Valid
2.	Ahli Materi	60	70	85,71%%	Sangat Valid
3.	Ahli Bahasa	74	75	98,66%	Sangat Valid

Setelah proses validasi dan revisi selesai dilakukan, produk E-LKPD selanjutnya diujicobakan kepada peserta didik melalui uji coba kelompok kecil, dan uji coba kelompok besar untuk memperoleh data yang komprehensif mengenai respons dan pengalaman belajar peserta didik.

Tabel 7. Hasil Uji Coba Kepada Peserta Didik

No	Uji Coba	Skor Rata-rata (%)
1.	Uji Coba Kelompok Kecil	87,20%
2.	Uji Coba Kelompok Besar	90,27%

Berdasarkan hasil uji coba yang dilakukan pada peserta didik, E-LKPD menunjukkan hasil yang sangat memuaskan pada kedua tahap pengujian. Penilaian pada kedua tahap uji coba ini diperoleh melalui angket respon peserta didik yang diisi langsung oleh peserta didik setelah menggunakan E-LKPD, sehingga hasil yang diperoleh mencerminkan penilaian yang autentik dan subjektif dari sudut pandang pengguna langsung media tersebut. Pada uji coba kelompok kecil, diperoleh skor rata-rata sebesar 87,20%, yang sudah masuk dalam kategori sangat baik dan mengindikasikan bahwa peserta didik dalam skala terbatas mampu memahami dan menggunakan E-LKPD dengan baik. Kemudian pada uji coba kelompok besar, skor rata-rata meningkat menjadi 90,27%, yang menunjukkan bahwa E-LKPD tidak hanya efektif pada kelompok kecil, tetapi juga mampu mempertahankan bahkan meningkatkan kualitasnya ketika diujicobakan kepada lebih banyak peserta didik.

Hasil uji coba menunjukkan bahwa peserta didik memberikan respons yang sangat positif terhadap penggunaan E-LKPD, ditandai dengan meningkatnya motivasi belajar, keaktifan dalam mengikuti kegiatan simulasi, serta pemahaman konsep yang lebih baik. Secara keseluruhan, tahap *Evaluate* membuktikan bahwa E-LKPD terintegrasi virtual lab *PhET Interactive Simulation* yang dikembangkan valid dan layak digunakan sebagai media pembelajaran IPAS di kelas 4 SD, serta mampu menciptakan pengalaman belajar yang bermakna, menyenangkan, dan sesuai dengan kebutuhan peserta didik di era digital.

Pembahasan

Tahap *decide* dalam penelitian ini tidak hanya berfungsi sebagai langkah awal identifikasi kebutuhan, tetapi juga menjadi fondasi konseptual dalam merumuskan arah pengembangan produk secara komprehensif. Temuan lapangan menunjukkan bahwa pembelajaran IPAS masih didominasi oleh pendekatan konvensional yang kurang memberikan ruang bagi peserta didik untuk mengalami proses ilmiah secara langsung. Kondisi ini bertentangan dengan karakteristik pembelajaran IPAS dalam Kurikulum Merdeka yang

menuntut integrasi antara pengetahuan konseptual dan pengalaman empiris (Rahmawati et al., 2023). Selain itu, keterbatasan sarana laboratorium fisik menyebabkan kegiatan eksperimen tidak dapat dilaksanakan secara optimal, sehingga peserta didik mengalami kesulitan dalam membangun pemahaman konseptual yang mendalam. Dalam perspektif teknologi pendidikan, pemanfaatan *virtual laboratory* menjadi alternatif strategis untuk mengatasi keterbatasan tersebut, karena mampu menyajikan simulasi eksperimen secara interaktif, aman, dan fleksibel (Fauza et al., 2025). Dengan demikian, pengembangan E-LKPD terintegrasi PhET merupakan respons inovatif terhadap kebutuhan pembelajaran yang adaptif terhadap perkembangan teknologi dan tuntutan kurikulum.

Tahap *design* memperlihatkan bahwa perancangan E-LKPD tidak hanya menitikberatkan pada aspek visual, tetapi juga pada konstruksi pengalaman belajar yang bermakna. Struktur E-LKPD dirancang secara sistematis mulai dari orientasi masalah, kegiatan eksplorasi berbasis simulasi, hingga refleksi konseptual. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip pembelajaran berbasis *problem solving* dan *discovery learning* yang terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan berpikir kritis peserta didik (Costadena & Suniasih, 2022; Pratama & Simamora, 2024). Integrasi PhET dalam desain E-LKPD memungkinkan peserta didik melakukan manipulasi variabel secara langsung dalam lingkungan virtual, sehingga proses pembelajaran menjadi lebih eksploratif dan konstruktif. Hal ini didukung oleh penelitian Rahayu et al. (2021) yang menyatakan bahwa E-LKPD berbasis *higher order thinking skills* mampu meningkatkan kualitas pembelajaran melalui aktivitas yang menuntut analisis, evaluasi, dan sintesis. Dengan demikian, desain E-LKPD dalam penelitian ini tidak hanya berfungsi sebagai media bantu, tetapi juga sebagai instrumen pedagogis yang mendorong pembelajaran aktif.

Pada tahap *develop*, hasil validasi menunjukkan bahwa E-LKPD yang dikembangkan memiliki tingkat kevalidan yang sangat tinggi dari berbagai aspek. Validasi media yang mencapai 95,45% menunjukkan bahwa desain visual, navigasi, dan aksesibilitas telah memenuhi standar kelayakan media pembelajaran digital. Temuan ini sejalan dengan penelitian Hajati et al. (2025) yang menegaskan bahwa media pembelajaran berbasis PhET yang dikemas secara interaktif mampu meningkatkan daya tarik dan keterlibatan peserta didik. Validasi materi yang mencapai 85,71% menunjukkan bahwa konten E-LKPD telah sesuai dengan capaian pembelajaran dan memiliki kedalaman materi yang memadai. Hal ini diperkuat oleh penelitian Ginting & Sidabutar (2022) yang menyatakan bahwa LKPD berbantuan PhET efektif dalam membantu peserta didik memahami konsep energi dan perubahannya melalui pengalaman belajar yang terstruktur. Sementara itu, validasi bahasa sebesar 98,66% menunjukkan bahwa penggunaan bahasa dalam E-LKPD telah sesuai dengan kaidah kebahasaan serta tingkat perkembangan kognitif peserta didik. Kejelasan bahasa menjadi faktor penting dalam memastikan bahwa pesan pembelajaran dapat diterima secara optimal oleh peserta didik.

Hasil uji coba menunjukkan bahwa E-LKPD tidak hanya valid secara teoritis, tetapi juga praktis dan efektif dalam implementasi pembelajaran. Peningkatan skor dari 87,20% pada uji coba kelompok kecil menjadi 90,27% pada uji coba kelompok besar menunjukkan adanya konsistensi kualitas produk dalam skala yang lebih luas. Respons positif peserta didik mencerminkan bahwa penggunaan E-LKPD mampu meningkatkan motivasi belajar, keterlibatan aktif, serta pemahaman konsep. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Mallari & Lumanog (2020) serta Yunzal Jr & Casinillo (2020) yang menyatakan bahwa penggunaan PhET secara signifikan meningkatkan performa akademik peserta didik. Selain itu, penggunaan simulasi virtual juga terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan pemecahan masalah

dan berpikir ilmiah (Mashami et al., 2023). Integrasi PhET dalam E-LKPD memungkinkan peserta didik melakukan eksplorasi konsep secara mandiri, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna dan tidak sekadar bersifat hafalan.

Lebih lanjut, efektivitas E-LKPD dalam meningkatkan pemahaman konsep dapat dijelaskan melalui pendekatan konstruktivisme, di mana peserta didik membangun pengetahuan melalui interaksi langsung dengan lingkungan belajar. Penelitian Rahmawati et al. (2022) menunjukkan bahwa penggunaan PhET dalam pembelajaran sains mampu meningkatkan pemahaman konseptual secara signifikan karena memberikan representasi visual yang konkret terhadap konsep abstrak. Selain itu, penggunaan PhET juga berpengaruh terhadap sikap dan minat belajar peserta didik, sebagaimana dikemukakan oleh Salame & Makki (2021) bahwa simulasi interaktif dapat meningkatkan *engagement* dan sikap positif terhadap pembelajaran sains. Hal ini menunjukkan bahwa E-LKPD yang dikembangkan tidak hanya berdampak pada aspek kognitif, tetapi juga afektif peserta didik.

Integrasi PhET dalam E-LKPD juga memperkuat keterkaitan antara teori dan praktik dalam pembelajaran IPAS. Penelitian Rahmani et al. (2025) menegaskan bahwa integrasi teknologi simulasi dalam LKPD merupakan inovasi yang mampu menjembatani kesenjangan antara konsep teoritis dan pengalaman empiris. Selain itu, penggunaan PhET dalam berbagai model pembelajaran seperti *project-based learning* dan *predict-observe-explain* terbukti mampu meningkatkan kreativitas ilmiah dan kemampuan analisis peserta didik (Mutmainnah et al., 2025; Tsabitah et al., 2025). Hal ini menunjukkan bahwa E-LKPD yang dikembangkan memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut dalam berbagai pendekatan pembelajaran inovatif.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengembangan E-LKPD terintegrasi PhET Interactive Simulation merupakan inovasi yang relevan dan efektif dalam mendukung pembelajaran IPAS di sekolah dasar. Produk yang dihasilkan tidak hanya memenuhi aspek validitas dan kepraktisan, tetapi juga memberikan dampak positif terhadap kualitas pembelajaran. Temuan ini memperkuat urgensi pemanfaatan teknologi digital dalam pendidikan dasar sebagai upaya meningkatkan kualitas pembelajaran yang adaptif, interaktif, dan bermakna di era digital.

KESIMPULAN

Berdasarkan keseluruhan hasil uji yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa E-LKPD yang dikembangkan telah memenuhi standar kelayakan sebagai media pembelajaran IPAS kelas IV secara komprehensif. Hasil uji validasi ahli media menunjukkan persentase kevalidan sebesar 95,45% dengan kategori Sangat Valid, yang mencerminkan bahwa E-LKPD telah dirancang dengan baik dari segi desain, tata letak, tipografi, dan aksesibilitas di berbagai perangkat. Hasil uji validasi ahli materi menunjukkan adanya peningkatan skor dari 57 pada tahap 1 menjadi 60 pada tahap 2 dan memperoleh hasil akhir sebesar 85,71% setelah dilakukan revisi, yang membuktikan bahwa materi yang disajikan telah sesuai dengan kurikulum, capaian pembelajaran, serta tujuan pembelajaran IPAS kelas IV. Hasil uji validasi ahli bahasa memperoleh nilai 98,66% yang menandakan bahwa bahasa yang digunakan dalam E-LKPD telah memenuhi kaidah kebahasaan yang benar, komunikatif, dan sesuai dengan tingkat perkembangan peserta didik. Adapun hasil uji coba pada peserta didik melalui angket respon menunjukkan skor rata-rata sebesar 87,20% pada uji coba kelompok kecil dan meningkat menjadi 90,27% pada uji coba kelompok besar, yang mengindikasikan bahwa E-LKPD diterima dengan sangat baik oleh peserta didik dan efektif digunakan dalam proses pembelajaran. Dengan demikian, berdasarkan penilaian dari ahli media, ahli materi, ahli

bahasa, serta respon peserta didik, E-LKPD yang dikembangkan dinyatakan valid, layak, dan efektif untuk digunakan sebagai media pembelajaran IPAS kelas IV.

DAFTAR PUSTAKA

- Budi, A. S., Sari, S. W., Sanjaya, L. A., Wibowo, F. C., Astra, I. M., Puspa, R. W., Misbah, M., Prahani, B. K., & Pertiwi, W. A. (2021). PhET-assisted electronic student worksheets of physics (eSWoP) on heat for inquiry learning during covid. *Journal of Physics: Conference Series*, 2104(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2104/1/012030>
- Costadena, M. P., & Suniasih, N. W. (2022). E-LKPD interaktif berbasis discovery learning pada muatan IPA materi ekosistem. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pendidikan*, 6(2), 180-190. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JJL/article/view/45848>
- Fauza, N., Rahmad, M., Syaflita, D., & Nor, M. (2025). Optimalisasi Pemanfaatan Virtual Laboratory dalam Pembelajaran IPA Fisika. *Aksiologi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 9(1), 14-24. <https://doi.org/10.30651/aks.v9i1.15981>
- Ginting, F. B., & Sidabutar, H. (2022). Development of LKPD assisted by phet simulation on material form of energy and their changes to improve creative thinking ability of students at SMP Negeri 2 Sunggal. *Learning*, 1(9). <https://jurnal.arkainstitute.co.id/index.php/educenter/index>
- Hajati, K., Lutfin, N. A., & Rahmadi, F. (2025). Pengembangan E-LKPD flipbook berbasis virtual laboratory PhET guna meningkatkan minat belajar fisika. *JIPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah)*, 9(2), 110–122. <https://doi.org/10.30599/jipfri.v9i2.4808>
- Liswar, F., Hidayati, A., Rayendra, R., & Yeni, F. (2023). The use of PhET interactive simulation software in physics learning. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(Special Issue), 135–142. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9iSpecialIssue.5982>
- Mallari, R. L., & Lumanog, G. D. (2020). The effectiveness of integrating PhET interactive simulation-based activities in improving the student's academic performance in science. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 8(9), 1150–1153. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2020.31708>
- Mashami, R. A., Kurniasih, Y., & Khery, Y. (2023). Use of PhET simulations as a virtual laboratory to improve students' problem solving skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(12), 11455–11465. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i12.6549>
- Masdar, M., & Lestari, N. (2021). Pengembangan lembar kerja peserta didik berbasis problem based learning pada mata pelajaran matematika materi penjumlahan kelas II SD. *Pedagogi: Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 8(1), 16–21. <https://doi.org/10.47662/pedagogi.v8i1.239>
- Mutmainnah, M., Fadilah, N., & Sumo, M. (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. <https://journal.edupartnerpublishing.co.id/index.php/epistemic/article/view/250>
- Pratama, S. A., & Simamora, A. H. (2024). E-LKPD sebagai Bahan Ajar Pembelajaran Berpendekatan Problem Learning dalam Muatan IPAS Sekolah Dasar. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Sains dan Humaniora*, 8(2), 242-251. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JPPSH/article/view/82410>
- Rahayu, S., Ladamay, I., Wiyono, B. B., Susanti, R. H., & Purwito, N. R. (2021). Electronics

- student worksheet based on higher order thinking skills for grade IV elementary school. *International Journal of Elementary Education*, 5(2), 453. <https://doi.org/10.23887/ijee.v5i3.36518>
- Rahmani, A. I., Munandar, A., & Sundari, D. T. (2025). Integration of PhET simulation technology in LKPD: An innovative solution to improve students' understanding of physics concepts. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*, 13(1), 27–37. <https://doi.org/10.24252/jpf.v13i1.53679>
- Rahmawati, D. Y., Wening, A. P., Sukadari, S., & Rizbudiani, A. D. (2023). Implementasi kurikulum merdeka pada mata pelajaran IPAS sekolah dasar. *Jurnal basicedu*, 7(5), 2873–2879. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v7i5.5766>
- Rahmawati, Y., Hartanto, O., Falani, I., & Iriyadi, D. (2022). Students' conceptual understanding in chemistry learning using PhET interactive simulations. *Journal of Technology and Science Education*, 12(2), 303–326. <https://doi.org/10.3926/jotse.1597>
- Salame, I. I., & Makki, J. (2021). Examining the use of PhET simulations on students' attitudes and learning in general chemistry II. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education*, 17(4), e2247. <https://doi.org/10.21601/ijese/10966>
- Sueca, I. N., & Sri Rusmiati, N. K. (2024). Pengembangan bahan cerita anak berbasis kearifan lokal dalam kegiatan literasi di SD Negeri 1 Rendang. *Dharmas Education Journal (DE Journal)*, 5(1), 104–116. <https://doi.org/10.56667/dejournal.v5i1.1235>
- Sugiyono. (2023). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D* (Sutopo (Ed.); 5th ed.). Alfabeta.
- Tsabitah, N. N., Muksin, M., & Muslim, S. (2025). Pengembangan E-LKPD (elektronik lembar kerja peserta didik) berbasis model pembelajaran POE (predict-observe-explain) menggunakan PhET simulation pada mata pelajaran dasar-dasar ketenagalistrikan di SMKN 55 Jakarta. *Risenologi*, 10(1), 98–108. <https://doi.org/10.21009/risenologi.101.10>
- Yunzal Jr, A. N., & Casinillo, L. F. (2020). Effect of physics education technology (PhET) simulations: Evidence from STEM students' performance. *Journal of Education Research and Evaluation*, 4(3), 221–226. <https://doi.org/10.23887/jere.v4i3.27450>