

**PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK ELEKTRONIK (E-LKPD)  
MELALUI PENDEKATAN *PROJECT BASED LEARNING* (PJBL)  
PADA MATERI PENCEMARAN LINGKUNGAN**

**Miftahul Mardiah<sup>1</sup>, Suraida<sup>2</sup>**

Universitas Islam Negeri Sulthan Thaha Saifuddin Jambi

e-mail: [miftahulmardiah99@gmail.com](mailto:miftahulmardiah99@gmail.com)

Diterima; 05/05/2026, Direvisi; 10/05/2026, Diterbitkan; 25/05/2026

**ABSTRAK**


Pemanfaatan media pembelajaran digital di jenjang sekolah menengah hingga kini masih belum optimal, khususnya pada materi pencemaran lingkungan yang sesungguhnya menuntut pendekatan pembelajaran yang lebih kontekstual dan aplikatif. Berangkat dari kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan E-LKPD berbasis *Project Based Learning* (PjBL) untuk siswa kelas XI SMA pada materi pencemaran lingkungan. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE yang pelaksanaannya dibatasi hingga tahap *Development*. Subjek uji coba adalah siswa kelas XI SMA Negeri 4 Kota Jambi, dengan produk yang dikembangkan menggunakan platform Fliphtml5. Hasil validasi oleh para ahli menunjukkan capaian yang sangat memuaskan: ahli bahasa memberikan nilai 92%, ahli materi 91%, dan ahli desain 94% ketiganya masuk dalam kategori *sangat baik*. Uji kepraktisan yang dilakukan oleh guru menghasilkan nilai 90%, sementara respons peserta didik menunjukkan tren yang menggembirakan, yakni meningkat dari 80% pada uji kelompok kecil menjadi 93% pada uji kelompok besar. Lonjakan ini mengindikasikan bahwa produk tidak hanya mudah digunakan, tetapi juga diterima dengan baik oleh siswa. Adapun hasil uji keefektifan menghasilkan nilai *N-Gain Score* sebesar 0,415 yang tergolong dalam kategori *sedang*, menandakan adanya peningkatan hasil belajar yang terukur setelah penggunaan E-LKPD. Secara keseluruhan, E-LKPD berbasis PjBL yang dikembangkan dalam penelitian ini dinilai valid, praktis, dan cukup efektif sebagai media pendukung pembelajaran biologi di SMA.

**Kata Kunci:** E-LKPD, PjBL, Pencemaran Lingkungan, ADDIE, Biologi SMA

**ABSTRACT**

The utilization of digital learning media at the secondary school level is still not optimal, particularly in environmental pollution material, which actually requires a more contextual and applicable learning approach. Based on this condition, this study aims to develop a Project Based Learning (PjBL)-based E-LKPD for eleventh-grade senior high school students on environmental pollution material. This study employed a Research and Development (R&D) method using the ADDIE model, with the implementation limited to the Development stage. The trial subjects were eleventh-grade students of SMA Negeri 4 Kota Jambi, and the developed product utilized the Fliphtml5 platform. The validation results by experts showed highly satisfactory outcomes: the language expert gave a score of 92%, the material expert 91%, and the design expert 94%, all of which were categorized as very good. The practicality test conducted by teachers resulted in a score of 90%, while students' responses demonstrated a positive trend, increasing from 80% in the small-group trial to 93% in the large-group trial. This increase indicates that the product was not only easy to use but also well accepted by students. Furthermore, the effectiveness test produced an *N-Gain Score* of 0.415, which falls into the

Copyright (c) 2026 EDUTECH: Jurnal Inovasi Pendidikan Berbantuan Teknologi

 <https://doi.org/10.51878/edutech.v6i2.10889>



moderate category, indicating a measurable improvement in learning outcomes after the use of the E-LKPD. Overall, the PjBL-based E-LKPD developed in this study was considered valid, practical, and sufficiently effective as a supporting medium for biology learning in senior high schools.

**Keywords:** E-LKPD, PjBL, Environmental Pollution, ADDIE, High School Biology

## PENDAHULUAN


Pendidikan memegang peranan krusial dalam meningkatkan kualitas sumber daya manusia melalui pengembangan potensi, pengetahuan, keterampilan, dan sikap. Selain aspek akademik, pendidikan juga menginternalisasi nilai moral, sosial, dan spiritual sebagai fondasi perilaku individu (Nurkhasanah et al., 2024). Dalam praktiknya, penggunaan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) terbukti memberikan kontribusi positif, seperti menumbuhkan sikap ilmiah, mengasah keterampilan berpikir sistematis, serta memudahkan pendidik dalam mengevaluasi capaian belajar (Ali et al., 2023). Lebih lanjut, LKPD yang dirancang dengan pendekatan yang tepat dinilai efisien dalam pengelolaan sumber daya dan efektif dalam meningkatkan motivasi belajar (Suharsono & Handayani, 2022). Guna mengoptimalkan fungsinya, diperlukan pendekatan yang mendorong keterlibatan aktif siswa dalam pemecahan masalah riil, salah satunya melalui Project Based Learning (PjBL).

Penerapan metode PjBL memungkinkan siswa melampaui penguasaan konsep menuju pengembangan keterampilan abad ke-21, yang mencakup berpikir kritis, kolaborasi, komunikasi, dan kreativitas (Marlina et al., 2025). Hal ini sejalan dengan temuan Dewi dan Arifin (2024), yang secara khusus menganalisis implementasi PjBL dalam pembelajaran biologi pada Kurikulum Merdeka dan menyimpulkan bahwa model ini secara konsisten mendorong terbentuknya kecakapan abad ke-21 pada siswa, mulai dari kemampuan berpikir kritis hingga keterampilan kolaborasi lintas topik. Atas dasar tersebut, pengembangan LKPD berbasis PjBL menjadi esensial untuk mewujudkan pembelajaran biologi yang kontekstual, bermakna, dan berorientasi pada kecakapan hidup.

Berdasarkan observasi melalui angket analisis kebutuhan pada 6 Juni 2025 di SMAN 4 dan SMAN 10 Kota Jambi, ditemukan bahwa kebutuhan pengembangan LKPD lebih mendesak di SMAN 4 Kota Jambi. Saat ini, penyampaian materi pencemaran lingkungan masih didominasi metode konvensional seperti ceramah, diskusi, dan demonstrasi. Keterbatasan bahan ajar menjadi kendala utama bagi guru, sehingga edukasi mengenai perlindungan lingkungan belum tersampaikan secara optimal. Selain itu, belum tersedianya LKPD digital berbasis PjBL mengakibatkan rendahnya aktivitas siswa, khususnya dalam aspek keterampilan proyek terkait perubahan iklim. Kondisi ini relevan dengan temuan Adinata dan Setiawan (2024), yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis lingkungan sekitar mampu menumbuhkan kesadaran konservasi dan meningkatkan keterlibatan siswa secara lebih bermakna dibandingkan pendekatan yang tidak mengaitkan materi dengan konteks lokal.

Beberapa penelitian terdahulu oleh Febriyanti dan Hakim (2023), Hidayati (2024), serta Nabila et al. (2025) mengonfirmasi bahwa LKPD berbasis PjBL pada materi pencemaran lingkungan terbukti valid, praktis, dan mampu meningkatkan kreativitas serta pemahaman konsep siswa. Namun, studi-studi tersebut secara dominan menargetkan siswa kelas X dengan kompleksitas materi yang masih berada pada tingkat pemahaman dasar. Padahal, siswa kelas XI berada pada tahap perkembangan kognitif yang lebih tinggi, yakni tahap operasional formal lanjut, di mana mereka telah mampu melakukan penalaran hipotetico-deduktif, berpikir abstrak secara lebih kompleks, serta mengintegrasikan konsep lintas topik secara mandiri (Lourenco, 2016). Materi pencemaran lingkungan pada jenjang kelas XI dalam Kurikulum Merdeka

Copyright (c) 2026 EDUTECH: Jurnal Inovasi Pendidikan Berbantuan Teknologi

 <https://doi.org/10.51878/edutech.v6i2.10889>



memiliki tuntutan kognitif yang lebih tinggi dibandingkan kelas X, karena mengharuskan siswa menganalisis dampak pencemaran secara multidimensi yang mencakup aspek ekologis, kimiawi, sosial, hingga kebijakan lingkungan serta merancang solusi berbasis proyek yang nyata dan kontekstual (Kemendikbudristek, 2022). Kompleksitas ini membutuhkan bahan ajar yang secara khusus dirancang untuk memfasilitasi kemampuan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills/HOTS*) dan keterampilan investigasi ilmiah yang sesuai dengan tahap perkembangan kognitif siswa kelas XI (Primahesa et al., 2023). Kebutuhan tersebut semakin diperkuat oleh Pratiwi et al. (2024), yang mengembangkan bahan ajar berbasis flipbook digital pada materi perubahan lingkungan dan menemukan bahwa format digital interaktif terbukti meningkatkan pemahaman konsep sekaligus mendorong kemandirian belajar siswa SMA secara signifikan dibandingkan bahan ajar cetak konvensional. Sementara itu, kajian literatur menunjukkan bahwa hingga saat ini belum terdapat penelitian yang secara spesifik mengembangkan E-LKPD berbasis PjBL untuk materi pencemaran lingkungan pada siswa kelas XI dengan konteks lokal perkotaan, khususnya di Kota Jambi. Kesenjangan inilah yang menjadi justifikasi ilmiah utama penelitian ini.

Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan LKPD digital berbasis PjBL yang secara khusus diintegrasikan dengan konteks lokal Kota Jambi. Instrumen ini tidak sekadar dirancang untuk memperkuat pemahaman teoretis siswa lebih dari itu, ia juga bertujuan menstimulasi keterlibatan aktif mereka dalam menyelesaikan proyek-proyek yang berakar pada permasalahan lingkungan di sekitar kehidupan mereka sendiri.

Bertolak dari uraian tersebut, penelitian ini merumuskan tiga pertanyaan penelitian sebagai berikut: (1) Bagaimana proses pengembangan E-LKPD berbasis PjBL pada materi pencemaran lingkungan untuk siswa kelas XI SMA? (2) Bagaimana tingkat kelayakan E-LKPD berbasis PjBL yang dikembangkan berdasarkan penilaian ahli bahasa, ahli materi, dan ahli desain? (3) Bagaimana respons peserta didik terhadap kepraktisan E-LKPD berbasis PjBL yang telah dikembangkan?

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan ADDIE yang dikemukakan oleh Branch (2009). Model tersebut memuat lima tahapan yang tersusun secara sistematis, meliputi *Analysis*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation*. Namun demikian, pelaksanaan penelitian ini hanya mencakup hingga tahap *Development*. Pembatasan ini diambil karena penelitian berfokus pada menghasilkan produk awal berupa Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) berbasis *Project Based Learning* (PjBL) yang telah melewati proses validasi ahli, sehingga belum menjangkau tahap implementasi yang lebih luas maupun evaluasi produk secara menyeluruh di lapangan. Keputusan ini sejalan dengan sejumlah penelitian pengembangan serupa yang juga membatasi cakupannya hingga tahap *development* dengan pertimbangan keterbatasan waktu dan ruang lingkup penelitian (Febriyanti & Hakim, 2023; Hidayati, 2024).

Tahap *Analysis* dilaksanakan untuk mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran, karakteristik peserta didik, muatan kurikulum, serta berbagai permasalahan yang dihadapi guru dan peserta didik pada materi pencemaran lingkungan. Analisis kebutuhan dilakukan melalui penyebaran angket dan kegiatan observasi di SMA Negeri 4 Kota Jambi. Hasilnya mengungkapkan bahwa proses pembelajaran masih didominasi oleh metode konvensional dan belum tersedia bahan ajar digital berbasis proyek yang mampu mendorong keterlibatan aktif peserta didik secara optimal.

Pada tahap *Design*, peneliti menyusun rancangan E-LKPD berbasis PjBL yang mencakup penetapan tujuan pembelajaran, penyusunan materi, perancangan tampilan antarmuka, pengembangan aktivitas proyek, serta penyusunan instrumen penelitian berupa lembar validasi ahli dan angket respons peserta didik. Produk dirancang menggunakan aplikasi Fliphtml5 agar dapat diakses secara fleksibel melalui laptop maupun *smartphone*.

Tahap *Development* merupakan tahap realisasi produk E-LKPD berdasarkan rancangan yang telah disusun pada tahap sebelumnya. Setelah produk selesai dikembangkan, dilakukan validasi oleh ahli materi, ahli bahasa, dan ahli desain guna mengukur tingkat kelayakan produk sebelum diujicobakan secara terbatas kepada peserta didik.

Subjek penelitian terdiri atas validator ahli, guru biologi, dan peserta didik kelas XI SMA Negeri 4 Kota Jambi. Tim validator terdiri dari satu orang ahli materi, satu orang ahli bahasa, dan satu orang ahli desain. Uji kepraktisan melibatkan satu orang guru biologi kelas XI, sementara uji coba produk dilaksanakan dalam dua tahap: kelompok kecil yang melibatkan 8 peserta didik dan kelompok besar yang melibatkan 34 peserta didik. Adapun uji efektivitas dilakukan terhadap 32 peserta didik melalui pemberian *pretest* dan *posttest*.

Instrumen penelitian yang digunakan mencakup lembar validasi ahli, angket kepraktisan untuk guru dan peserta didik, lembar observasi, dokumentasi, serta soal *pretest* dan *posttest*. Pengumpulan data dilakukan melalui empat jalur, yakni observasi, angket, tes, dan dokumentasi. Data kuantitatif diperoleh dari hasil penilaian validator, angket respons, dan capaian tes peserta didik, yang selanjutnya dianalisis menggunakan persentase kelayakan dan rumus *N-Gain Score* menurut Hake (1998). Sementara itu, data kualitatif bersumber dari saran dan komentar validator serta hasil observasi yang dilakukan sepanjang proses pengembangan produk.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

#### Tahap *Analysis* (Analisis)

Tahap analisis merupakan titik awal dalam model pengembangan ADDIE, yang secara khusus bertujuan untuk mengidentifikasi kesenjangan antara kondisi pembelajaran yang berlangsung saat ini dengan kondisi ideal yang diharapkan. Pada tahap ini, analisis kebutuhan dilakukan melalui penyebaran angket kepada guru dan peserta didik di SMA Negeri 4 Kota Jambi. Hasilnya mengungkapkan bahwa pembelajaran biologi pada materi pencemaran lingkungan masih sangat didominasi oleh metode konvensional seperti ceramah dan diskusi, serta belum tersedianya bahan ajar digital yang interaktif dan berbasis proyek. Di sisi lain, analisis karakteristik peserta didik menunjukkan bahwa siswa kelas XI sejatinya telah memiliki kemampuan kognitif yang memadai untuk dilibatkan dalam pembelajaran berbasis proyek namun sayangnya belum difasilitasi dengan bahan ajar yang sesuai dengan potensi tersebut. Hasil analisis kurikulum turut memperkuat urgensi pengembangan ini: materi pencemaran lingkungan dalam Kurikulum Merdeka secara eksplisit menuntut pendekatan pembelajaran yang kontekstual dan berorientasi pada pemecahan masalah nyata, sehingga pengembangan E-LKPD berbasis PjBL dinilai tidak hanya relevan, tetapi juga mendesak untuk segera direalisasikan.

#### Tahap *Design* (Perancangan)

Tahap perancangan dijalankan berlandaskan temuan-temuan yang diperoleh pada tahap analisis. Pada tahap ini, peneliti menyusun kerangka E-LKPD yang mencakup penetapan tujuan pembelajaran, pemilihan model PjBL sebagai pendekatan utama, penyusunan struktur materi pencemaran lingkungan, serta perancangan antarmuka yang menarik dan ramah pengguna.

Komponen E-LKPD yang dirancang meliputi halaman *cover*, kata pengantar, petunjuk penggunaan, capaian pembelajaran, peta konsep, materi inti, langkah-langkah kegiatan proyek, latihan soal, dan daftar pustaka. Pada tahap ini pula ditetapkan penggunaan perangkat lunak Fliphtml5 sebagai platform utama pengembangan sebuah pilihan yang didasarkan pada kemampuannya menghasilkan tampilan buku digital interaktif yang dapat diakses secara fleksibel melalui laptop maupun *smartphone*. Sebagai pelengkap, pada tahap ini juga dirancang instrumen validasi untuk ahli materi, ahli bahasa, dan ahli desain, serta angket kepraktisan yang ditujukan bagi guru dan peserta didik.

### Tahap *Development* (Pengembangan)

Tahap pengembangan merupakan tahap produksi aktual E-LKPD berdasarkan rancangan yang telah disusun sebelumnya. Produk E-LKPD dikembangkan menggunakan software Fliphtml5 dengan mengintegrasikan konten materi pencemaran lingkungan, kegiatan proyek berbasis PjBL, serta elemen multimedia seperti gambar, ilustrasi, dan tata letak yang interaktif. Setelah produk awal selesai dikembangkan, E-LKPD kemudian diserahkan kepada tiga validator ahli, yaitu ahli materi, ahli bahasa, dan ahli desain untuk dinilai kelayakannya sebelum diujicobakan kepada peserta didik. Proses validasi dilakukan secara iteratif, di mana validator memberikan penilaian beserta saran dan catatan perbaikan, kemudian peneliti melakukan revisi produk sesuai masukan yang diberikan hingga produk dinyatakan layak untuk diujicobakan. Hasil validasi dan uji kepraktisan selengkapnya diuraikan pada bagian berikut.

### Hasil Uji Kevalidan E-LKPD

**Tabel 1.** Hasil Validasi E-LKPD Berbasis Project Based Learning (PjBL) oleh Ahli Bahasa, Ahli Materi, dan Ahli Desain

Validator	Aspek yang Dinilai	Hasil Penilaian / Catatan	Persentase	Kategori
Ahli Bahasa	Keefektifan kalimat, kesesuaian konsep dan definisi, kesesuaian data dan fakta, ilustrasi pendukung	Bahasa pada E-LKPD dinilai komunikatif dan sesuai kaidah ilmiah. Ilustrasi pendukung masih perlu penyesuaian pada kualitas dan penempatannya.	92%	Sangat Baik
Ahli Materi	Kesesuaian isi dengan capaian pembelajaran, tujuan instruksional, kemutakhiran materi, kemampuan merangsang keingintahuan peserta didik	Materi sudah sesuai dengan capaian pembelajaran dan tujuan instruksional. Contoh kasus lingkungan disarankan lebih relevan dengan isu lokal terkini. Pendekatan PjBL dinilai mampu meningkatkan rasa ingin tahu dan kemampuan bertanya peserta didik.	91%	Sangat Baik
Ahli Desain	Tipografi cover, ilustrasi isi, kelengkapan penyajian	Tipografi cover memperoleh skor sempurna. Ilustrasi dinilai proporsional, realistis, dan kreatif, namun makna visual masih dapat ditingkatkan. Kelengkapan	94%	Sangat Baik

<b>Rata-rata</b>	Keseluruhan aspek validasi	penyajian memperoleh skor sempurna. E-LKPD berbasis PjBL dinyatakan sangat layak digunakan sebagai bahan ajar materi pencemaran lingkungan.	92,3%	Sangat Baik
------------------	----------------------------	--	-------	-------------

Berdasarkan Tabel 1, hasil validasi E-LKPD berbasis *Project Based Learning* (PjBL) menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan memperoleh kategori sangat baik dari seluruh validator. Validasi oleh ahli bahasa memperoleh persentase sebesar 92%, yang menunjukkan bahwa penggunaan bahasa dalam E-LKPD telah komunikatif, efektif, dan sesuai dengan kaidah penulisan ilmiah, meskipun masih terdapat saran perbaikan pada aspek ilustrasi pendukung. Selanjutnya, validasi oleh ahli materi memperoleh persentase sebesar 91% dengan kategori sangat baik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa isi materi telah sesuai dengan capaian pembelajaran dan tujuan instruksional, serta mampu mendorong rasa ingin tahu peserta didik melalui penerapan pendekatan PjBL. Adapun validasi oleh ahli desain memperoleh persentase tertinggi, yaitu 94%, yang menunjukkan bahwa aspek tampilan, tipografi, ilustrasi, dan kelengkapan penyajian E-LKPD telah tersusun dengan sangat baik. Secara keseluruhan, rata-rata persentase validasi mencapai 92,3%, sehingga E-LKPD berbasis PjBL dinyatakan sangat layak digunakan sebagai bahan ajar pada materi pencemaran lingkungan.

#### Hasil Uji Kepraktisan E-LKPD

**Tabel 2.** Hasil Uji Kepraktisan E-LKPD Berbasis Project Based Learning (PjBL)

Responden	Aspek yang Dinilai	Hasil Penilaian / Catatan	Persentase	Kategori
<b>Guru Biologi Kelas XI</b>	Kemudahan akses dan navigasi, kualitas tampilan, kebermanfaatan, motivasi belajar	E-LKPD dinilai sesuai dengan kebutuhan pembelajaran, mudah digunakan, memiliki tampilan menarik, serta penyajian materi runtut dan jelas.	90%	Sangat Baik
<b>Peserta Didik (Kelompok Kecil / 8 siswa)</b>	Kemudahan akses dan navigasi, kualitas tampilan, kebermanfaatan, motivasi belajar	Peserta didik menilai E-LKPD cukup mudah digunakan dan membantu memahami materi pencemaran lingkungan.	80%	Sangat Baik
<b>Peserta Didik (Kelompok Besar / 34 siswa)</b>	Kemudahan akses dan navigasi, kualitas tampilan, kebermanfaatan, motivasi belajar	Setelah dilakukan revisi produk, E-LKPD dinilai lebih nyaman digunakan, menarik, dan mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran.	93%	Sangat Baik
<b>Rata-rata</b>	<b>Keseluruhan aspek kepraktisan</b>	<b>E-LKPD berbasis PjBL dinyatakan sangat praktis digunakan dalam proses pembelajaran.</b>	<b>87,7%</b>	<b>Sangat Baik</b>

Merujuk pada Tabel 2, hasil uji kepraktisan E-LKPD berbasis *Project Based Learning* (PjBL) secara keseluruhan menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan berada pada kategori *sangat baik*. Uji kepraktisan yang dilakukan oleh guru biologi kelas XI menghasilkan persentase sebesar 90% dengan kategori *sangat baik*. Guru menilai bahwa E-LKPD yang dikembangkan telah sesuai dengan kebutuhan pembelajaran, mudah diakses dan dioperasikan, memiliki tampilan yang menarik, serta menyajikan materi secara runtut dan jelas sehingga dinilai mampu mendukung proses pembelajaran biologi pada materi pencemaran lingkungan secara efektif.

Pada tahap uji kepraktisan kelompok kecil yang melibatkan 8 peserta didik, persentase yang diperoleh adalah 80% dengan kategori *sangat baik*. Peserta didik memberikan respons yang positif, menilai E-LKPD cukup mudah digunakan dan membantu mereka dalam memahami materi pencemaran lingkungan. Capaian ini mengindikasikan bahwa produk yang dikembangkan telah mampu menghadirkan pengalaman belajar yang lebih menarik dan interaktif bagi peserta didik.

Setelah dilakukan revisi berdasarkan masukan yang diperoleh dari uji kelompok kecil, uji kepraktisan pada kelompok besar yang melibatkan 34 peserta didik menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan, dengan persentase mencapai 93% berkategori *sangat baik*. Peserta didik menilai E-LKPD menjadi lebih nyaman digunakan, tampilannya lebih menarik, dan lebih mampu mendorong keterlibatan aktif mereka dalam proses pembelajaran. Secara keseluruhan, rata-rata hasil uji kepraktisan dari seluruh tahapan mencapai 87,7% dengan kategori *sangat baik* sebuah capaian yang menegaskan bahwa E-LKPD berbasis PjBL yang dikembangkan dinyatakan sangat praktis untuk digunakan dalam pembelajaran biologi di SMA.

### Hasil Uji Keefektifan E-LKPD

**Tabel 3.** Uji Efektivitas E-LKPD

Keterangan	Hasil
Jumlah Siswa	32
Rata-rata Pretest	44,69
Rata-rata Posttest	66,25
Rata-rata N-Gain	0,415 (Sedang)
Jumlah Siswa Tuntas	6 siswa (18,75%)
Jumlah Siswa Tidak Tuntas	26 siswa (81,25%)

Uji keefektifan dilakukan untuk mengukur sejauh mana penggunaan E-LKPD berbasis *Project Based Learning* (PjBL) berkontribusi terhadap peningkatan hasil belajar peserta didik pada materi pencemaran lingkungan. Pengukuran dilakukan melalui pemberian *pretest* dan *posttest* kepada 32 peserta didik, yang selanjutnya dianalisis menggunakan rumus *N-Gain Score* (Hake, 1998).

Hasil *pretest* mengungkapkan bahwa kemampuan awal peserta didik masih tergolong rendah, dengan nilai berkisar antara 10 hingga 70 dan rata-rata sebesar 44,69. Setelah mengikuti pembelajaran menggunakan E-LKPD berbasis PjBL, nilai *posttest* menunjukkan peningkatan yang cukup berarti rentang nilai naik menjadi 30 hingga 100 dengan rata-rata 66,25. Secara keseluruhan, terjadi peningkatan nilai rata-rata sebesar 21,56 poin dari *pretest* ke *posttest*.

Meski demikian, jika dilihat dari capaian ketuntasan, hasil *posttest* menunjukkan bahwa hanya 6 peserta didik (18,75%) yang berhasil memenuhi kriteria ketuntasan, sementara 26 peserta didik lainnya (81,25%) masih berada di bawah KKM. Kondisi ini mengisyaratkan bahwa meskipun hampir seluruh peserta didik mengalami peningkatan nilai secara individual, ketuntasan klasikal belum tercapai secara optimal dan pemahaman konsep masih perlu diperkuat melalui penerapan E-LKPD yang lebih komprehensif dan berkelanjutan.

Analisis *N-Gain* menghasilkan rata-rata sebesar 0,415 yang masuk dalam kategori *sedang* (Hake, 1998). Temuan ini mengindikasikan bahwa penggunaan E-LKPD berbasis PjBL memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan pemahaman konsep peserta didik, kendati belum mencapai kategori efektivitas tinggi. Rendahnya ketuntasan klasikal diperkirakan berkaitan erat dengan cakupan implementasi produk yang masih terbatas. Oleh karena itu, efektivitas E-LKPD diperkirakan akan jauh lebih optimal apabila diterapkan pada skala pembelajaran yang lebih luas dengan dukungan pendampingan guru yang lebih intensif dan terstruktur.

## Pembahasan

### Tahap Pengembangan (*Analysis, Design, Development*)

Pengembangan E-LKPD berbasis PjBL dalam penelitian ini mengikuti alur model ADDIE secara sistematis melalui tiga tahap awal: analisis, desain, dan pengembangan. Pada tahap analisis, ditemukan bahwa pembelajaran biologi di SMA Negeri 4 Kota Jambi masih didominasi metode konvensional dan belum tersedianya bahan ajar digital yang interaktif. Kondisi ini sejalan dengan temuan Febriyanti dan Hakim (2023), yang mengidentifikasi permasalahan serupa di sekolah yang berbeda, yakni keterbatasan bahan ajar berbasis digital sebagai faktor utama rendahnya keterlibatan aktif siswa dalam pembelajaran biologi. Keselarasan temuan ini mengonfirmasi bahwa kebutuhan akan E-LKPD berbasis PjBL bukan merupakan fenomena lokal, melainkan permasalahan yang bersifat sistemik di berbagai sekolah menengah atas di Indonesia.

Pada tahap desain dan pengembangan, pemilihan Fliphtml5 sebagai platform pengembangan menghasilkan produk yang kompatibel dengan berbagai perangkat digital. Hal ini selaras dengan temuan Nabila et al. (2025), yang melaporkan bahwa platform berbasis flipbook digital secara signifikan meningkatkan aksesibilitas bahan ajar dan mendukung prinsip *anytime-anywhere learning* yang menjadi tuntutan pembelajaran abad ke-21. Adapun pengintegrasian model PjBL ke dalam struktur E-LKPD sejalan dengan kajian Meng et al. (2023), yang menegaskan bahwa pendekatan berbasis proyek efektif dalam mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills*) sekaligus mengatasi tantangan implementasi yang tidak dapat difasilitasi oleh bahan ajar konvensional. Dengan demikian, ketiga temuan tahap pengembangan ini secara konsisten didukung oleh literatur yang ada.

### Hasil Uji Kevalidan

Hasil validasi E-LKPD oleh tiga validator ahli menunjukkan persentase kelayakan sebesar 92% (ahli bahasa), 91% (ahli materi), dan 94% (ahli desain), dengan rata-rata keseluruhan 92,3% berkategori sangat baik. Hasil ini konsisten dengan temuan Hidayati (2024) yang mengembangkan E-LKPD berbasis PjBL pada materi serupa dan memperoleh tingkat validitas di atas 90%. Hidayati (2024) menyimpulkan bahwa integrasi model PjBL ke dalam bahan ajar digital secara inheren meningkatkan skor kelayakan materi karena pendekatan ini menyelaraskan isi bahan ajar dengan tuntutan pembelajaran kontekstual, dan kesimpulan tersebut relevan pula dengan hasil penelitian ini. Febriyanti dan Hakim (2023) juga melaporkan hasil validasi E-LKPD berbasis PjBL pada materi lingkungan yang mencapai kategori sangat valid. Namun, terdapat satu kesamaan catatan antara penelitian ini dengan Febriyanti dan Hakim (2023), yaitu perlunya perbaikan minor pada kualitas ilustrasi; dalam penelitian ini, ahli desain memberikan skor lebih rendah pada indikator kemampuan ilustrasi dalam mengungkapkan makna, yang identik dengan temuan mereka.

Tingginya skor validasi pada aspek bahasa selaras dengan kriteria kelayakan bahan ajar yang dikemukakan oleh Ningtyas dan Rahmawati (2023), yang menyatakan bahwa keterbacaan dan kejelasan informasi merupakan komponen fundamental yang menentukan kemampuan peserta didik memproses informasi dalam bahan ajar secara mandiri. Skor validasi yang tinggi pada ketiga aspek juga mengindikasikan bahwa E-LKPD yang dikembangkan telah memenuhi standar kelayakan isi, kelayakan bahasa, dan kelayakan penyajian sebagai tiga komponen utama penilaian bahan ajar (Ningtyas & Rahmawati, 2023).

### Hasil Uji Kepraktisan

Hasil uji kepraktisan oleh guru memperoleh persentase 90%, sementara uji kepraktisan peserta didik meningkat dari 80% pada kelompok kecil menjadi 93% pada kelompok besar, seluruhnya berkategori sangat baik. Pola peningkatan nilai kepraktisan dari kelompok kecil ke kelompok besar ini konsisten dengan temuan Nabila et al. (2025), yang melaporkan pola serupa dan menyimpulkan bahwa proses revisi iteratif berbasis masukan uji coba terbatas merupakan kunci keberhasilan pengembangan bahan ajar digital. Kesamaan pola ini menunjukkan bahwa prosedur revisi yang diterapkan dalam penelitian ini berjalan efektif.

Dari sisi guru, tingginya nilai kepraktisan sejalan dengan temuan Rochim et al. (2024), yang menegaskan bahwa bahan ajar yang dirancang secara sistematis berbasis PjBL dalam Kurikulum Merdeka mampu mengurangi hambatan teknis yang dialami guru dalam menerapkan pembelajaran inovatif, sehingga berdampak langsung pada peningkatan mutu pembelajaran yang berkelanjutan. Dari sisi peserta didik, tingginya skor kepraktisan pada aspek motivasi belajar mendukung pernyataan Suharsono dan Handayani (2022), yang melaporkan bahwa bahan ajar berbasis digital dengan tampilan menarik dan navigasi intuitif secara konsisten meningkatkan motivasi belajar dibandingkan bahan ajar cetak konvensional. Tidak ditemukan hasil penelitian yang berlainan dengan temuan kepraktisan ini dalam literatur yang dikaji, yang memperkuat bahwa E-LKPD berbasis PjBL memang terbukti praktis di berbagai konteks pembelajaran.

### Hasil Uji Keefektivan

Hasil uji keefektivan menunjukkan peningkatan rata-rata nilai dari 44,69 pada *pretest* menjadi 66,25 pada *posttest*, dengan rata-rata N-Gain Score sebesar 0,415 yang termasuk kategori sedang (Hake, 1998). Nilai N-Gain kategori sedang ini sejalan dengan temuan Nurkhasanah et al. (2024), yang melaporkan peningkatan pemahaman konsep biologi berbasis PjBL pada kategori N-Gain sedang hingga tinggi, serta mengaitkan variasi kategori tersebut dengan tingkat intensitas dan kelengkapan implementasi di lapangan. Febriyanti dan Hakim (2023) juga melaporkan efektivitas serupa, namun dengan catatan bahwa ketuntasan klasikal yang optimal baru tercapai ketika implementasi dilakukan secara penuh dan terstruktur disertai bimbingan guru yang intensif.

Adapun rendahnya persentase ketuntasan klasikal dalam penelitian ini, yaitu 18,75% (6 dari 32 siswa), perlu diposisikan secara proporsional dalam konteks keterbatasan penelitian yang hanya dilaksanakan hingga tahap *development* tanpa implementasi penuh. Hal ini didukung oleh Hidayat dan Nizar (2021), yang menegaskan bahwa tahap *implementation* dan *evaluation* dalam model ADDIE memiliki peran krusial dalam memaksimalkan efektivitas produk, sehingga hasil uji coba terbatas belum mencerminkan potensi optimal E-LKPD. Dengan demikian, nilai N-Gain kategori sedang yang diperoleh justru merupakan hasil yang wajar dan dapat diinterpretasikan secara positif, mengingat pelaksanaan yang belum dalam kondisi ideal. Yang perlu dicatat sebagai keunggulan konsisten adalah bahwa seluruh 32 peserta didik tanpa terkecuali mengalami peningkatan nilai dari *pretest* ke *posttest*. Hal ini memperkuat kajian Zulyusri et al. (2023), yang menyimpulkan bahwa pembelajaran berbasis proyek yang

dirancang dengan baik secara konsisten menghasilkan peningkatan capaian belajar melalui proses penyelidikan ilmiah dan pemecahan masalah autentik, suatu mekanisme yang tidak dapat difasilitasi melalui pendekatan konvensional. Temuan ini sekaligus menjadi bukti empiris bahwa E-LKPD berbasis PjBL yang dikembangkan layak untuk dilanjutkan ke tahap implementasi penuh guna mencapai ketuntasan klasikal yang optimal.

## KESIMPULAN

Proses pengembangan E-LKPD berbasis PjBL pada materi pencemaran lingkungan untuk siswa kelas XI SMA dikembangkan menggunakan model ADDIE yang dilaksanakan melalui tiga tahap, yaitu analisis (*analysis*), desain (*design*), dan pengembangan (*development*). Tahap analisis mengidentifikasi kebutuhan bahan ajar digital di SMA Negeri 4 Kota Jambi yang selama ini masih bergantung pada metode konvensional. Tahap desain menghasilkan rancangan struktur E-LKPD berbasis PjBL menggunakan platform Fliphtml5 yang kompatibel dengan berbagai perangkat digital. Tahap pengembangan menghasilkan produk E-LKPD yang memuat sintak PjBL secara sistematis, dilengkapi konten materi pencemaran lingkungan bermuatan konteks lokal Kota Jambi, serta telah melalui proses revisi berdasarkan masukan validator sebelum diujicobakan.

Tingkat kelayakan E-LKPD berbasis PjBL berdasarkan penilaian tiga validator ahli memperoleh hasil yang sangat baik. Validasi oleh ahli bahasa menghasilkan persentase kelayakan sebesar 92%, validasi oleh ahli materi sebesar 91%, dan validasi oleh ahli desain sebesar 94%, dengan rata-rata keseluruhan sebesar 92,3% yang termasuk dalam kategori sangat layak. Hasil ini menunjukkan bahwa E-LKPD yang dikembangkan telah memenuhi standar kelayakan isi, bahasa, dan penyajian sebagai bahan ajar digital yang baik dan siap diujicobakan dalam pembelajaran biologi.

Respons peserta didik terhadap kepraktisan E-LKPD berbasis PjBL menunjukkan hasil yang sangat baik. Uji kepraktisan pada kelompok kecil memperoleh persentase sebesar 80%, kemudian meningkat menjadi 93% pada uji kelompok besar, keduanya berada pada kategori sangat praktis. Selain itu, uji kepraktisan oleh guru memperoleh persentase sebesar 90% dengan kategori sangat praktis. Peserta didik menilai E-LKPD mudah diakses melalui berbagai perangkat, memiliki navigasi yang sederhana, tampilan yang menarik, serta aktivitas proyek yang kontekstual dan mendorong keterlibatan aktif dalam pembelajaran.

Berdasarkan hasil penelitian ini, beberapa saran dan rekomendasi diajukan sebagai berikut. Pertama, bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk melanjutkan penelitian hingga tahap *implementation* dan *evaluation* dalam model ADDIE secara penuh agar efektivitas E-LKPD dapat diukur secara optimal, khususnya dalam meningkatkan ketuntasan klasikal yang dalam penelitian ini belum mencapai hasil maksimal akibat keterbatasan tahap uji coba. Kedua, perlu dilakukan pengembangan E-LKPD berbasis PjBL dengan cakupan materi pencemaran lingkungan yang lebih luas atau terintegrasi dengan sub-materi lain dalam Kurikulum Merdeka, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan ajar utama dan bukan sekadar bahan ajar pendukung. Ketiga, peneliti berikutnya disarankan mengkaji efektivitas E-LKPD ini terhadap variabel-variabel lain seperti keterampilan berpikir kritis, literasi lingkungan, dan keterampilan abad ke-21 secara lebih terukur, mengingat pendekatan PjBL memiliki potensi besar dalam mengembangkan kompetensi-kompetensi tersebut. Keempat, bagi guru biologi, E-LKPD berbasis PjBL ini dapat dijadikan referensi dalam merancang bahan ajar digital yang kontekstual dan inovatif, terutama dalam mengimplementasikan Kurikulum Merdeka yang menuntut pembelajaran berbasis proyek dan berpusat pada peserta didik.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Adinata, T., & Setiawan, J. B. (2024). Peran pembelajaran berbasis lingkungan dalam menumbuhkan kesadaran konservasi pada siswa. *Jurnal Cakrawala Pendidikan dan Biologi*, 1(3), 35–40. <https://doi.org/10.61214/jucapenbi.v1i3.184>
- Ali, M., Fitriani, R., & Wahyudi, A. (2023). Validitas lembar kerja peserta didik (LKPD) untuk menumbuhkan kemampuan literasi sains dan sikap ilmiah siswa kelas V sekolah dasar pada topik perpindahan kalor. *DWIJA CENDEKIA: Jurnal Riset Pedagogik*, 7(2), 312–321. <https://doi.org/10.20961/jdc.v7i2.76328>
- Dewi, M. R., & Arifin, Z. (2024). Analysis of 21st century skills in the implementation of Project Based Learning in biology learning Merdeka Curriculum. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(4), 2118–2128. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i4.5941>
- Febriyanti, & Hakim. (2023). Pengembangan LKPD project based learning pada materi pencemaran lingkungan untuk peserta didik SMA kelas X. *Jurnal Pembelajaran Biologi*, 4(1), 1–9. <https://doi.org/10.33369/diklabio.4.1.1-9>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Hidayat, F., & Nizar, M. (2021). Model ADDIE (analysis, design, development, implementation and evaluation) dalam pembelajaran Pendidikan Agama Islam. *Jurnal Inovasi Pendidikan Agama Islam (JIPAI)*, 1(1), 28–38. <https://doi.org/10.15575/jipai.v1i1.11042>
- Hidayati, W. (2024). *Pembelajaran inovatif dalam pendidikan biologi*. Universitas Negeri Surabaya.
- Karo Matunnisa, A. A., Sholih, J. A. U., Hanifah, N., & Prihantini. (2022). Meta analisis model pembelajaran project based learning dalam meningkatkan kemampuan keterampilan abad 21. *Jurnal Pendidikan Sosiologi dan Humaniora*, 13(2), 522–528. <https://doi.org/10.26418/j-psh.v13i2.54755>
- Kemendikbudristek. (2022). *Capaian pembelajaran mata pelajaran biologi fase F untuk SMA/MA*. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia. <https://kurikulum.kemdikbud.go.id/unduh>
- Lourenco, O. (2016). Developmental stages, Piagetian stages in particular: A critical review. *New Ideas in Psychology*, 40, 123–137. <https://doi.org/10.1016/j.newideapsych.2015.08.002>
- Marlina, R., Miaz, Y., Fachruddin, F., & Ardipal. (2025). The influence of project based learning LKPD in improving 21st century skills for class V elementary school students. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(1), 634–641. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i1.8972>
- Meng, N., Dong, Y., Roehrs, D., & Luan, L. (2023). Tackle implementation challenges in project-based learning: A survey study of PBL e-learning platforms. *Educational Technology Research and Development*, 71(1), 77–101. <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10139-3>
- Nabila, Y., Asrizal, A., Amir, H., & Novitra, F. (2025). Analisis kebutuhan pengembangan E-LKPD pencemaran lingkungan terintegrasi project based learning (PjBL) untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 9(2). <https://jptam.org/index.php/jptam/article/view/30955>
- Ningtyas, H. A., & Rahmawati, L. E. (2023). Kelayakan isi, penyajian, kebahasaan, dan kegrafikan bahan ajar teks deskripsi di SMP kelas VII. *Imajeri: Jurnal Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia*, 5(2), 175–186. <https://doi.org/10.22236/imajeri.v5i2.10977>



- Nurkhasanah, N., Purwanto, B. E., & Basukiyatno, B. (2024). Pengembangan lembar kerja peserta didik (LKPD) berbasis model project based learning dalam peningkatan kemampuan berpikir kreatif pada pembelajaran IPA kelas VIII SMP. *Journal of Education Research*, 5(3), 3672–3687. <https://doi.org/10.37985/jer.v5i3.1464>
- Pratiwi, E. P., Halang, B., & Widiyastuti, D. A. (2024). Pengembangan e-handout konsep perubahan lingkungan kelas X SMA berbasis flipbook. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 6(6), 6345–6358. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v6i6.7642>
- Primahesa, A., Sajidan, S., & Ramli, M. (2023). Improving higher order thinking skills in high school biology: A systematic review. *Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi*, 16(1), 206–219. <https://doi.org/10.21009/biosferjpb.26724>
- Rochim, A. A., Baharung, S., & Isnaini, I. (2024). Perencanaan pembelajaran biologi berbasis project based learning pada Kurikulum Merdeka di SMAN 1 Bungku Tengah. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(2), 21540–21548. <https://doi.org/10.31004/jptam.v8i2.15060>
- Suharsono, S., & Handayani, S. (2022). Peningkatan motivasi belajar siswa melalui LKPD interaktif berbasis liveworksheets dalam pembelajaran online. *Inteligensi: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(2), 121–126. <https://doi.org/10.33366/ilg.v4i2.2995>
- Zulyusri, Z., Elfira, I., Lufri, L., & Santosa, T. A. (2023). Literature study: Utilization of the PjBL model in science education to improve creativity and critical thinking skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(1), 133–143. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i1.2555>