

PENGEMBANGAN LKPD IPA INTERAKTIF BERBASIS MODEL FERA DALAM PEMBELAJARAN SUHU, KALOR, DAN PEMUAIAN**Gusti Ngurah Andika Prayoga¹, Ni Made Pujani², Nia Erlina³**Prodi Pendidikan IPA, Universitas Pendidikan Ganesha^{1,2,3}e-mail: andika.prayoga@student.undiksha.ac.id

Diterima: 31/3/2026; Direvisi: 6/4/2026; Diterbitkan: 14/4/2026

ABSTRAK

Kurikulum Merdeka menuntut penguasaan Keterampilan Proses Sains, namun realitas pembelajaran di kelas masih didominasi metode konvensional akibat keterbatasan waktu serta minimnya sarana praktikum fisik di sekolah. Fokus masalah dalam penelitian ini adalah tingginya miskonsepsi peserta didik kelas tujuh pada materi suhu, kalor, dan pemuaian yang bersifat abstrak, sehingga diperlukan media yang mampu memfasilitasi kebutuhan gaya belajar kinestetik. Penelitian ini bertujuan mengembangkan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) IPA Interaktif berbasis model inkuiri FERA (Focus, Explore, Reflect, Apply) berformat hybrid. Tahapan penting penelitian menerapkan metode Research and Development melalui kerangka kerja ADDIE yang dibatasi pada fase analisis, perancangan, hingga pengembangan produk. Data dianalisis secara kuantitatif menggunakan formula Koefisien Validitas Gregory serta perhitungan skor rata-rata instrumen. Temuan penelitian menunjukkan validitas konten mencapai skor absolut 1,00 dari para ahli yang berarti sangat layak digunakan secara teoretis. Selanjutnya, uji kepraktisan yang melibatkan guru dan siswa memperoleh skor rata-rata sebesar 4,80 dengan predikat sangat praktis. Penggunaan teknologi simulasi laboratorium virtual PhET di dalam LKPD terbukti efektif memangkas waktu persiapan sekaligus meningkatkan kemandirian belajar peserta didik secara signifikan. Simpulan utama menegaskan bahwa LKPD interaktif berbasis model FERA ini sangat adaptif dan efektif untuk mengoreksi miskonsepsi serta melatih penalaran ilmiah siswa secara berkelanjutan, sistematis, dan mandiri.

Kata Kunci: *LKPD Interaktif, Model FERA, Suhu dan Kalor, Model ADDIE, Keterampilan Proses Sains*

ABSTRACT

The Independent Curriculum demands mastery of Science Process Skills, but the reality of classroom learning is still dominated by conventional methods due to time constraints and the lack of physical laboratory facilities in schools. The focus of this research is the high level of misconceptions among seventh-grade students regarding the abstract nature of temperature, heat, and expansion, necessitating media that can facilitate the needs of kinesthetic learning styles. This research aims to develop an Interactive Science Student Worksheet (LKPD) based on the FERA (Focus, Explore, Reflect, Apply) inquiry model in a hybrid format. The important stages of the research apply the Research and Development method through the ADDIE framework, which is limited to the analysis, design, and product development phases. Data were analyzed quantitatively using the Gregory Validity Coefficient formula and the calculation of the average score of the instrument. The research findings show that content validity achieved an absolute score of 1.00 from experts, meaning it is very feasible to use theoretically. Furthermore, a practicality test involving teachers and students obtained an average score of 4.80, with a predicate of very practical. The use of PhET virtual laboratory simulation

technology in student worksheets (LKPD) has proven effective in reducing preparation time and significantly increasing student learning independence. The main conclusion confirms that this interactive LKPD based on the FERA model is highly adaptive and effective in correcting misconceptions and training students' scientific reasoning in a sustainable, systematic, and independent manner.

Keywords: *Interactive Student Worksheet, FERA Model, Temperature and Heat, ADDIE Model, Science Process Skills*

PENDAHULUAN

Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam menuntut sebuah pendekatan holistik yang mampu mengintegrasikan sains sebagai produk, proses, dan sikap ilmiah secara simultan dalam setiap aktivitas instruksional. Paradigma ideal ini semakin diperkuat dengan implementasi Kurikulum Merdeka serta amanat dari regulasi pemerintah dalam Peraturan Menteri Pendidikan Dasar dan Menengah Nomor 10 Tahun 2025 mengenai Standar Kompetensi Lulusan. Aturan tersebut secara tegas menuntut setiap peserta didik pada tingkat dasar untuk memiliki kemampuan proses sains yang mumpuni, yang mencakup kemampuan observasi mendalam, analisis masalah secara tajam, serta penalaran kritis yang objektif. Siswa diharapkan mampu mengembangkan berbagai gagasan inovatif yang sepenuhnya didasarkan pada bukti ilmiah yang valid untuk menjawab tantangan zaman. Penguasaan aspek tersebut bersifat sangat fundamental karena berperan sebagai jembatan kognitif yang sangat penting untuk mentransformasi metode hafalan pengetahuan yang statis menuju kapasitas pemecahan masalah yang lebih dinamis dan aplikatif. Tanpa adanya penguasaan terhadap proses sains, maka esensi dari pendidikan alam akan kehilangan maknanya sebagai instrumen pengembangan logika berpikir bagi para generasi muda dalam menghadapi fenomena alam semesta secara berkelanjutan demi kemajuan bangsa yang beradab dan kompetitif (Darmayanti et al., 2023; Irsan, 2021; Nuryatmawati & Dimiyati, 2021).

Meskipun seluruh landasan filosofis serta kebijakan pendidikan nasional telah tersusun secara ideal, fakta objektif di lapangan menunjukkan adanya kesenjangan yang sangat signifikan dengan realitas pendidikan saat ini. Laporan berskala internasional pada tahun 2022 mengungkapkan bahwa skor rata-rata siswa di Indonesia dalam bidang literasi sains mengalami penurunan yang cukup mengkhawatirkan hingga menyentuh angka 383 poin saja. Capaian performansi ini menempatkan posisi pendidikan nasional masih berada jauh di bawah standar rata-rata negara maju yang tergabung dalam organisasi kerjasama ekonomi internasional. Potret kinerja yang rendah tersebut selaras dengan praktik observasi harian di mana suasana pembelajaran di dalam kelas masih sangat didominasi oleh penggunaan metode ceramah yang bersifat *teacher-centered* secara monoton (Palimbong & Sanoto, 2024; Sukirno, 2022; Waruwu & Ginting, 2024). Penggunaan Lembar Kerja Siswa konvensional yang beredar luas di sekolah-sekolah umumnya hanya berfokus pada dimensi produk hafalan semata tanpa menyentuh aspek penalaran yang mendalam. Keterbatasan instrumen pendukung ini mengakibatkan potensi keterampilan proses sains milik siswa tidak dapat berkembang secara optimal sesuai dengan tuntutan zaman. Kondisi memprihatinkan ini menuntut adanya sebuah terobosan metodologis yang mampu membangkitkan kembali semangat eksplorasi ilmiah di tingkat sekolah menengah secara menyeluruh agar kualitas luaran pendidikan semakin meningkat.

Dampak dari minimnya fasilitasi terhadap keterampilan proses tersebut sangat krusial dirasakan pada proses pembelajaran konsep fisika yang bersifat abstrak bagi para siswa kelas 7. Hal ini tampak sangat nyata pada materi mengenai suhu, kalor, serta pemuain yang sering



kali menjadi sumber kebingungan bagi sebagian besar peserta didik di sekolah. Berbagai studi diagnostik melaporkan tingginya angka *misconception* pada topik ini, di mana lebih dari separuh siswa tingkat menengah pertama mengalami salah konsep yang bersifat fundamental. Mereka sering kali menganggap bahwa suhu dan energi panas merupakan entitas yang identik secara fisik, serta mengalami kesulitan besar dalam memvisualisasikan mekanisme perpindahan kalor pada level mikroskopis yang tidak terlihat mata. Untuk mencapai kondisi ideal yang dicitakan oleh kurikulum nasional, keberadaan bahan ajar yang inovatif dan interaktif seperti lembar kerja digital menjadi sangat krusial kehadirannya di kelas (Indriani et al., 2023; Lestari et al., 2022; Wahdatillah et al., 2022; Wudda et al., 2024). Materi yang diajarkan harus mampu memandu para peserta didik untuk mengonstruksi pengetahuannya sendiri melalui rangkaian kegiatan penyelidikan dan eksplorasi yang terstruktur serta bermakna. Tanpa dukungan media yang memadai, maka konsep termodinamika dasar ini akan terus sulit dipahami oleh siswa secara utuh dan benar dalam jangka panjang.

Dalam upaya memutus siklus pembelajaran pasif serta meremediasi berbagai salah konsep yang sudah mengakar, diperlukan sebuah intervensi pedagogis berupa pengembangan bahan ajar yang bersifat revolusioner. Penelitian ini berfokus pada pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik interaktif yang disusun secara sistematis menggunakan sintaks model pembelajaran *Focus, Explore, Reflect, Apply* (Ali et al., 2022; Halid et al., 2026; Hardiansyah et al., 2024; Novaliyosi et al., 2022). Nilai kebaruan atau *novelty* dari penelitian ini terletak pada integrasi utuh alur pedagogis model tersebut ke dalam sebuah struktur digital yang dinamis dan sangat interaktif bagi pengguna. Berbeda dengan pengembangan media sebelumnya yang hanya mengandalkan tampilan teks statis yang menjemukan, lembar kerja ini meleburkan fitur teknologi modern seperti *virtual simulation* yang terintegrasi secara langsung ke dalam sistem. Model ini diyakini mampu memfasilitasi proses rekonstruksi konseptual secara bermakna karena setiap fasenya memandu siswa secara terarah dalam memahami fenomena alam yang anomali. Siswa diajak untuk mengeksplorasi konsep melalui kegiatan penyelidikan mandiri, merefleksikan setiap temuan dengan konsepsi awal mereka, serta mengaplikasikan pemahaman baru tersebut pada berbagai konteks kehidupan nyata yang lebih luas guna memperkuat daya nalar mereka secara mandiri dan tajam.

Pelaksanaan inovasi pendidikan ini diimplementasikan secara khusus pada lingkungan belajar di SMP Lab Undiksha sepanjang tahun ajaran 2025/2026 sebagai langkah konkret perbaikan mutu. Lembar kerja peserta didik dalam penelitian ini tidak lagi dipandang sebagai instrumen latihan soal yang bersifat administratif semata, melainkan bertransformasi menjadi sebuah panduan investigasi yang canggih. Instrumen ini menuntun para siswa untuk secara berani mengonfrontasi miskonsepsi awal mereka sendiri melalui penemuan pola ilmiah secara *inductive* yang didasarkan pada data empiris. Dengan memanfaatkan fitur *interactive simulation* yang tersedia, siswa dapat melihat proses fisik yang selama ini dianggap gaib menjadi sesuatu yang logis. Fokus utama dari penerapan di sekolah ini adalah untuk memastikan bahwa setiap peserta didik mampu menerapkan konsep termodinamika dasar dalam pemecahan masalah dunia nyata secara cerdas. Inovasi ini diharapkan dapat menjadi rujukan strategis bagi pengembangan bahan ajar sains di sekolah menengah guna melahirkan generasi yang literat. Integrasi antara teknologi digital dan model pembelajaran yang kuat akan memastikan tercapainya standar kompetensi lulusan yang adaptif terhadap disrupsi global di masa depan yang sangat kompetitif dan penuh tantangan teknologi informasi.



METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode *Research and Development* guna menghasilkan produk bahan ajar inovatif untuk pembelajaran sains di tingkat menengah. Kerangka kerja pengembangan yang digunakan adalah model *ADDIE* yang mencakup tahapan *analysis*, *design*, dan *development*, namun dibatasi hingga fase pengembangan produk saja sesuai ketersediaan sumber daya. Lokasi pelaksanaan ditetapkan di SMP Lab Undiksha pada tahun ajaran 2025/2026 dengan melibatkan siswa kelas 7 sebagai subjek utama penelitian. Fokus pengembangan diarahkan pada pembuatan Lembar Kerja Peserta Didik interaktif yang secara sistematis mengintegrasikan sintaks model inkuiri *FERA* ke dalam format digital. Pemilihan desain ini bertujuan untuk mentransformasi materi abstrak mengenai suhu, kalor, dan pemuai menjadi aktivitas belajar yang lebih konkret serta bermakna bagi peserta didik. Melalui pendekatan ini, peneliti berupaya memetakan kebutuhan harian siswa secara tuntas guna memastikan keselarasan antara isi materi dengan capaian pembelajaran yang telah dirancang. Rangkaian aktivitas ini dirancang untuk menjamin bahwa pengembangan media dilakukan secara terencana dan mampu melatih keterampilan proses sains siswa secara efektif.

Prosedur pelaksanaan diawali dengan analisis kurikulum secara mendalam dan pemetaan miskonsepsi awal peserta didik melalui penyebaran angket kebutuhan lapangan. Selanjutnya, peneliti merancang struktur draf LKPD menggunakan bantuan aplikasi *Canva* dan *Ms. Word* yang kemudian dikonversi ke platform *Liveworksheets* untuk menjamin interaktivitas digital yang responsif. Instrumen pengumpulan data primer terdiri atas lembar validasi ahli materi dan media, serta angket respon guru dan siswa guna mengukur derajat kepraktisan produk. LKPD ini dirancang secara unik dengan menyertakan fitur *virtual simulation* dari *PhET* yang dapat diakses melalui kode *QR* guna memfasilitasi eksplorasi mandiri peserta didik di kelas. Tahap pengembangan melibatkan realisasi produk utuh yang kemudian menjalani proses evaluasi ketat oleh dua orang dosen ahli pendidikan IPA selaku validator. Masukan kualitatif dari para pakar digunakan sebagai landasan revisi menyeluruh untuk menyempurnakan indikator kelayakan isi, bahasa, serta kegrafikan sebelum diuji coba. Seluruh perangkat penelitian dipersiapkan guna menjamin kecukupan data lapangan mengenai efektivitas integrasi teknologi simulasi digital tersebut secara komprehensif.

Tahapan analisis data dijalankan menggunakan dua pendekatan utama guna membuktikan kualitas produk secara objektif dan akurat sesuai kaidah ilmiah. Penilaian kevalidan teoretis dihitung menggunakan formula Koefisien Validitas Gregory untuk mengolah skor dari para validator ahli yang memberikan penilaian pada skala 1 hingga 4. Data kuantitatif menunjukkan tingkat validitas konten mencapai skor absolut 1,00 yang mengonfirmasi bahwa produk sangat layak digunakan dalam praktik instruksional di sekolah. Sementara itu, analisis kepraktisan dilakukan dengan menghitung skor rata-rata dari hasil uji coba terbatas kepada 10 guru dan 10 peserta didik menggunakan skala 5 pilihan jawaban. Hasil pengolahan data mencatat perolehan angka 4,80 yang menempatkan LKPD pada kategori sangat praktis untuk digunakan secara mandiri. Selain data numerik, masukan kualitatif diolah melalui analisis tematik untuk menyusun simpulan logis mengenai kemudahan pengoperasian fitur interaktif selama proses belajar. Rangkaian pengolahan informasi ini diproses secara teliti guna menghasilkan luaran penelitian yang transparan dan dapat dipertanggungjawabkan secara akademik bagi kemajuan pendidikan sains di masa depan.

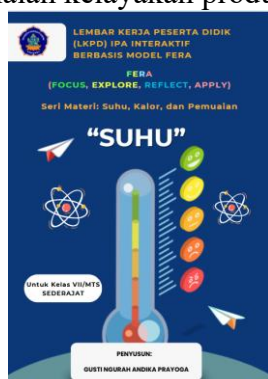
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penelitian ini menghasilkan bahan ajar berupa Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Interaktif berbasis model FERA (*Focus, Explore, Reflect, Apply*) pada materi Suhu, Kalor, dan Pemuain di Kelas VII SMP. Proses pengembangan mengacu pada model ADDIE yang dibatasi pada tiga tahapan awal secara sistematis, yaitu *Analyze* (Analisis), *Design* (Perancangan), dan *Development* (Pengembangan), dengan pertimbangan keterbatasan waktu penelitian.

Pada tahap *Analyze* (Analisis), peneliti mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran melalui analisis kurikulum dan analisis kebutuhan guru serta peserta didik. Hasil analisis kurikulum menunjukkan bahwa sekolah sasaran menerapkan Kurikulum Merdeka dengan Capaian Pembelajaran (CP) Fase D yang menuntut penguasaan Keterampilan Proses Sains (KPS) secara terintegrasi. Analisis kebutuhan guru mengungkap kesenjangan antara harapan kurikulum dan praktik pembelajaran yang masih sering menggunakan metode konvensional akibat keterbatasan waktu praktikum, sehingga dibutuhkan LKPD yang mampu memandu inkuiri secara efisien dan terstruktur. Analisis karakteristik peserta didik menunjukkan dominasi gaya belajar kinestetik dan antusiasme tinggi terhadap kegiatan praktikum, namun sebagian besar siswa masih mengalami miskonsepsi fundamental terkait konsep suhu dan perpindahan kalor. Oleh karena itu, diperlukan intervensi media LKPD interaktif yang dilengkapi simulasi virtual (*PhET*) untuk memfasilitasi pemahaman visual dan kinestetik serta mengoreksi miskonsepsi tersebut.

Pada tahap *Design* (Perancangan), peneliti menyusun spesifikasi dan format produk LKPD yang diintegrasikan dengan sintaks model pembelajaran FERA. LKPD dirancang menjadi tiga bagian utama: pendahuluan, isi, dan penutup. Bagian isi memuat alur kegiatan yang secara spesifik terdiri dari tahap *Focus* (stimulus fenomena dan disonansi kognitif), *Explore* (penyelidikan mandiri dan simulasi virtual), *Reflect* (rekonstruksi pemahaman dan perumusan matematis), serta *Apply* (penerapan konsep pada studi kasus rekayasa di kehidupan nyata). Rancangan awal dibuat menggunakan aplikasi pembuat dokumen pengolah kata untuk pemetaan konten, dan perangkat lunak desain grafis untuk visual infografis, yang kemudian dikonversi menjadi format *hybrid* (dapat dicetak maupun diakses secara digital interaktif via tautan web *Liveworksheets* yang dilengkapi kode QR). Pada tahap ini juga dirancang instrumen penilaian kelayakan produk berupa angket kelayakan teoretis dan praktis.



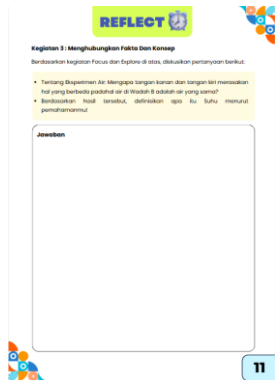
Gambar 1. Desain Cover



Gambar 2. Desain Tahap Focus



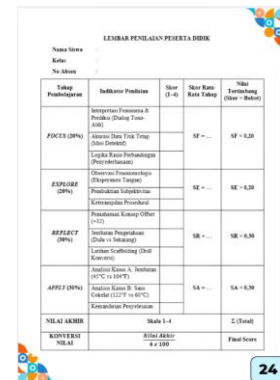
Gambar 3. Desain Tahap Explore



Gambar 4. Desain Tahap Reflect



Gambar 5. Desain Tahap Apply



Gambar 6. Desain Rubrik Penilaian

Pada tahap *Development* (Pengembangan), produk awal direalisasikan secara utuh. Produk yang telah selesai kemudian menjalani proses validasi untuk menilai kelayakan teoretisnya sebelum diujicobakan. Validasi dilakukan oleh dua orang dosen ahli dari Program Studi Pendidikan IPA Undiksha yang mengevaluasi indikator kelayakan isi, kebahasaan, penyajian, dan kegrafikan. Data hasil tabulasi silang dan perhitungan Koefisien Validitas Gregory (KVG) disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabulasi Formula Gregory Hasil Skor Penilaian Dosen Ahli

Validator		Ahli I	
		Tidak Relevan (Skor 1-2)	Relevan (Skor 3-4)
Ahli II	Tidak relevan (Skor 1-2)	A (0)	B (0)
	Relevan (Skor 3-4)	C (0)	D (24)

Berikut merupakan hasil perhitungan nilai validasi oleh dosen ahli dengan menggunakan rumus perhitungan Gregory.

$$KVG = \frac{D}{A + B + C + D}$$

$$KVG = \frac{24}{0 + 0 + 0 + 24}$$

$$KVG = 1$$

Berdasarkan Tabel 1, instrumen produk mencapai kriteria validitas maksimal yang menandakan bahwa seluruh indikator yang dievaluasi sangat layak untuk digunakan. Kedua validator menilai bahwa instrumen tersebut telah sangat akurat secara keilmuan fisika dan menyajikan tahapan model FERA dengan runtut dan konsisten. Beberapa saran perbaikan kualitatif dari validator seperti penyesuaian rumusan Tujuan Pembelajaran menggunakan kaidah ABCD, penambahan peringatan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada tahap *Explore* untuk kegiatan yang menggunakan sumber panas, serta penambahan "Pojok Referensi" untuk menuntun siswa merespons fenomena telah direvisi secara menyeluruh sebelum LKPD memasuki tahap pengujian di lapangan.

Setelah dinyatakan valid secara teoretis, tahap pengembangan diakhiri dengan uji kepraktisan untuk mengevaluasi kemudahan, efisiensi waktu, dan daya tarik penggunaan LKPD. Uji kepraktisan melibatkan praktisi guru IPA dan peserta didik kelas VII di SMP

Laboratorium Undiksha yang bertindak sebagai subjek pengguna secara langsung. Hasil rekapitulasi penilaian kepraktisan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Analisis Data Uji Kepraktisan LKPD oleh Peserta Didik

Responden	Skor Rata-rata	Kategori
Guru (n=10)	4,8	Sangat Praktis
Peserta Didik (n=10)	4,8	Sangat Praktis

Berdasarkan Tabel 5, LKPD interaktif menempati kategori tingkat kepraktisan tertinggi oleh seluruh responden. Pada saat diujicobakan, peserta didik merespons positif desain antarmuka yang menarik, instruksi belajar yang tertata rapi, dan merasa sangat terbantu dalam mendalami materi abstrak karena kemudahan mengoperasikan fitur simulasi virtual yang terintegrasi secara langsung di dalam LKPD. Para guru menyatakan bahwa LKPD model FERA ini terbukti efisien memangkas waktu persiapan eksperimen fisik, memposisikan peran pendidik secara optimal sebagai fasilitator inkuiri, dan sangat adaptif untuk digunakan dalam skenario pembelajaran *hybrid* yang dinamis. Dengan pencapaian predikat kepraktisan dan validitas tersebut, produk LKPD IPA Interaktif berbasis model FERA dinyatakan layak dan siap diterapkan sebagai bahan ajar untuk meningkatkan penguasaan materi serta melatih keterampilan proses sains pada materi Suhu, Kalor, dan Pemuain bagi peserta didik di jenjang SMP.

Pembahasan

Keberhasilan instrumen ini dalam mencapai nilai koefisien validitas maksimal sebesar 1.00 memberikan bukti nyata bahwa proses pengembangan yang sistematis melalui kerangka kerja *analyze, design, dan development* mampu menghasilkan produk yang sangat presisi secara substansi. Tahapan analisis yang mendalam terhadap kurikulum merdeka fase d memastikan bahwa capaian pembelajaran yang ditargetkan dapat diterjemahkan ke dalam aktivitas instruksional yang konkret bagi siswa sekolah menengah pertama. Validasi yang dilakukan oleh para ahli menunjukkan bahwa konten mengenai suhu, kalor, dan pemuain telah memenuhi standar akurasi ilmiah yang ketat serta bebas dari bias materi yang menyesatkan. Pencapaian angka 1.00 ini menandakan bahwa tidak ada keraguan teknis dari 2 penilai mengenai kelayakan bahan ajar ini untuk diuji coba di lapangan. Struktur pengembangan yang terencana dengan baik menjadi kunci utama dalam menjembatani kebutuhan administratif kurikulum dengan realitas praktis di dalam ruang kelas. Persiapan yang matang pada fase awal pengembangan adalah investasi krusial untuk menghasilkan media yang benar-benar fungsional dan relevan dengan tantangan pendidikan sains masa kini yang menuntut ketelitian tinggi bagi peningkatan kualitas pembelajaran (Fasna et al., 2024; Nalinda et al., 2023; Supeno et al., 2022).

Penerapan sintaks model pembelajaran *focus, explore, reflect, dan apply* memiliki peran strategis dalam mengurai berbagai miskonsepsi yang sering menghinggapi pemikiran siswa pada topik energi termal (Azizah & Widodo, 2026; Diani et al., 2020; Halid et al., 2026; Rizal et al., 2020). Melalui tahap *focus*, siswa dihadapkan pada fenomena yang memicu disonansi kognitif sehingga skema pemikiran lama yang keliru dapat segera teridentifikasi dan ditantang secara terbuka. Proses ini berlanjut pada tahap *explore* yang memanfaatkan simulasi laboratorium virtual untuk memberikan visualisasi yang jernih mengenai pergerakan partikel saat terjadi perpindahan panas. Kehadiran simulasi ini sangat krusial karena materi fisika ini sering kali bersifat abstrak dan sulit diamati langsung tanpa peralatan laboratorium yang canggih. Dengan melakukan penyelidikan mandiri, peserta didik secara bertahap membangun kembali pemahaman mereka berdasarkan bukti empiris yang ditemukan selama simulasi berlangsung. Pendekatan inkuiri yang terstruktur ini tidak hanya membantu siswa menguasai



konsep secara teoritis, tetapi juga melatih keterampilan proses sains yang menjadi kompetensi inti dalam pembelajaran modern. Hasilnya adalah transformasi kognitif yang lebih menetap karena siswa tidak hanya menghafal fakta, melainkan memahami proses logis di balik setiap fenomena alam yang terjadi secara natural dalam kehidupan harian mereka (Aswat et al., 2024; Halid et al., 2026; Sari & Widodo, 2026).

Tingkat kepraktisan yang ditunjukkan melalui perolehan skor rata-rata sebesar 4.8 dari 10 responden guru maupun 10 siswa mengukuhkan posisi media ini sebagai alat bantu yang sangat ramah pengguna. Angka 4.8 yang berada pada kategori sangat praktis mencerminkan bahwa desain antarmuka dan alur navigasi dalam format *hybrid* berhasil mengatasi hambatan teknis yang sering muncul pada penggunaan perangkat digital. Integrasi simulasi *phet* ke dalam lembar kerja interaktif memungkinkan kegiatan eksperimen tetap berjalan efektif tanpa harus terkendala oleh keterbatasan alat fisik di sekolah yang sering kali tidak mencukupi jumlahnya. Pemanfaatan *liveworksheets* dan kode *qr* memberikan fleksibilitas akses yang tinggi bagi siswa baik untuk digunakan di dalam kelas maupun untuk belajar secara mandiri di rumah (Khomariyah et al., 2022; Ningsih & Subekti, 2026; Purwanto, 2026; Wedyastuti, 2022). Para pengajar merasa sangat terbantu karena beban persiapan praktikum yang biasanya memakan banyak waktu dapat dipangkas secara signifikan tanpa mengurangi kualitas pengalaman belajar siswa. Efisiensi waktu ini memungkinkan guru untuk lebih fokus pada peran mereka sebagai fasilitator yang membimbing proses diskusi dan refleksi intelektual. Kepuasan pengguna yang tinggi ini menjadi indikasi kuat bahwa inovasi teknologi yang dikembangkan secara tepat guna mampu meningkatkan kualitas interaksi pendidikan secara menyeluruh dalam sistem pengajaran hibrida yang ada.

Secara filosofis, efektivitas bahan ajar ini bersandar pada prinsip konstruktivisme yang meyakini bahwa pengetahuan sejati harus dikonstruksi secara mandiri oleh peserta didik melalui pengalaman bermakna. Lembar kerja ini berfungsi sebagai *scaffolding* yang memandu siswa melewati zona perkembangan proksimal mereka melalui tahapan *reflect* yang sangat sistematis. Pada fase ini, siswa didorong untuk merumuskan pola matematis dan persamaan suhu dari data mentah yang mereka peroleh sendiri selama tahap eksplorasi sebelumnya. Hal ini mengubah persepsi siswa terhadap rumus fisika yang semula dianggap sebagai beban hafalan menjadi sebuah kesimpulan logis dari sebuah proses pengamatan yang nyata. Tahap terakhir yaitu *apply* memberikan tantangan berupa studi kasus rekayasa yang menuntut kemampuan bernalar kritis tingkat tinggi dalam konteks kehidupan nyata sehari-hari. Aktivitas ini dirancang untuk mengasah keterampilan *higher order thinking skills* atau kemampuan berpikir tingkat tinggi yang sangat krusial bagi generasi abad 21 (Almadhinna & Afghohani, 2026; Fadilah et al., 2026; Ginting & Kuswando, 2020; Nuriza et al., 2025). Dengan membiasakan siswa menghadapi masalah kompleks, media ini membantu mereka untuk tidak hanya pintar secara akademik, tetapi juga adaptif dan solutif dalam menghadapi berbagai permasalahan praktis yang melibatkan konsep energi panas di lingkungan sekitar secara mandiri dan juga cerdas.

Penilaian menyeluruh terhadap hasil validitas dan kepraktisan memberikan kesimpulan akhir bahwa media instruksional ini telah siap untuk diterapkan secara luas pada jenjang pendidikan menengah. Perpaduan antara validitas konten yang mencapai skor 1.00 dan skor kepraktisan 4.8 menunjukkan keseimbangan yang luar biasa antara kualitas akademis dan kenyamanan operasional di lapangan. Walaupun penelitian ini memiliki keterbatasan karena hanya dilakukan hingga tahap pengembangan awal tanpa uji efektivitas hasil belajar yang luas, data yang ada sudah memberikan optimisme tinggi. Kesiapan instrumen ini dalam

memfasilitasi keterampilan proses sains secara mandiri merupakan jawaban atas kebutuhan pendidikan ipa yang lebih dinamis dan tidak kaku. Penggunaan elemen interaktif yang tertata rapi terbukti mampu meningkatkan keterlibatan emosional dan kognitif siswa selama proses belajar mengajar berlangsung. Bahan ajar ini tidak hanya berfungsi sebagai media penyampai materi, tetapi juga sebagai alat transformasi budaya belajar dari pola pasif menjadi pola inkuiri yang merdeka. Ke depannya, implementasi bahan ajar berbasis model ini diharapkan dapat menginspirasi pengembangan media serupa pada topik sains lainnya untuk mewujudkan literasi sains yang lebih berkualitas dan inklusif bagi seluruh peserta didik di tanah air secara berkesinambungan dan terus menerus.

KESIMPULAN

Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) IPA Interaktif berbasis model FERA (*Focus, Explore, Reflect, Apply*) tidak sekadar menghasilkan produk bahan ajar yang sangat valid dan praktis, melainkan hadir sebagai instrumen pedagogis transformatif yang menjembatani tuntutan Kurikulum Merdeka dengan realitas keterbatasan di lapangan. Sebagaimana yang diharapkan pada urgensi awal penelitian, integrasi tahapan FERA dengan simulasi virtual dan elemen interaktif berhasil memfasilitasi dominasi gaya belajar kinestetik dan visual peserta didik kelas VII. Penggunaan LKPD ini terbukti mampu mendobrak pola pembelajaran konvensional satu arah menjadi inkuiri yang berpusat pada siswa, meminimalisasi miskonsepsi fundamental pada materi fisika abstrak seperti suhu dan kalor, serta merangsang Keterampilan Proses Sains (KPS) melalui aktivitas penyelidikan mandiri yang bermakna.

Sebagai prospek aplikasi ke depan, LKPD interaktif berformat *hybrid* ini sangat potensial untuk diadopsi secara luas oleh para pendidik sebagai solusi inovatif dan efisien dalam menyalahi keterbatasan alokasi waktu kurikuler maupun minimnya sarana laboratorium fisik di sekolah. Sementara itu, untuk prospek pengembangan penelitian selanjutnya, disarankan agar dilakukan uji efektivitas dalam skala besar guna mengukur dampak langsung penggunaan LKPD ini terhadap peningkatan hasil belajar kognitif dan KPS siswa secara empiris. Selain itu, kerangka perancangan LKPD berbasis FERA ini juga sangat terbuka untuk direplikasi dan dikembangkan lebih lanjut pada topik-topik sains lainnya yang membutuhkan penguatan pemahaman konseptual tingkat tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, D., Nurhanurawati, N., & Noer, S. H. (2022). Pengembangan LKPD berbasis problem based learning dengan pendekatan kontekstual untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis. *AKSIOMA Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 11(2), 829. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i2.4760>
- Almadhinna, A., & Afghohani, A. (2026). Pengaruh pendekatan pembelajaran deep learning terhadap prestasi belajar matematika siswa kelas X SMA. *SCIENCE Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA*, 6(2), 737. <https://doi.org/10.51878/science.v6i2.9707>
- Aswat, H., Safiuddin, S., Fitriani, B., & Manan, M. (2024). Efektivitas model pembelajaran memori terhadap daya ingat dan imajinasi siswa dalam materi pelajaran sains di sekolah dasar. *EDUKATIF JURNAL ILMU PENDIDIKAN*, 6(1), 15. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v6i1.5879>

- Azizah, D. A., & Widodo, W. (2026). Penerapan model pembelajaran kooperatif tipe teams games tournament berbantuan wordwall untuk meningkatkan motivasi belajar siswa pada materi kalor dan perpindahannya. *SCIENCE Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA*, 6(2), 725. <https://doi.org/10.51878/science.v6i2.9711>
- Darmayanti, N. W. S., Suantara, I. W., Astuti, N. P. E., Partini, N. K. S., Wulandari, K. Y., & Dari, N. K. A. U. (2023). Science education optimization: Evaluating the impact of science kits on improving teacher competence. *PEDAGOGIA Jurnal Pendidikan*, 13(1), 81. <https://doi.org/10.21070/pedagogia.v13i1.1609>
- Diani, R., Latifah, S., Jamaluddin, W., Pramesti, A., Susilowati, N. E., & Diansah, I. (2020). Improving students' science process skills and critical thinking skills in physics learning through FERA learning model with SAVIR approach. *Journal of Physics: Conference Series*, 1467(1), 012045. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1467/1/012045>
- Fadilah, N., Rosyidi, A. H., & Sari, Y. M. (2026). Collaborative problem posing using Geogebra: A study on high math ability junior high school students. *SCIENCE Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA*, 6(1), 20. <https://doi.org/10.51878/science.v6i1.8928>
- Fasna, G. F., Romadhon, D. R., & Nurlaela, A. (2024). Peran penting teknologi dalam pendidikan sains: Pengembangan dan validasi media pembelajaran berbasis android dengan app inventor untuk pemahaman materi gelombang cahaya. *JURNAL PENDIDIKAN MIPA*, 14(1), 57. <https://doi.org/10.37630/jpm.v14i1.1485>
- Ginting, A. A., & Kuswandono, P. (2020). Challenges faced by English teachers: Implementation of higher order thinking skills (HOTS) in designing assignments in East Indonesia. *Pedagogy Journal of English Language Teaching*, 8(1), 13. <https://doi.org/10.32332/pedagogy.v8i1.1688>
- Halid, U., Saleh, M., Abdullah, G., Arif, R. M., & Arifin, V. M. (2026). Meningkatkan hasil belajar siswa melalui model pembelajaran mordiscvein berbasis media flipbook pada mata pelajaran IPAS materi energi dalam kehidupan sehari-hari di kelas IV. *SCIENCE Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA*, 6(1), 428. <https://doi.org/10.51878/science.v6i1.9376>
- Hardiansyah, H., Asmawi, U. S., Miftakhuddin, M., & Darmasnyah, A. (2024). Media pembelajaran inovatif: Desain lembar kerja peserta didik dalam pembelajaran berdiferensiasi. *Jurnal Basicedu*, 8(4), 3341. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v8i4.8535>
- Indriani, S. S., Nurlina, N., & Basri, M. (2023). Pengembangan lembar kerja peserta didik berbasis digital untuk meningkatkan hasil belajar IPA siswa sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, 7(1), 363. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v7i1.4488>
- Irsan, I. (2021). Implementasi literasi sains dalam pembelajaran IPA di sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, 5(6), 5631. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i6.1682>
- Khomariyah, E. N., Sayekti, I. C., & Khanifah, S. (2022). Penerapan aplikasi liveworksheet untuk meningkatkan hasil belajar kelas V sekolah dasar. *Educatif Journal of Education Research*, 4(3), 96. <https://doi.org/10.36654/educatif.v4i3.209>
- Lestari, A. O., Susanti, E., & Hartono, Y. (2022). Pengembangan digital worksheet pada materi transformasi geometri untuk melatih kemampuan berpikir matematis. *AKSIOMA Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 11(4), 2915. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i4.6160>

- Nalinda, H., Formen, A., & Subali, B. (2023). Keefektifan multimedia interaktif dalam meningkatkan hasil belajar IPA siswa pada materi sumber energi. *ELEMENTARY SCHOOL JOURNAL PGSD FIP UNIMED*, 13(4), 428. <https://doi.org/10.24114/esjpgsd.v13i4.55191>
- Ningsih, Y. N., & Subekti, H. (2026). Analisis respon murid terhadap pembelajaran inkuiri terstruktur berbantuan liveworksheets pada materi gelombang di SMP. *SCIENCE Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA*, 6(2), 850. <https://doi.org/10.51878/science.v6i2.9955>
- Novaliyosi, N., Yuhana, Y., & Khaerunnisa, E. (2022). Pengembangan lembar kerja interaktif untuk mendukung kemampuan berpikir tingkat tinggi pada pembelajaran daring. *AKSIOMA Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 11(3), 1640. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i3.5334>
- Nuriza, R., Salim, M., & Hartono, B. S. (2025). Integrasi edupreneurship dalam kurikulum pendidikan dasar untuk meningkatkan kreativitas dan inovasi. *MANAJERIAL Jurnal Inovasi Manajemen dan Supervisi Pendidikan*, 5(4), 1044. <https://doi.org/10.51878/manajerial.v5i4.8054>
- Nuryatmawati, A. M., & Dimiyati, D. (2021). Efektifitas pendekatan saintifik terhadap kemampuan pemecahan masalah anak usia 3-6 tahun. *Jurnal Obsesi: Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, 5(2), 2071. <https://doi.org/10.31004/obsesi.v5i2.1048>
- Palimbong, W., & Sanoto, H. (2024). Pengembangan instrumen motivasi belajar tematik untuk meningkatkan kemampuan berfikir kritis peserta didik sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, 8(1), 707. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v8i1.7201>
- Purwanto, G. D. (2026). Manajemen pembelajaran berdiferensiasi pada kelas gemuk di sekolah dasar: Studi kasus implementasi strategi di sekolah dasar perkotaan. *LEARNING Jurnal Inovasi Penelitian Pendidikan dan Pembelajaran*, 6(2), 1117. <https://doi.org/10.51878/learning.v6i2.9704>
- Rizal, R., Susanti, E., Sulistyarningsih, D., & Budiman, D. M. (2020). Desain evaluasi program pelatihan guru fisika profesional. *DIFFRACTION*, 2(1), 30. <https://doi.org/10.37058/diffraction.v2i1.1695>
- Sari, A. Y., & Widodo, W. (2026). Efektivitas model kooperatif tipe teams games tournament dengan media ludo terhadap hasil belajar materi tata surya. *SCIENCE Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA*, 6(2), 714. <https://doi.org/10.51878/science.v6i2.9712>
- Sukirno, S. (2022). Penerapan model team assisted individualization dalam meningkatkan hasil belajar IPS siswa kelas VI SD Negeri 84 Lubuklinggau. *Edu Cendikia Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 2(1), 123. <https://doi.org/10.47709/educendikia.v2i01.1484>
- Supeno, S., Fitriani, D. K., Wahyuni, D., & Rahayuningsih, R. (2022). Pengembangan media interaktif berbasis articulate storyline pada pembelajaran IPA materi sistem tata surya untuk meningkatkan literasi sains. *JURNAL EDUSCIENCE*, 9(2), 294. <https://doi.org/10.36987/jes.v9i2.2643>
- Wahdatillah, B., Noer, A. M., & S., L. A. (2022). Pengembangan e-lkpd berbasis PBL-MR menggunakan aplikasi flip builder pada materi bentuk molekul dan interaksi antar molekul. *EDUSAINS*, 14(1), 72. <https://doi.org/10.15408/es.v14i1.25658>
- Waruwu, E., & Ginting, Y. A. B. (2024). Peningkatan keterampilan kolaborasi dan hasil belajar siswa menggunakan model student team achievement division. *SCHOOL*



EDUCATION JOURNAL PGSD FIP UNIMED, 14(1), 66.

<https://doi.org/10.24114/sejpgsd.v14i1.58117>

Wedyastuti, R. (2022). Upaya meningkatkan hasil belajar polinomial menggunakan media interaktif live worksheet. *Ideguru Jurnal Karya Ilmiah Guru*, 8(2), 171.

<https://doi.org/10.51169/ideguru.v8i2.427>

Wudda, A. A., Hufri, H., Gusnedi, G., & Dewi, W. S. (2024). Validasi e-lkpd interaktif berbasis model pembelajaran contextual teaching and learning pada materi hukum termodinamika. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(1), 7543.

<https://doi.org/10.31004/jptam.v8i1.13533>