



## **Development of Augmented Reality Based Interactive E-LKPD to Improve Students' Physics Concept Understanding on Alternative Energy**

**Helen Ulbrid\*, Desy Hanisa Putri, & Netriani Veminsyah Ahda**

Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Bengkulu, Indonesia

\*Corresponding author: [helenulbrid1122@gmail.com](mailto:helenulbrid1122@gmail.com)

**Abstract:** *This study aims to develop an interactive e-LKPD based on Augmented Reality (AR) on alternative energy materials at the high school level and describe the feasibility, effectiveness of improving students' understanding of concepts, and students' responses to the use of interactive e-LKPD utilizing Augmented Reality (AR). The research method applied is Research and Development with the ADDIE model which includes analyze, design, development, implementation, and evaluation. The subjects of this study are 36 students in class X at one of the high schools in Bengkulu City. The product feasibility test was carried out by three validators consisting of two physics lecturers and one high school physics teacher. The data collection process is carried out through validation sheets, questionnaires given to students, and concept understanding tests through pretests and posttests. The findings of this study show that e-LKPD is very feasible with a percentage of 89.93% from three validators. The results of the students' responses were categorized as very good with a percentage of 90.34%. The results of the pretest and posttest of the AR-based interactive e-LKPD show the effectiveness of increasing the value of student concept understanding as shown by the N-Gain number which is in the high category with a value of 0.80. Thus, Augmented Reality-based interactive e-LKPD has the potential to become a physics teaching material that supports improving students' understanding of concepts on alternative energy materials.*

**Keywords:** *alternative energy, augmented reality, concept understanding, e-LKPD, interactive media*

### **Pengembangan E-LKPD Interaktif Berbasis *Augmented Reality* untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Materi Energi Alternatif**

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan e-LKPD interaktif berbasis *Augmented Reality* (AR) pada materi energi alternatif tingkat SMA serta mendeskripsikan kelayakan, efektifitas peningkatan pemahaman konsep siswa, dan respon siswa terhadap penggunaan e-LKPD interaktif yang memanfaatkan *Augmented Reality* (AR). Metode penelitian yang diterapkan adalah pengembangan (*Research and Development*) dengan model *ADDIE* yang mencakup *analyze, design, development, implementation, and evaluation*. Subjek penelitian ini adalah 36 siswa kelas X di salah satu SMA Kota Bengkulu. Uji kelayakan produk dilakukan oleh tiga validator yang terdiri atas dua dosen fisika dan satu guru fisika SMA. Proses pengumpulan data dilakukan melalui lembar validasi, angket yang diberikan kepada siswa, serta tes pemahaman konsep melalui *pretest* dan *posttest*. Temuan dari penelitian ini menunjukkan e-LKPD sangat layak dengan persentase 89,93% dari tiga validator. Hasil respons siswa dikategorikan sangat baik dengan persentase 90,34%. Hasil *pretest* dan *posttest* e-LKPD interaktif berbasis AR ini menunjukkan adanya efektifitas peningkatan nilai pemahaman konsep siswa yang ditunjukkan oleh angka *N-Gain* yang berada dalam kategori tinggi dengan nilai 0,80. Dengan demikian, e-LKPD interaktif berbasis *Augmented Reality* berpotensi menjadi bahan ajar fisika yang mendukung peningkatan pemahaman konsep siswa pada materi energi alternatif.

**Kata kunci:** *augmented reality, e-LKPD, energi alternatif, media interaktif, pemahaman konsep*

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital telah membawa perubahan signifikan dalam dunia pendidikan, khususnya dalam pengembangan media pembelajaran yang lebih inovatif dan interaktif (Simanjuntak et al., 2026). Pembelajaran fisika, pemanfaatan teknologi menjadi kebutuhan penting karena banyak konsepnya itu memiliki sifat abstrak visualisasi konkret agar dapat dipahami secara utuh (Fatimah & Sari, 2025). *Augmented Reality* (AR) adalah salah satu teknologi pembelajaran yang berkembang pesat dan relevan (Surani & Fricticarani, 2023). Menggabungkan item virtual dua dan tiga dimensi ke dalam lingkungan nyata, teknologi *augmented reality* dapat menghasilkan pengalaman pendidikan yang lebih menarik kontekstual dan bermakna (Sari & Sulisworo, 2023). Penggunaan AR dalam pembelajaran memungkinkan siswa mengamati fenomena fisika yang sulit diamati secara langsung, sehingga berpotensi meningkatkan pemahaman konseptual (Rachim et al., 2024).

Media pembelajaran berbasis AR menjadi lebih optimal apabila dikembangkan dalam bentuk perangkat pembelajaran yang sistematis dan interaktif, seperti e-LKPD (Utami & Syahri, 2025). E-LKPD interaktif tidak hanya menyajikan materi dalam bentuk teks dan gambar, tetapi juga memuat aktivitas belajar, simulasi, serta latihan yang dirancang untuk melatih kemampuan berpikir dan pemahaman konsep secara terstruktur (Sari & Saregar, 2024). Namun, penelitian Rachim et al. (2024) masih berfokus pada pemanfaatan AR sebagai media visualisasi konsep secara umum dan belum mengintegrasikannya secara komprehensif dalam bentuk e-LKPD interaktif dibuat khusus untuk meningkatkan pemahaman konseptual siswa tentang konten yang berkaitan dengan energi alternatif di tingkat SMA. Sehingga, masih terdapat celah penelitian terkait pengembangan perangkat pembelajaran berbasis AR yang terstruktur dan teruji efektivitasnya terhadap peningkatan pemahaman konsep.

Menurut Niryan dan Habibi (2024), Memahami dasar-dasar fisika berarti mampu menghubungkan dan menggunakannya dalam berbagai konteks nyata. Hal ini sejalan dengan kerangka taksonomi solo yang mengklasifikasikan pemahaman ke dalam lima level, yaitu *prestructural* (belum memahami konsep), *unistructural* (memahami satu aspek konsep), *multistructural* (memahami beberapa aspek konsep namun masih terpisah), *relational* (mampu menghubungkan aspek-aspek konsep menjadi satu kesatuan yang utuh), dan *extended abstract* (mengembangkan pemahaman ke konteks baru atau situasi yang lebih kompleks). Tantangan dalam pembelajaran fisika sering kali muncul di berbagai level ini. Misalnya, siswa masih berada pada tahap *prestructural* ketika belum mampu menafsirkan simbol atau persamaan fisika, atau hanya sampai tahap *unistructural* ketika sekadar menyebutkan contoh penerapan konsep alternatif tanpa memahami keterkaitannya. Pada tahap *multistructural*, siswa kerap kesulitan mengklasifikasikan hubungan antar konsep energi terbarukan, sumber energi fosil, dan konversi energi yang masih terpisah. Hambatan juga muncul ketika siswa belum mencapai tahap *relational*, misalnya saat mengalami kebingungan menarik kesimpulan dari hasil percobaan sederhana terkait energi alternatif. Sementara itu, untuk sampai pada tahap *extended abstract*, siswa dituntut mampu membandingkan fenomena energi terbarukan dengan konsep teoritis yang dipelajari serta menjelaskannya kembali menggunakan bahasa mereka sendiri. Kondisi ini menunjukkan bahwa pembelajaran fisika tidak hanya menuntut penyampaian materi, tetapi juga memerlukan media yang mampu membantu siswa membangun keterkaitan antar konsep secara visual dan kontekstual, khususnya pada materi energi alternatif yang biasanya disampaikan secara teoritis (Sasmita & Hartoyo, 2020).

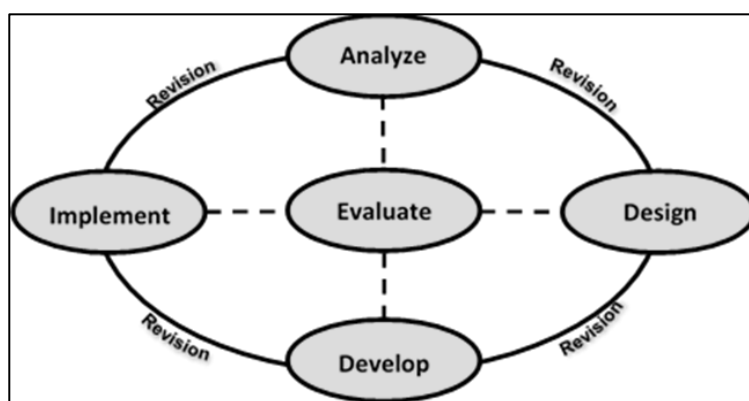
Berdasarkan hasil observasi awal di SMAN 3 Bengkulu Tengah, pembelajaran fisika masih didominasi oleh penggunaan buku paket dan presentasi *powerpoint*. E-LKPD yang

digunakan masih dalam bentuk file PDF yang berisi rangkuman materi dan soal latihan tanpa adanya fitur interaktif maupun integrasi teknologi visualisasi seperti AR. Hasil wawancara dengan guru fisika di SMA tersebut menunjukkan bahwa belum tersedia media Pendidikan interaktif berbasis teknologi yang dibuat khusus untuk meningkatkan pembelajaran. Para instruktur mencatat bahwa salah satu alasan siswa kesulitan memahami mata pelajaran fisika adalah kurangnya sumber belajar yang tersedia.

Sementara itu, wawancara dengan sejumlah siswa menunjukkan bahwa proses pembelajaran yang membosankan dan kurangnya keterlibatan aktif siswa merupakan faktor penyebab rendahnya pemahaman konsep fisika. Pembelajaran yang cenderung berpusat pada penjelasan guru dengan minimnya penggunaan media interaktif membuat siswa kurang tertarik dan kurang terdorong untuk mengeksplorasi konsep secara mandiri. Hal ini menyebabkan pemahaman konsep siswa belum berkembang secara optimal. Situasi ini menunjukkan, untuk mendorong pemahaman konsep yang lebih mendalam, sangat penting untuk menciptakan materi pembelajaran yang lebih inovatif dan interaktif yang dapat meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses pendidikan (Hariyono, 2023). Oleh karena itu, dalam upaya meningkatkan pemahaman siswa tentang ide-ide fisika, materi pembelajaran berbasis teknologi yang kontekstual dan interaktif harus digunakan. Untuk meningkatkan pemahaman prinsip-prinsip fisika dalam materi, proyek kami berfokus pada pengembangan e-LKPD interaktif berbasis *augmented reality* energi alternatif di tingkat SMA.

## METODE

Paradigma ADDIE digunakan dalam penelitian pengembangan (R&D) *analyze, design, development, implementation, and evaluation* adalah lima fase ADDIE (Waruwu, 2024). Gambar 1 menunjukkan alur pengembangan ADDIE.



**Gambar 1.** Model Pengembangan ADDIE (Ashari et al., 2022).

Tahap *analyze* dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran melalui analisis kurikulum, karakteristik siswa, dan permasalahan pembelajaran fisika di sekolah. Tahap *design* meliputi perancangan e-LKPD interaktif berbasis *Augmented Reality* (AR), penyusunan tujuan dan indikator pembelajaran, serta Persiapan alat penelitian. Produk dikembangkan untuk menyelesaikan tahap pengembangan sesuai rancangan, kemudian divalidasi oleh ahli untuk mengetahui kelayakannya. Tahap *implementation* berupa uji coba penggunaan e-LKPD kepada siswa yang diawali dengan *pretest* dan diakhiri dengan *posttest* serta pengisian angket respon. Tahap *evaluation* dilakukan untuk menganalisis hasil validasi, peningkatan pemahaman konsep siswa, dan respon siswa terhadap produk yang dikembangkan.

Studi ini dilakukan pada semester ganjil tahun ajaran 2025-2026. Partisipan studi ini adalah 36 siswa kelas X, yang berperan sebagai subjek uji untuk implementasi e-LKPD berbasis *augmented reality* interaktif. Instrumen penelitian yang digunakan meliputi kuesioner respons siswa untuk mengukur kepraktisan e-LKPD, lembar validasi e-LKPD kepada validator profesional untuk mengevaluasi kelayakan produk, dan tes pemahaman konseptual yang terdiri dari pertanyaan pretest dan posttest untuk mengukur peningkatan pemahaman siswa terhadap konsep fisika.

Berdasarkan evaluasi ahli, kelayakan e-LKPD interaktif dievaluasi menggunakan data penilaian yang diperoleh dari validator. Skala Likert digunakan sebagai instrumen pengukuran untuk mengevaluasi sikap, persepsi, dan opini masyarakat tentang kemungkinan dan permasalahan suatu objek, desain produk, proses pengembangan, dan produk akhir. Kategori dan hasil evaluasi untuk validasi media pembelajaran pada Tabel 1 ditampilkan pada tabel berikut:

**Tabel 1.** Skor Penilaian Validasi (Sugiyono, 2017)

Penilaian	Nilai Skala
Sangat Setuju	4
Setuju	3
Tidak Setuju	2
Sangat Tidak Setuju	1

Hasilnya penilaian kemudian dianalisis dengan menghitung persentase kelayakan produk. Persentase kelayakan dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$\text{Persentase} = \frac{\text{total skor yang diperoleh}}{\text{skor maksimum}} \times 100\% \quad (1)$$

Data hasil perhitungan menggunakan rumus (1) menghasilkan nilai sebagai persentase. Kategori kelayakan kemudian dibuat dengan menafsirkan nilai persentase yang diperoleh yang bersifat kualitatif. Penentuan kategori kelayakan dilakukan menggunakan interval persentase yang disesuaikan dengan skor minimum dan maksimum aktual instrumen, sehingga diperoleh kategori sangat tidak pantas, tidak pantas, pantas, dan sangat pantas, seperti yang terlihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Skala Persentase Kelayakan Produk

Persentase Skor (%)	Kriteria
25 - 43,75	Sangat Tidak Layak
43,76 - 62,50	Tidak Layak
62,51 - 81,25	Layak
81,26 - 100	Sangat Layak

Hasil *pretest* dan *posttest* digunakan *N-Gain* digunakan untuk menilai hasil *pretest* dan *posttest* guna menentukan seberapa besar peningkatan pengetahuan konseptual siswa. Hasil dari skor *N-Gain* digunakan untuk menentukan tingkat pemahaman konsep siswa. Berikut rumus *N-Gain* pada Persamaan 2:

$$N - Gain = \frac{\text{Skor PostTest} - \text{Skor PreTest}}{\text{Skor Ideal} - \text{Skor PreTest}} \quad (2)$$

Tingkat pemahaman konsep siswa dari aspek kognitif setelah menggunakan e-LKPD Interaktif Kriteria *N-Gain* pada Tabel 3 dapat digunakan untuk menentukan hasil yang dikembangkan.

**Tabel 3.** Kriteria Tingkat *N-Gain* (Putri et al., 2022)

Rata-Rata	Kriteria
$g \geq 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq g < 0,7$	Sedang
$g < 0,3$	Rendah

Kuesioner tanggapan digunakan untuk mengumpulkan opini mahasiswa setelah mereka menggunakan e-LKPD realitas tertambah interaktif. Untuk mengidentifikasi kategori penilaian tanggapan mahasiswa terhadap e-LKPD yang dibuat, data yang dikumpulkan selanjutnya dianalisis secara deskriptif. Tabel 4 menampilkan standar evaluasi untuk tanggapan dari mahasiswa.

**Tabel 4.** Kriteria Respons Siswa

Persentase Skor (%)	Kriteria
25 - 43,75	Sangat Tidak Baik
43,76 - 62,50	Tidak Baik
62,51 - 81,25	Baik
81,26 - 100	Sangat Baik

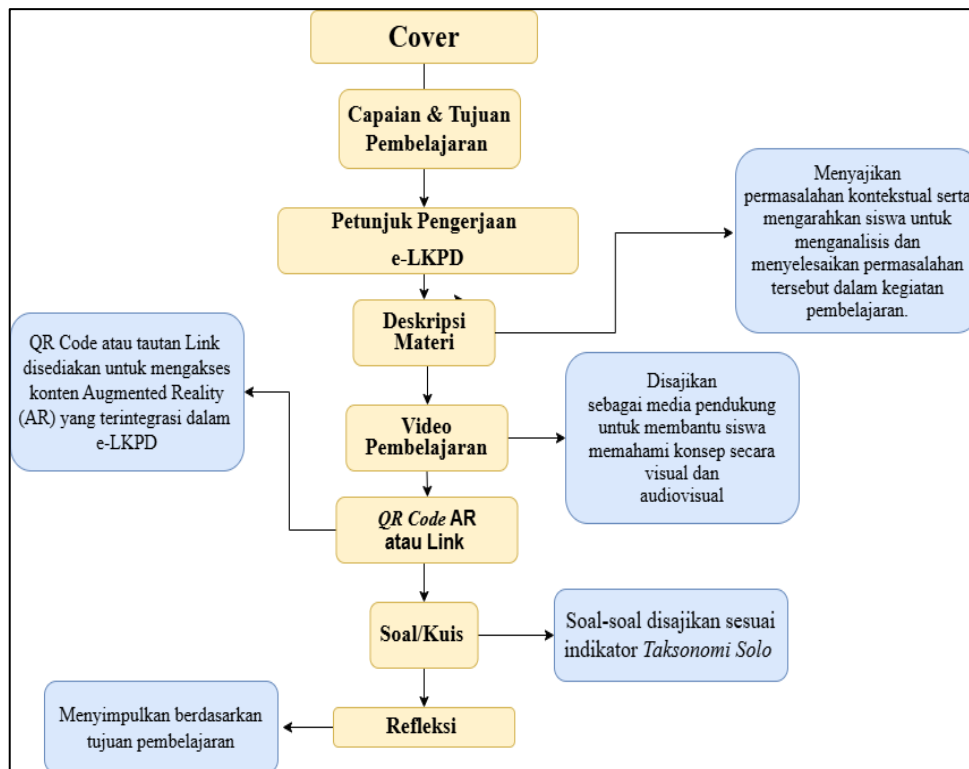
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap *analyze* (analisis) dalam penelitian ini dimulai dengan tujuan untuk menentukan kebutuhan, karakteristik siswa, tujuan pembelajaran, dan tantangan yang dihadapi (Marta & Ramli, 2021). Pada tahap ini dilakukan observasi di lingkungan sekolah dan wawancara terhadap guru fisika dan salah satu siswa. Hasil observasi dan wawancara menunjukkan bahwa kurikulum yang diterapkan yaitu kurikulum merdeka, pembelajaran dikelas masih didominasi dengan metode ceramah, namun sesekali menerapkan model *PBL*. Selain itu jaringan internet disekolah juga memadai untuk diterapkannya media pembelajaran yang bersifat digital. Selanjutnya dari hasil wawancara, guru menyampaikan pembelajaran fisika yang hanya mengandalkan buku cetak ataupun sesekali menggunakan PPT menjadi salah satu faktor siswa yang kurang memahami konsep materi yang dipelajari.

Berdasarkan hasil wawancara dan observasi tersebut, dibutuhkan salah satu perangkat pembelajaran digital sebagai upaya mendukung peningkatan pemahaman konsep fisika siswa seperti e-LKPD. E-LKPD Karena memiliki aspek hiburan untuk mempelajari informasi dan memecahkan tantangan, hal ini dapat membantu siswa dalam memahami materi pelajaran yang diberikan secara lebih mendalam (Ariyansah & Sulistyowati, 2021). Klaim ini konsisten dengan temuan observasi dan wawancara yang menunjukkan perlunya sumber daya pendidikan, khususnya e-LKPD, untuk memfasilitasi pembelajaran partisipatif yang dapat meningkatkan pemahaman konseptual siswa.

Tahap kedua *design* (perancangan), tahap ini dimulai dari perancangan e-LKPD yang diawali dengan penentuan struktur utama LKPD digital yang meliputi sampul (*cover*), identitas peserta didik, petunjuk penggunaan, tujuan pembelajaran, kegiatan pembelajaran, refleksi, dan evaluasi. Desain visual e-LKPD dilakukan menggunakan aplikasi *Canva* dengan mempertimbangkan prinsip keterbacaan, konsistensi warna, pemilihan jenis dan ukuran huruf, serta tata letak elemen visual (Meka et al., 2021). Selanjutnya penyusunan konten materi, soal-soal dengan tingkatan taksonomi solo.

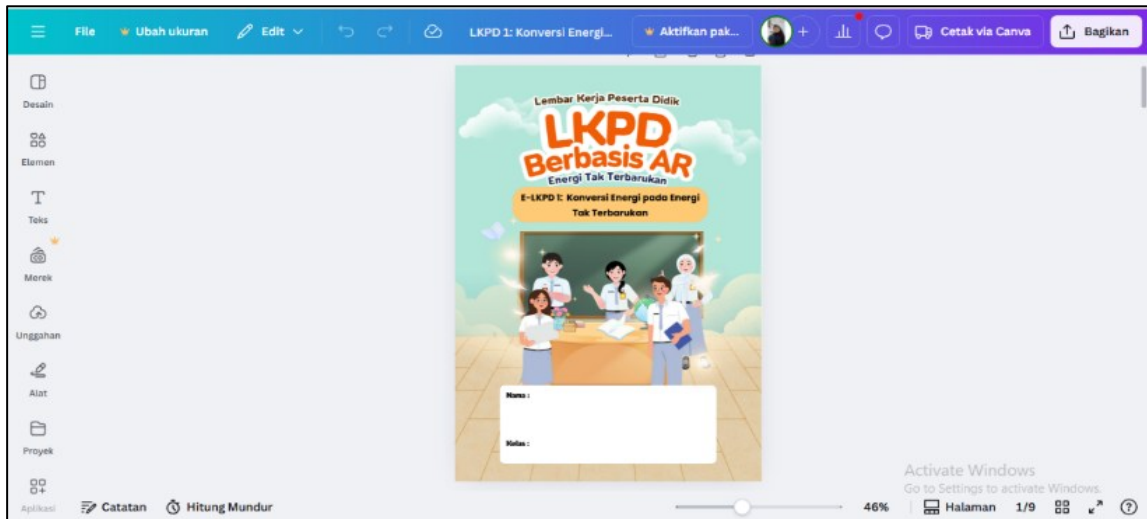
Dilanjutkan merancang integrasi teknologi *augmented reality* melalui penempatan *QR Code* ataupun link AR kedalam LKPD serta diintegrasikan ke dalam *Liveworksheets*. Alur *design* (perancangan) e-LKPD interaktif dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain e-LKPD Interaktif

Tahap ketiga yaitu *development* (pengembangan), tahap dikembangkan terlaksana karena merealisasikan desain e-LKPD menjadi produk yang siap digunakan. Secara teknis, alur pengembangan e-LKPD diawali dengan perancangan LKPD digital menggunakan *canva*. *Canva* dipilih sebagai salah satu aplikasi yang dapat mendesign e-LKPD dengan tampilan yang menarik (Saputri, 2025). Selanjutnya, objek AR yang telah dikembangkan menggunakan *Assemblr Edu* diintegrasikan ke dalam e-LKPD. Selain itu, video pembelajaran dari *YouTube* serta soal-soal latihan dan evaluasi yang sesuai dengan indikator pembelajaran (Taksonomi Solo) dimasukkan ke dalam LKPD. Setelah seluruh komponen e-LKPD selesai didesain dan disusun, LKPD tersebut kemudian diunggah ke platform *Liveworksheets*. Integrasi ini menjadikan LKPD sebagai e-LKPD interaktif, karena didukung oleh berbagai fitur *Liveworksheets*, seperti isian otomatis, pilihan ganda interaktif, dan umpan balik langsung, sehingga e-LKPD menjadi lebih menarik dan menyenangkan untuk digunakan oleh siswa.

Langkah pertama yaitu merancang *cover* e-LKPD menggunakan aplikasi *canva*. *Canva* tidak hanya digunakan untuk mendesain tampilan sampul (*cover*), tetapi juga seluruh aspek visual e-LKPD secara menyeluruh, seperti tata letak halaman, pemilihan warna, ikon, dan tipografi. Tampilan *cover* e-LKPD yang di *design* menggunakan *canva* terlihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Tampilan Cover e-LKPD

Pada e-LKPD juga terdapat capaian pembelajaran (CP) dan tujuan pembelajaran (TP), petunjuk pengerjaan e-LKPD, serta deskripsi materi yang berbentuk masalah yang akan diselesaikan. Penyajian masalah ini bertujuan untuk memicu perasaan kaingin tahun serta mengarahkan murid pada proses belajar. Selanjutnya dilengkapi dengan materi singkat sebagai pengenalan konsep serta video pembelajaran yang bisa diakses langsung oleh siswa melalui e-LKPD tersebut. Setelah menonton video, siswa diarahkan kembali ke e-LKPD dan mengakses AR untuk menampilkan alur kerja Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang berkaitan dengan materi. Melalui AR, siswa mengamati alur proses secara lebih jelas karena objek dapat diperbesar atau diperkecil, sehingga membantu siswa dalam memahami secara runtut serta meningkatkan ketertarikan dalam mengikuti pembelajaran, terlihat di Gambar 4.



**Gambar 4.** Tampilan AR yang Diakses pada e-LKPD

Gambar 4 menunjukkan Visualisasi AR 3D alur kerja Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang menunjukkan proses konversi energi dari energi panas menjadi energi listrik melalui komponen boiler, turbin, generator, kondensator, dan menara pendingin. Setelah peserta didik mengamati dan mengeksplorasi objek *Augmented Reality* (AR), e-LKPD

dilanjutkan dengan soal-soal sesuai dengan indikator pemahaman konsep taksonomi solo yaitu *prestructural*, *unistructural*, *multistructural*, *relational*, dan *extended*. Menurut tingkat *prestructural*, siswa belum memahami konsep atau memberikan jawaban yang tidak relevan. Tingkat *unistructural* ditandai dengan kemampuan siswa memahami satu aspek konsep secara sederhana. Tingkat *multistructural* menunjukkan siswa mampu memahami beberapa aspek konsep, namun belum menghubungkannya secara terpadu. Tingkat *relational* menggambarkan kemampuan siswa dalam mengintegrasikan beberapa konsep secara runtut dan menjelaskan hubungan antar konsep. Sementara itu, tingkat *extended abstract* menunjukkan kemampuan siswa dalam menggeneralisasi konsep, mengaitkannya dengan situasi lain, atau menerapkannya pada konteks yang lebih luas. Penyusunan soal pada e-LKPD disesuaikan dengan kelima tingkat tersebut untuk mengukur peningkatan pemahaman konsep siswa secara bertahap. Soal dikerjakan siswa secara interaktif melalui platform *liveworksheet* dalam berbagai format, termasuk mencocokkan, pilihan ganda, dan jawaban singkat, sehingga mendorong partisipasi aktif siswa dalam proses pendidikan (Nirmayani, 2022). Pada bagian akhir e-LKPD, peserta didik diarahkan untuk mengerjakan refleksi atau menyusun kesimpulan berdasarkan hasil pembelajaran Apa yang telah diselesaikan. Tujuan dari latihan refleksi ini adalah untuk membantu siswa meringkas pemahaman konseptual mereka sesuai dengan tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan. Manfaat e-LKPD meliputi aksesibilitas dan fitur interaktifnya, yang meningkatkan minat siswa terhadap sumber belajar digital (Laily & Yusman, 2025).

Setelah proses perancangan dan pengembangan selanjutnya penilaian validasi terhadap e-LKPD tersebut oleh para ahli. Validasi ini bertujuan mengetahui kelayakan e-LKPD dan melakukan penyesuaian sebagai respons terhadap rekomendasi validator. Terdapat 24 item dalam alat validasi, yang mencakup media (9 item), bahasa (5 item), presentasi (3 item), dan konten (7 item). Tabel 5 menampilkan temuan validasi.

**Tabel 5.** Validasi Ahli

Validator	Persentase Kelayakan (%)	Kategori
Validator 1	89,58	Sangat layak
Validator 2	86,46	Sangat layak
Validator 3	93,75	Sangat layak
Rata-rata keseluruhan	89,93	Sangat Layak

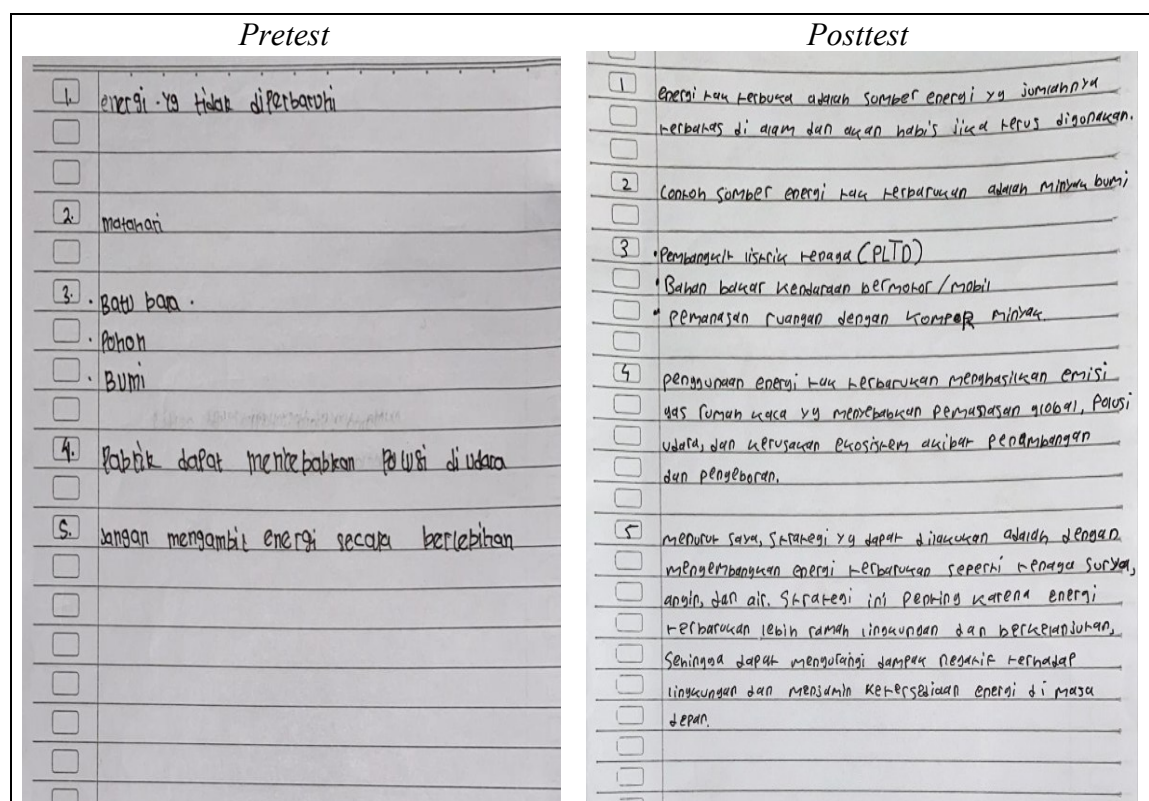
E-LKPD interaktif yang dihasilkan dianggap telah memenuhi persyaratan kelayakan dan diklasifikasikan sebagai sangat dapat diterima untuk digunakan dalam pembelajaran berdasarkan hasil validasi ahli. Menurut penelitian (Jarmita et al., 2020), suatu produk yang dibuat dianggap sesuai jika memenuhi persyaratan kelayakan minimal di setiap area yang dinilai selama uji kelayakan. Ada beberapa hal yang perlu diperbaiki selama proses validasi, secara umum desain dan kerangka awal e-LKPD interaktif telah dinyatakan layak, sehingga tidak memerlukan perubahan mendasar. Namun, terdapat beberapa poin yang perlu disempurnakan sesuai dengan saran validator guna meningkatkan kualitas media pembelajaran, saran dari validator disajikan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Rekomendasi Perbaikan Setelah Media Divalidasi

Aspek Penilaian	Saran Perbaikan oleh Validator
Aspek isi	Soal-soal disesuaikan lagi dengan indikator pemahaman konsep
Media	Gambar buram dan kurang jelas
Penyajian	Background kurang menarik

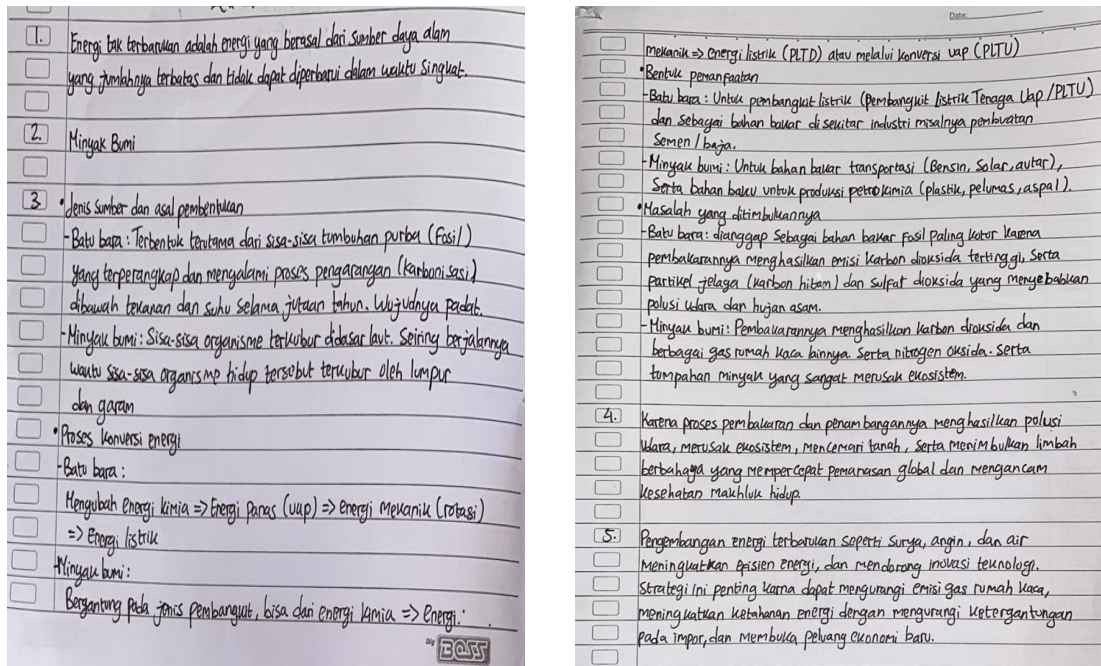
Hasil validasi oleh para ahli menunjukkan adanya bagian yang perlu diubah untuk meningkatkan kualitas media pembelajaran fisika, supaya e-LKPD interaktif lebih efisien dan ramah pengguna jika setiap komponennya ditingkatkan secara tepat.

Tahap keempat *implementation* (penerapan), pada tahapan ini dilakukan ketika sudah divalidasi dan dinyatakan layak oleh validator untuk diuji cobakan (Putri & Hamimah, 2023). E-LKPD diuji cobakan langsung di kelas saat jam pembelajaran fisika berlangsung. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data untuk mengetahui apakah media tersebut dapat membantu meningkatkan pemahaman konsep dengan melakukan *pretest* dan *posttest*. Berdasarkan hasil *pretest*, salah satu siswa, yaitu siswa A memperoleh skor *pretest* paling rendah yaitu 40, yang menunjukkan bahwa pemahaman awal siswa terhadap materi energi tak terbarukan masih terbatas. Setelah mengikuti pembelajaran menggunakan e-LKPD interaktif berbasis *augmented reality*, hasil *posttest* menunjukkan adanya peningkatan pemahaman konsep siswa. Siswa A yang sebelumnya memperoleh skor *pretest* terendah tidak lagi berada pada posisi nilai terendah pada *posttest* yang mendapatkan skor 90. Perbandingan jawaban *pretest* dan *posttest* siswa A setelah menggunakan e-LKPD interaktif berbasis *augmented reality* disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Perbandingan Jawaban *Pretest* dan *Posttest* Siswa A

Selain itu, siswa B yang pada hasil *pretest* memperoleh nilai dalam kategori paling tinggi dan saat *posttest* masih mendapat nilai dalam kategori tertinggi dengan nilai 100. Hal ini menunjukkan konsistensi pemahaman konsep yang sangat baik. Jawaban siswa B dengan skor *posttest* kategori tertinggi disajikan pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Jawaban *Posttest* Siswa B dengan Nilai Kategori Tertinggi

Soal disusun berdasarkan taksonomi Solo. Soal pertama, yaitu “Apa yang dimaksud dengan energi tak terbarukan?”, menuntut siswa menjelaskan pengertian energi tak terbarukan secara tepat dan lengkap. Jawaban siswa pada soal ini dapat menunjukkan apakah siswa masih berada pada tahap *prestructural* (belum memahami konsep) atau sudah mencapai tahap *unistructural*, yakni mampu menyampaikan satu pemahaman yang relevan. Soal kedua, “Sebutkan satu contoh sumber energi tak terbarukan yang kamu ketahui!”, berada pada tingkat *unistructural* karena hanya menuntut satu informasi yang relevan, yaitu satu contoh sumber energi tak terbarukan. Selanjutnya, soal ketiga “Sebutkan tiga aspek berbeda yang terkait dengan energi tak terbarukan (jenis sumber, proses konversi, pemanfaatan, atau masalah yang ditimbulkan!)”. Soal ini berada pada tingkat *multistructural* karena siswa diminta menyebutkan beberapa aspek yang berbeda secara terpisah. Pada tingkat ini, siswa harus mampu mengidentifikasi dan menjelaskan beberapa informasi yang relevan agar memperoleh skor maksimal, meskipun hubungan antar aspek belum dianalisis secara mendalam. Soal keempat, yaitu “Jelaskan bagaimana penggunaan energi tak terbarukan dapat menyebabkan masalah lingkungan!”, termasuk dalam tingkat *relational*. Soal ini menuntut siswa menjelaskan hubungan sebab-akibat antara penggunaan energi tak terbarukan dan dampak lingkungan secara runtut dan terintegrasi. Adapun soal kelima, “Bagaimana strategi untuk mengatasi ketergantungan pada energi tak terbarukan dan mengapa strategi tersebut penting?”, berada pada tingkat *extended abstract* karena menuntut siswa tidak hanya memahami dan menghubungkan konsep, tetapi juga mengembangkan gagasan baru berupa strategi yang disertai alasan logis serta aplikatif. Perbedaan karakteristik soal ini menyebabkan variasi capaian siswa pada setiap tingkat (Alimah et al., 2026). Terdapat siswa yang mampu menjawab dengan sangat baik pada soal *relational* karena mampu mengembangkan penjelasan sebab-akibat secara runtut, namun belum memperoleh skor maksimal pada soal *multistructural* karena tidak menyebutkan seluruh aspek yang diminta secara lengkap. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan capaian tidak semata-mata disebabkan oleh urutan tingkat kognitif yang lebih tinggi atau lebih rendah, tetapi juga dipengaruhi oleh bentuk dan tuntutan jawaban pada masing-masing soal (Fitriana & Fianti, 2024).

Tes *N-Gain* kemudian digunakan untuk menganalisis temuan pretest dan posttest dari 36 siswa. Untuk mengetahui seberapa besar peningkatan skor setiap siswa dari pretest ke posttest, perhitungan *N-Gain* dijalankan pada setiap individu. Skor pretest rata-rata adalah 48, sedangkan skor posttest rata-rata adalah 89, menurut analisis terhadap 36 siswa. Menurut hasil perhitungan, *N-Gain* rata-rata siswa adalah 0,80, yang termasuk dalam kisaran atas. Berdasarkan nilai ini, sebagian besar siswa mengalami peningkatan skor pemahaman konsep yang signifikan setelah pembelajaran menggunakan e-LKPD interaktif berbasis *Augmented Reality*. Dengan demikian, media pemahaman konseptual siswa tentang energi tak terbarukan ditingkatkan oleh model yang dikembangkan. Hal ini sejalan dengan pernyataan (Putri et al., 2022) bahwa pemahaman siswa meningkat jika skor *posttest* lebih tinggi daripada skor *pretest*. Siswa diundang untuk mengisi kuesioner setelah implementasi e-LKPD untuk mengetahui tanggapan mereka. Tabel 7 menampilkan tanggapan dari siswa.

**Tabel 7.** Data Respons Siswa terhadap E-LKPD Interaktif

Aspek	Rata-Rata Persentase (%)	Kategori
Penyajian	91,67	Sangat baik
Materi	89,78	Sangat baik
Kebermanfaatan	90,97	Sangat baik
Keseluruhan	90,80	Sangat Baik

Hasil angket respons siswa, penggunaan e-LKPD interaktif memperoleh tanggapan sangat baik dari semua aspek. Secara umum, siswa menilai bahwa tampilan e-LKPD yang dirancang terlihat menarik, tertata rapi, dan mudah digunakan sehingga memudahkan mereka dalam mengikuti alur pembelajaran. Dari sisi isi, materi yang disajikan dinilai relevan dengan kebutuhan pembelajaran, tersusun secara runtut, serta membantu siswa mengembangkan pemahaman yang lebih jelas tentang mata pelajaran. Selain itu, siswa juga merasakan bahwa e-LKPD interaktif memberikan manfaat nyata dalam mendukung proses belajar, terutama dalam meningkatkan pemahaman konsep melalui penyajian yang interaktif dan terintegrasi dengan teknologi. Berdasarkan hasil angket respon tersebut sejalan pada hasil telitian (Farida et al., 2024) menyatakan bahwa e-LKPD yang dikembangkan diterima dengan sangat baik oleh siswa maka layak digunakan sebagai media pembelajaran.

Tahap kelima yaitu *evaluation* (evaluasi), yang bertujuan memastikan bahwasanya media yang dikembangkan layak digunakan dalam pembelajaran (Rahayu, 2025). Tahap evaluasi ini terdiri atas evaluasi formatif dan evaluasi sumatif. Evaluasi formatif dilakukan pada setiap tahapan pengembangan guna menilai kesesuaian produk (Rhamayanti, 2025). Diawali pada tahap analisis, yaitu dengan menambahkan pertanyaan wawancara mengenai jaringan internet dan metode pembelajaran yang digunakan. Selanjutnya, tahapan *design*, menambahkan bagian refleksi disesuaikan dengan tujuan belajar. Pada tahapan pengembangan, evaluasi difokuskan pada perbaikan produk, seperti pemilihan latar belakang yang kurang menarik serta adanya gambar yang buram atau kurang jelas dan meninjau kesesuaian soal dengan indikator pemahaman konsep taksonomi solo. Revisi tersebut dilaksanakan sesuai saran dari validator. Seluruh saran dan perbaikan yang dilakukan bertujuan untuk menyempurnakan e-LKPD agar siap digunakan dalam pembelajaran serta mampu meningkatkan pemahaman konsep siswa.

Sementara itu, evaluasi sumatif dilakukan setelah e-LKPD dinyatakan layak dan diimplementasikan dalam pembelajaran (Safitri et al., 2022). Evaluasi ini bertujuan untuk mengukur efektivitas produk dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa serta mengetahui respon siswa terhadap penggunaannya (Apriani et al., 2025). Berdasarkan

hasil evaluasi, Validasi oleh tiga ahli menghasilkan persentase kelayakan yang sangat masuk akal sebesar 89,93%. Selain itu, nilai *N-Gain*, yang mengukur pertumbuhan pengetahuan konseptual siswa, menunjukkan skor 0,80, yang dianggap tinggi. Respons siswa terhadap penggunaan e-LKPD juga menunjukkan hasil yang sangat positif dengan persentase sebesar 90,80% dalam kategori sangat baik. Sejalan dengan (Novriani & Hakim, 2021) yang menyatakan data yang diperoleh dan memenuhi kriteria menunjukkan bahwa e-LKPD interaktif Ini telah berhasil dibuat untuk meningkatkan pemahaman konseptual dan menjunjung tinggi standar seluruh proses pembelajaran.

## SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan temuan penelitian yang dilakukan, e-LKPD ialah sangat layak digunakan dilihat dari hasil rata-rata persentase tiga validator yaitu 89,93% yang dikategorikan sangat layak. Selanjutnya penerapan e-LKPD interaktif ini terbukti mampu meningkatkan pemahaman konsep Dengan skor 0,80, kinerja siswa diklasifikasikan sebagai tinggi berdasarkan hasil perhitungan pretest dan posttest menggunakan *N-Gain*. Selanjutnya, reaksi siswa terhadap penggunaan e-LKPD termasuk dalam kategori "sangat baik", yang ditunjukkan oleh hasil angket respon dengan persentase rata-rata sebesar 90,34%. Dengan demikian, e-LKPD interaktif berbasis *Augmented Reality* ini dirancang dengan tepat dan berhasil untuk meningkatkan pemahaman siswa sekolah menengah atas tentang konsep fisika yang berkaitan dengan energi alternatif. Namun demikian, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan, di antaranya jumlah subjek penelitian yang terbatas pada satu kelas dengan 36 siswa di satu sekolah serta penerapan e-LKPD yang hanya difokuskan pada materi energi alternatif. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji penggunaan e-LKPD interaktif berbasis *Augmented Reality* pada materi fisika lainnya serta melibatkan jumlah subjek dan sekolah yang lebih beragam sehingga hasil penelitian dapat memberikan gambaran yang lebih luas mengenai efektivitas penggunaan e-LKPD dalam pembelajaran fisika.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kami berterima kasih kepada seluruh dosen Pendidikan Fisika Universitas Bengkulu yang telah membantu menulis artikel ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alimah, D., Nabila, A., Afiah, S., Ainurohmah, N. H., Malca, N., & Yusa, A. (2026). Analisis Kemampuan Kognitif Siswa Berdasarkan Taksonomi Solo pada Materi Sistem Pencernaan Manusia. *DIAJAR: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 5(1), 204–211. <https://doi.org/10.54259/diajar.v5i1.6449>
- Apriani, Y., Medriati, R., & Setiawan, I. (2025). Pengembangan E-modul Interaktif Model Problem Based Learning Kurikulum Merdeka untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA. *Physics Education Journal (KPEJ)*, 8(1), 254–271. <https://doi.org/10.24815/ajse.v6i1.36356>
- Ariyansah, D., & Sulistyowati, L. H. R. (2021). Pengembangan e- LKPD Praktikum Fisika pada Materi Gerak Harmonik Sederhana Berbantuan Aplikasi Phyphox untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Peserta Didik. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 12(2), 173–181. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v12i2.9052>
- Ashari, S. A., Hermila, A., & Mappalotteng, A. M. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Movie Learning Berbasis Augmented Reality. *Jambura Journal of Informatics*, 4(2), 82–93. <https://doi.org/10.37905/jji.v4i2.16448>
- Farida, G., Engol, S., & Tindangen, M. (2024). Respon Peserta Didik terhadap Penggunaan

- E-LKPD Liveworksheets pada Materi Transformasi Geometri Pendahuluan. *Jurnal Inovasi Refleksi Profesi Guru*, 1(1), 8–14. <https://doi.org/10.30872/jirpg.v1i1.3320>
- Fatimah & Sari, Y. (2025). Merekonstruksi Pembelajaran: Media Interaktif, Gaya Belajar Siswa, dan Kreativitas Guru dalam Menumbuhkan Pemahaman Kontekstual. *Dinamika Sosial: Jurnal Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial*, 4(2), 150–162. <https://doi.org/10.18860/dsjpips.v4i2.17921>
- Fitriana, A., & Fianti. (2024). Analisis Kesesuaian Asesmen Sumatif Akhir Semester Kelas X terhadap Capaian Pembelajaran dan Sebaran Ranah Kognitif pada Kurikulum Merdeka. *Unnes Physics Education Journal*, 13(3), 317–324. <https://doi.org/10.15294/upej.v13i3.19944>
- Hariyono, H. (2023). Penggunaan Teknologi Augmented Reality dalam Pembelajaran Ekonomi: Inovasi untuk Meningkatkan Keterlibatan dan Pemahaman Siswa. *Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 6(11), 9040–9050. <https://doi.org/10.54371/jiip.v6i11.2894>
- Jarmita, N., Iskandar, I., & Mahidin, M. (2020). Pengembangan Media Seven in One ditinjau dari Uji Kelayakan dan Uji Kepraktisan di Kelas V MI/SD di Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Didaktika*, 21(1), 111–126. <https://doi.org/10.22373/jid.v21i1.6317>
- Laily & Yusman. (2025). Pengembangan Media Pembelajaran E-LKPD Fisika Berbantuan Website Liveworksheet untuk Meningkatkan Minat dan Hasil Belajar Peserta Didik. *Jurnal Riset Pendidikan Fisika*, 10(1), 1–12. <https://doi.org/10.17977/um058v10i12025p01-12>
- Marta, Y. M. V., & Ramli, R. (2021). Analisis Kebutuhan Pengembangan Modul Pembelajaran Fisika SMA Berbasis Pendekatan STEM. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah*, 5(2), 95–101. <https://doi.org/10.30599/jipfri.v5i2.918>
- Meka, I. Y., Sudarmin, Wardani, S., Subali, B., Lestari, W., Sukasih, S., & Aeni, K. (2021). Analisis Kebutuhan E-LKPD Berbantuan Canva untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Membaca dan Kemandirian Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 32(3), 167–186. <https://doi.org/10.23969/jp.v9i3.21613>
- Nirmayani, L. H. (2022). Kegunaan Aplikasi Liveworksheet sebagai LKPD Interaktif bagi Guru di Masa Pembelajaran Daring Pandemi Covid 19. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 3(1), 9–16. <https://doi.org/10.55115/edukasi.v3i1.2295>
- Niryan, A., & Habibi, M. (2024). Desain Didaktis Jaring-Jaring Bangun Ruang dengan AR dan Benda Konkret. *Journal of Education Research*, 5(3), 4020–4035. <https://doi.org/10.37985/jer.v5i3.1310>
- Novriani, S., & Hakim, L. (2021). Pengembangan E-LKPD Materi Momentum dan Impuls Berbasis Android untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa. *Jurnal Phenomenon*, 11(1), 29–44. <https://doi.org/10.21580/phen.2021.11.1.7136>
- Putri, N. M., & Hamimah, H. (2023). Pengembangan Multimedia Interaktif Wordwall Menggunakan Model Problem Based Learning pada Pembelajaran IPA. *Journal of Practice Learning and Educational Development*, 3(1), 95–99. <https://doi.org/10.58737/jpled.v3i1.99>
- Putri, W. A. S., Hakim, L., & Sulistyowati, R. (2022). Pengembangan E-LKPD Materi Efek Doppler Berbasis Inkuiri Terbimbing Berbantuan Aplikasi Phyphox untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika. *Orbita: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika*, 8(1), 15. <https://doi.org/10.31764/orbita.v8i1.6828>
- Rachim, M. R., Salim, A., & Mangkurat, U. L. (2024). Pemanfaatan Augmented Reality sebagai Media pembelajaran terhadap Belajar Siswa dalam Pendidikan Modern. *JRIP: Jurnal Riset dan Inovasi Pembelajaran*, 4(1), 594–605. <https://doi.org/10.51574/jrip.v4i1.1407>
- Rahayu, A. (2025). Metode Penelitian dan Pengembangan (R&D) : Pengertian, Jenis dan

- Tahapan. *DIAJAR: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 4(3), 459–470. <https://doi.org/10.54259/diajar.v4i3.5092>
- Rhamayanti, T. S. & Yuni. (2025). Implementasi Pengembangan Model ADDIE pada Dunia Pendidikan. *Jurnal Hasil Penelitian Dan Pengembangan (JHPP)*, 3(2), 85–100. <https://doi.org/10.61116/jhpp.v3i2.561>
- Safitri, W., Budiarmo, A. S., & Wahyuni, S. (2022). Uji Kelayakan E-LKPD Berbasis Problem Based Learning (PBL) untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 13(1), 59–70. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v13i1.11389>
- Saputri, W. (2025). Pengembangan E-LKPD Berbasis Canva dalam Pembelajaran Pendidikan Pancasila Elemen Pancasila. *Jurnal Karya Ilmiah Guru*, 10(1), 333–341. <https://doi.org/10.51169/ideguru.v10i1.1494>
- Sari, I. N., & Sulisworo, D. (2023). Pengembangan LKPD Berbasis Augmented Reality sebagai Media Pembelajaran Matematika. *JNPM (Jurnal Nasional Pendidikan Matematika)*, 7(1), 1–11. <https://doi.org/10.33603/jnpm.v7i1.5347>
- Sari, R. L., & Saregar, A. (2024). E-LKPD Berbasis STEAM dengan Teknologi Augmented Reality (AR): Upaya Melatih Pemahaman. *Kappa Journal Physics & Physics Education*, 3(8), 495–506. <https://doi.org/10.29408/kpj.v8i3.28414>
- Sasmita, P. R., & Hartoyo, Z. (2020). Pengaruh Pendekatan Pembelajaran STEM Project Based Learning terhadap Pemahaman Konsep Fisika Siswa. *Silampari Jurnal Pendidikan Ilmu Fisika*, 2(2), 136–148. <https://doi.org/10.31540/sjipif.v2i2.1081>
- Simanjuntak, M. M., Simanjuntak, G., Panjaitan, M. H., Manik, K. D., Theresia, H., Sinabariba, B., Saragih, S. S., & Hutapea, M. (2026). Transformasi Pendidikan di Era Digital. *Jurnal Studi Islam Lintas Negara (Journal of Cross-Border Islamic Studies)*, 8(1), 1–8. <https://doi.org/10.37567/cbjis.v8i1.4944>
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif dan R&D*. Alfabeta.
- Surani, D., & Fricticarani, A. (2023). Pengaruh Penggunaan Media Augmented Reality Assemblr Edu dalam Meningkatkan Minat Belajar Siswa. *Jurnal Penelitian, Pendidikan dan Pengajaran: JPPP*, 4(3), 209–216. <https://doi.org/10.30596/jppp.v4i3.16429>
- Utami, C. S., & Syahri, W. (2025). Pengembangan E-LKPD Berbasis Problem Based Learning (PBL) dilengkapi dengan Augmented Reality (AR) sebagai Inovasi Pembelajaran Pada Materi Ikatan Kimia Fase F. *Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan*, 4(1), 1173–1179. <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i1.1718>
- Waruwu, M. (2024). Metode Penelitian dan Pengembangan (R&D): Konsep, Jenis, Tahapan dan Kelebihan. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(2), 1220–1230. <https://doi.org/10.29303/jipp.v9i2.2141>