


Pengembangan e-LKPD Materi Kimia Hijau Berbasis PjBL Terintegrasi *Chemo-Entrepreneurship* Berorientasi Kreativitas Peserta Didik pada Fase E SMA

Grace Landong Olyvia Panjaitan^{1*}, Epinur², Harizon³

^{1,2,3} Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jambi, Jl. Jambi-Muara Bulian KM. 15, Mendalo Indah, Kec. Jambi Luar Kota, Kab. Muaro Jambi, Jambi, Indonesia.

E-mail: gracelandongolyviap@gmail.com

* Corresponding Author

 <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i1.1618>

ARTICLE INFO

Article history

Received: 23 June 2025

Revised: 29 June 2025

Accepted: 05 July 2025

Kata Kunci:

e-LKPD, Kimia Hijau, PjBL, *Chemo-Entrepreneurship*, Kreativitas.

Keywords:

e-LKPD, Green Chemistry, PjBL, *Chemo-Entrepreneurship*, Creativity.

ABSTRACT

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh keterbatasan bahan ajar interaktif dan kontekstual yang mendukung pembelajaran kimia hijau. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan e-LKPD kimia hijau berbasis PjBL yang terintegrasi dengan *Chemo-Entrepreneurship* dan berorientasi pada kreativitas peserta didik. Pengembangan e-LKPD menggunakan model Lee & Owens, terbatas pada tahap pengembangan. Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara, angket kebutuhan peserta didik, lembar validasi ahli, dan angket respon peserta didik, yang dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif. Hasil menunjukkan bahwa e-LKPD sangat layak digunakan, dengan skor validasi dari ahli materi sebesar 90,6%, ahli media sebesar 92,8%, dan penilaian guru sebesar 86,2%. Uji coba produk melalui tes one-on-one menunjukkan 81,6% jawaban benar dalam kategori sangat baik, sedangkan uji coba kelompok kecil memperoleh respon positif sebesar 89,4%, juga dalam kategori sangat baik. Dengan demikian, e-LKPD yang dikembangkan dinyatakan sangat layak digunakan sebagai bahan ajar dalam pembelajaran kimia hijau.

This research was motivated by limited interactive, contextual teaching materials supporting green chemistry learning. It aimed to develop PjBL-based green chemistry e-LKPD integrating Chemo-Entrepreneurship and oriented toward student creativity. The e-LKPD was developed using the Lee & Owens model, limited to the development stage. Data were collected through interviews, student needs questionnaires, expert validation sheets, and student response questionnaires, analyzed qualitatively and quantitatively. Results showed the e-LKPD was highly feasible, with a material expert validation score of 90.6%, media expert validation of 92.8%, and teacher assessment of 86.2%. Product trials in one-on-one tests showed 81.6% correct answers in the very good category, while small group trials obtained 89.4% positive responses, also in the very good category. Therefore, the developed e-LKPD is concluded to be highly feasible for use as teaching material in green chemistry learning.



This is an open access article under the CC-BY-SA license.

How to Cite: Grace Landong Olyvia Panjaitan, et al (2025). Pengembangan e-LKPD Materi Kimia Hijau Berbasis PjBL Terintegrasi *Chemo-Entrepreneurship* Berorientasi Kreativitas Peserta Didik pada Fase E SMA, 4(1). <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i1.1618>

PENDAHULUAN

Pendidikan adalah upaya untuk mengembangkan kemampuan individu serta meningkatkan kualitas sumber daya manusia sesuai dalam Peraturan Pemerintah Nomor 57 Tahun 2021. Dalam rangka meningkatkan kualitas pendidikan, pemerintah melaksanakan berbagai kebijakan, salah satunya dengan menerapkan Kurikulum Merdeka. Penerapan Kurikulum Merdeka bertujuan untuk menciptakan peserta didik yang tidak hanya memiliki kompetensi yang baik dalam bidang pengetahuan, tetapi juga memiliki

kompetensi abad 21, seperti kemampuan berpikir kritis, berpikir kreatif dan pemecahan masalah, berkomunikasi, serta berkolaborasi (Anton & Trisoni, 2022).

Dalam Kurikulum Merdeka, kimia merupakan salah satu mata pelajaran yang penting. Kimia merupakan bidang ilmu yang mengkaji tentang struktur, sifat-sifat dan energi yang menyertai perubahan suatu materi. Dalam mata pelajaran kimia terdapat beberapa sub topik penting untuk dipelajari, salah satunya adalah kimia hijau. Kimia hijau berfokus pada upaya meminimalisir produk kimia dan proses kimia yang berbahaya bagi manusia, hewan, dan lingkungan. Melalui pembelajaran kimia diharapkan peserta didik memiliki kesadaran akan tanggung jawab untuk menjaga lingkungan dengan menerapkan prinsip-prinsip kimia hijau demi keberlangsungan hidup manusia. Ketercapaian tujuan pembelajaran dalam suatu pelajaran bergantung pada proses pembelajaran.

Menurut UU Sisdiknas Nomor 20 Tahun 2003, pembelajaran diartikan sebagai suatu proses interaksi peserta didik dengan pendidik dan sumber belajar dalam suatu lingkungan belajar. Pembelajaran merupakan proses di mana guru membantu peserta didik dalam meningkatkan kreativitas berpikir, meningkatkan pengetahuan, dan membantu menerapkan pengetahuan baru peserta didik agar menguasai materi pelajaran dengan baik.

Agar peserta didik dapat memahami materi dengan baik, guru membutuhkan bahan ajar yang baik. Dalam UU Sisdiknas Nomor 20 Tahun 2003 disebutkan bahwa bahan ajar berperan penting dalam tercapainya tujuan pembelajaran. Salah satu bahan ajar yang dapat diterapkan yaitu lembar kerja peserta didik (LKPD), berupa lembaran berisi arahan untuk aktivitas belajar yang harus dilakukan peserta didik (Muzayyanah et al., 2020). Lembar kerja peserta didik memberikan stimulus kepada peserta didik untuk melaksanakan aktivitas nyata terhadap suatu permasalahan tertentu baik individu maupun kelompok (Cholifah & Novita, 2022). Penggunaan LKPD memungkinkan peserta didik ikut serta aktif dalam pembelajaran dan membantu peserta didik untuk menguasai materi. Seiring perkembangan zaman LKPD dapat dimodifikasi ke dalam bentuk media elektronik digital (e-LKPD). Dengan menggunakan e-LKPD, materi kimia hijau dapat disajikan secara menarik dan dapat dengan mudah diakses melalui pc/laptop maupun *smartphone*.

Berdasarkan hasil analisis terhadap LKPD kimia hijau terdahulu, mayoritas LKPD belum memenuhi syarat-syarat LKPD yang baik. Seperti yang dikemukakan oleh Darmodjo et al. dalam Wardani (2022), bahwa LKPD yang baik harus memenuhi syarat didaktik, konstruksi, dan teknik. Adapun kelemahan dari LKPD kimia hijau terdahulu yaitu: dari segi didaktik, LKPD belum menggunakan model pembelajaran yang tepat dan tidak mencantumkan tujuan pembelajaran; secara konstruksi, LKPD tidak dilengkapi dengan petunjuk penggunaan dan tata letak komponen LKPD yang kurang tepat; sedangkan secara teknis, desain LKPD kurang menarik, beberapa warna *background* yang digunakan kurang serasi, penyajian gambar yang kurang jelas, dan beberapa disajikan dalam format cetak.

Berdasarkan hasil observasi terhadap 43 peserta didik kelas X Fase E.1 dan wawancara langsung dengan guru kimia di SMA Negeri 3 Kota Jambi. Peneliti menemukan bahwa dalam proses pembelajaran kimia hijau belum menggunakan LKPD hanya menggunakan buku cetak sebagai sumber belajar. Meskipun sekolah memiliki fasilitas laboratorium komputer yang memadai dan seluruh peserta didik diperbolehkan menggunakan *smartphone* di sekolah, pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran kimia hijau masih belum optimal. Dalam mengajar kimia hijau, guru telah menggunakan model PjBL (*Project Based Learning*), namun dikarenakan tidak adanya panduan yang sistematis untuk mengarahkan aktivitas proyek secara efektif, pelaksanaan proyek tidak mencapai hasil yang optimal. Pemahaman peserta didik terkait materi kimia hijau juga masih sangat kurang, di mana sebanyak 60,5% peserta didik merasa kesulitan dalam memahami materi kimia hijau. Sehingga, 90,7% peserta didik setuju bahwa mereka membutuhkan bahan ajar yang menarik untuk mempelajari materi kimia hijau.

Dengan demikian, perlu adanya pengembangan LKPD khususnya pada materi kimia hijau yang lebih sistematis dan memenuhi syarat-syarat LKPD yang baik sehingga dapat mendukung proses pembelajaran yang lebih efektif dan bermakna. Bahan ajar e-LKPD yang dikembangkan dikombinasikan dengan model *Project Based Learning* (PjBL) dan diintegrasikan dengan pendekatan *Chemo-Entrepreneurship* yang berorientasi pada kreativitas peserta didik. Model PjBL merupakan model pembelajaran yang menjadikan proyek sebagai proses pembelajaran. Model PjBL dipilih karena dapat memfasilitasi peserta didik untuk terlibat aktif melalui pengerjaan proyek yang nyata dan relevan, sehingga mampu meningkatkan keterlibatan, pemahaman, dan interaksi peserta didik dalam

pembelajaran (Arsyad & Fahira, 2023; Jusita, 2019). Sementara itu, pendekatan *Chemo-Entrepreneurship* menekankan keterkaitan konsep kimia dan aktivitas kewirausahaan, dan mendorong peserta didik untuk menghasilkan produk bernilai ekonomi sesuai prinsip kimia hijau (Qurniati, 2021; Kusumaningtyas et al., 2018). Integrasi antara model PjBL dan pendekatan *Chemo-Entrepreneurship* mendukung pembelajaran kimia hijau yang tidak hanya berfokus pada penguasaan konsep, tetapi juga mengasah kreativitas dalam menerapkan prinsip-prinsip kimia hijau melalui kegiatan proyek (Nugraha et al., 2023).

Untuk mendukung pengembangan e-LKPD yang interaktif, peneliti menggunakan Canva sebagai media desain untuk membuat tampilan materi kimia hijau lebih menarik, serta Heyzine FLipbook sebagai platform penyajian e-LKPD dalam format digital yang dapat diakses secara online. Penggunaan Heyzine Flipbook memungkinkan peserta didik berinteraksi dengan konten melalui fitur multimedia seperti tautan, gambar, video, dan audio, sehingga mendukung pembelajaran yang fleksibel dan meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran (Fauzy et al., 2024).

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan e-LKPD materi kimia hijau yang dikombinasikan dengan model PjBL dan terintegrasi *Chemo-Entrepreneurship*, dengan orientasi pada pengembangan kreativitas peserta didik fase E SMA. Bahan ajar e-LKPD yang dikembangkan diharapkan dapat menjadi bahan ajar yang valid dan dapat mendukung pembelajaran kimia hijau.

METODE

Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian pengembangan (*Research and Development*) dengan menggunakan model pengembangan Lee & Owens, terdiri dari tahap: analisis (*analysis*), desain (*design*), pengembangan (*development*), implementasi (*implementation*) dan evaluasi (*evaluation*) (Lee & Owens, 2004). Penelitian ini dibatasi sampai tahap pengembangan.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2024/2025 di SMA Negeri 3 Kota Jambi.

Subjek Penelitian

Penelitian ini menjadikan peserta didik kelas X Fase E.1 di SMA Negeri 3 Kota Jambi sebagai subjek penelitian. Teknik penentuan subjek penelitian menggunakan *purposive sampling* untuk melihat respon peserta didik terhadap e-LKPD yang dikembangkan dan menilai kelayakan produk.

Prosedur

Pengembangan e-LKPD dilaksanakan melalui tahap model pengembangan Lee & Owens, meliputi: analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Penelitian ini dibatasi sampai tahap pengembangan. Pada tahap analisis, dilakukan analisis kebutuhan dan analisis awal-akhir melalui studi literatur, wawancara dengan guru kimia dan penyebaran angket kebutuhan kepada peserta didik untuk mengidentifikasi kebutuhan peserta didik.

Selanjutnya, pada tahap desain, dilakukan pembentukan tim, penyusunan jadwal penelitian, penetapan spesifikasi e-LKPD, penyusunan struktur materi, serta pembuatan *flowchart* dan *storyboard*. Kemudian, pada tahap pengembangan, e-LKPD dikembangkan menggunakan Canva dan dikonversi ke format elektronik melalui Heyzine Flipbook. Produk yang telah dikembangkan divalidasi oleh ahli materi, ahli media, lalu direvisi berdasarkan saran dan masukan dari ahli. Setelah itu, dilakukan penilaian oleh guru kimia sebagai praktisi untuk memastikan kelayakan produk sebelum uji coba kepada peserta didik.

Setelah itu, dilakukan uji coba terbatas berupa uji coba satu dan uji coba kelompok kecil untuk mengetahui kelayakan e-LKPD yang dikembangkan sebagai bahan ajar dalam pembelajaran kimia hijau. Tahap implementasi dibatasi pada kegiatan penyusunan perangkat ajar pendukung berupa modul ajar sebagai panduan bagi guru untuk menggunakan e-LKPD yang telah dikembangkan. Terakhir, tahap evaluasi dilakukan secara formatif pada setiap tahap untuk memastikan produk yang dikembangkan sesuai dengan rencana yang diinginkan.

Data, Instrumen, dan Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data kualitatif dan kuantitatif. Jenis data dalam penelitian ini mencakup data kualitatif dan kuantitatif. Sumber data kualitatif meliputi hasil observasi, wawancara

guru, validasi tim ahli, serta penilaian guru yang memuat saran revisi terhadap e-LKPD. Sementara data kuantitatif diperoleh dari hasil skor validasi ahli media dan ahli materi, penilaian guru, serta respon peserta didik.

Pengumpulan data menggunakan instrumen berupa wawancara dan angket untuk mengevaluasi kelayakan e-LKPD. Instrumen angket mencakup angket analisis kebutuhan peserta didik, validasi dari ahli materi dan media, penilaian guru, instrumen tes soal *fill in*, dan angket respon peserta didik.

Instrumen pengumpulan data menggunakan lembar wawancara dan angket terhadap kelayakan produk e-LKPD. Instrumen angket meliputi: angket analisis kebutuhan peserta didik, angket validasi ahli materi dan media, angket penilaian guru, instrumen tes soal *fill in*, dan angket respon peserta didik. Pengumpulan data dilakukan dengan menyerahkan lembar validasi kepada validator ahli dan memberikan instrumen soal *fill in* serta angket respon kepada peserta didik setelah mereka mencoba menggunakan e-LKPD.

Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil wawancara dan angket dianalisis secara deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Data hasil wawancara dengan guru dan saran perbaikan dari tim ahli dianalisis secara kualitatif. Sementara itu, data skor dari angket analisis kebutuhan, angket validasi ahli materi dan media, penilaian guru, dan respon peserta didik dianalisis secara kuantitatif.

Data hasil angket kebutuhan dianalisis menggunakan skala penilaian dengan rumus berikut.

$$\text{Persentase skor} = \frac{\text{jumlah skor yang diperoleh}}{\text{skor total}} \times 100\%$$

Data hasil validasi ahli materi, ahli media, dan penilaian guru diklasifikasikan melalui rerata skor dengan menggunakan rumus:

$$\text{Rata-rata Skor} = \frac{\text{Jumlah Skor}}{\text{Jumlah Butir}}$$

Kemudian rata-rata skor yang diperoleh diklasifikasikan berdasarkan kriteria penilaian yang disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kriteria Penilaian Angket Validasi Ahli Materi, Ahli Media, dan Penilaian Guru

No.	Rerata skor jawaban	Kriteria
1	>4,2 - 5,0	Sangat Baik (SB)
2	>3,4 - 4,2	Baik (B)
3	>2,6 - 3,4	Cukup Baik (CB)
4	>1,8 - 2,6	Tidak Baik (TB)
5	1,0 - 1,8	Sangat Tidak Baik (STB)

Sumber: (Widoyoko, 2012)

Sementara itu, skor yang diperoleh dari hasil angket respon peserta didik diolah untuk menentukan persentase kelayakan menggunakan persamaan berikut.

$$K = \frac{F}{N \times I \times R} \times 100\%$$

Keterangan:

K = Persentase kelayakan

F = Jumlah keseluruhan jawaban responden

N = Skor tertinggi dalam angket

I = Jumlah pertanyaan dalam angket

R = Jumlah responden

Selanjutnya, persentase kelayakan yang diperoleh dikategorikan menggunakan kriteria penilaian pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Kriteria Penilaian Persentase Angket Respon Peserta Didik

No.	Skala Nilai (%)	Kriteria
1	>81-100	Sangat Baik (SB)
2	>61-80	Baik (B)
3	>41-60	Cukup Baik (CB)
4	>21-40	Tidak Baik (TB)
5	0-20	Sangat Tidak Baik (STB)

Sumber: (Riduwan, 2015)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan bahan ajar lembar kerja peserta didik elektronik (e-LKPD) kimia hijau berbasis PjBL yang terintegrasi dengan pendekatan chemo-entrepreneurship serta berorientasi pada kreativitas peserta didik. Pengembangan e-LKPD ini dilakukan sebagai solusi atas keterbatasan bahan ajar interaktif dan aplikatif pada pembelajaran kimia hijau di SMA Negeri 3 Kota Jambi, sekaligus untuk mengatasi kelemahan LKPD kimia hijau yang telah ada sebelumnya. Hal ini selaras dengan penelitian Suryaningsih & Nurlita (2021) yang mengungkapkan bahwa pembelajaran abad 21 memerlukan bahan ajar yang inovatif, relevan dengan kehidupan sehari-hari, dan berbasis teknologi untuk meningkatkan partisipasi peserta didik.

Pengembangan e-LKPD ini dilakukan dengan memanfaatkan aplikasi Canva dan platform Heyzine Flipbook. Proses pengembangan berpedoman pada model Lee and Owens meliputi lima tahap, yaitu analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Model pengembangan Lee and Owens dipilih karena beberapa alasan, yaitu model ini secara khusus untuk mengembangkan suatu multimedia, memiliki langkah-langkah pengembangan yang jelas dan sistematis pada setiap tahap, telah banyak diimplementasikan dalam penelitian serupa, menghasilkan produk yang berkualitas, dan mendukung fleksibilitas dalam mengembangkan produk digital.

Tahap analisis terbagi menjadi dua, yaitu analisis kebutuhan (*need assessment*) dan analisis awal-akhir (*front-end analysis*). Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, pembelajaran kimia hijau di sekolah belum didukung bahan ajar yang interaktif, dimana guru belum pernah menggunakan bahan ajar elektronik seperti e-LKPD dalam proses pembelajaran kimia hijau. Meskipun pembelajaran berbasis proyek telah diterapkan, pelaksanaannya masih bersifat lisan dan belum memiliki panduan tertulis yang sistematis. Hal ini berdampak pada 60,5% peserta didik mengalami kesulitan memahami materi kimia hijau karena keterbatasan bahan ajar yang hanya mengandalkan buku paket. Hasil analisis karakteristik peserta didik menunjukkan bahwa 90,7% peserta didik memiliki perangkat digital dan 88,4% menyukai pembelajaran menggunakan *smartphone*, sedangkan 76,8% menyukai pembelajaran kontekstual berbasis proyek. Hasil analisis tujuan pembelajaran dan materi menunjukkan bahwa capaian pembelajaran kimia hijau relevan dikembangkan melalui proyek pembuatan sabun dari minyak jelantah, karena materi kimia hijau bersifat kontekstual, aplikatif, dan mendukung model pembelajaran berbasis proyek. Selain itu, hasil analisis teknologi pendidikan menunjukkan bahwa baik infrastruktur sekolah maupun kebiasaan belajar peserta didik menunjukkan kesiapan dalam mendukung pengembangan bahan ajar digital.

Tahap desain mencakup kegiatan pembentukan tim, penjadwalan penelitian, penentuan spesifikasi media, penyusunan materi, pembuatan *flowchart* dan *storyboard*, serta pengumpulan bahan berupa gambar dan video yang akan digunakan pada produk. *Flowchart* dirancang untuk menggambarkan alur penyajian dari materi pada e-LKPD, sedangkan *storyboard* digunakan untuk merancang tampilan dari setiap halaman dalam e-LKPD. *Storyboard* disusun berdasarkan sintaks model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL), yang mencakup (1) pertanyaan mendasar, (2) mendesain perencanaan proyek, (3) menyusun jadwal pembuatan proyek, (4) memonitor kegiatan proyek, (5) menguji hasil, (6) mengevaluasi pengalaman. Tahap desain ini penting untuk memastikan produk e-LKPD yang dikembangkan memiliki arah yang jelas, fungsional, dan mendukung tujuan pembelajaran.

Dalam mendesain produk, peneliti berlandaskan pada beberapa teori belajar yang relevan, yaitu teori belajar kognitivisme, konstruktivisme, behaviorisme, dan konstruktivisme sosial Vygotsky. Teori kognitivisme berkontribusi dalam penyajian materi dan soal dalam e-LKPD untuk menstimulasi proses berpikir peserta didik. Dalam e-LKPD, peserta didik diajak untuk mengaitkan pengetahuan awal dengan informasi baru, sehingga mengaktifkan peserta didik dalam menggali informasi, menganalisis masalah, dan merancang solusi melalui proyek pembuatan sabun dari minyak jelantah. Teori belajar konstruktivisme berkontribusi dalam pengembangan aktivitas pembelajaran yang menuntut peserta didik untuk membangun sendiri pemahamannya melalui pengalaman langsung dan eksplorasi. Dalam e-LKPD, peserta didik terlibat aktif dalam menyelesaikan proyek pembuatan sabun dari minyak jelantah, sehingga mereka belajar melalui pengalaman mereka sendiri. Teori belajar behaviorisme berperan dalam pemberian penguatan atau *reinforcement*. Peserta didik yang berhasil menyelesaikan tugas dengan baik mendapatkan umpan balik positif melalui sistem evaluasi yang disediakan dalam e-LKPD, sehingga memperkuat perilaku belajar yang diinginkan. Sementara itu, teori konstruktivisme sosial dari Vygotsky

berperan melalui aspek kolaborasi dalam pembelajaran berbasis proyek. Dalam e-LKPD ini, kegiatan proyek didesain untuk mendorong diskusi kelompok, berbagi ide, dan bekerja sama menyelesaikan tugas, sehingga pembelajaran lebih bermakna dan sosio-kontekstual.

Tahap berikutnya, yaitu tahap pengembangan, produk dibuat berdasarkan flowchart dan storyboard yang telah dirancang sebelumnya. Dalam mengembangkan e-LKPD, peneliti menggunakan aplikasi Canva untuk menyusun konten visual dan platform Heyzine Flipbook untuk mengemas e-LKPD menjadi bahan ajar digital interaktif. Proses pengembangan juga mempertimbangkan aspek visual dari e-LKPD yang dikembangkan, yaitu dengan menerapkan latar belakang bertema alam untuk mencerminkan nilai-nilai dari konsep kimia hijau. Tata letak komponen dalam e-LKPD ini disusun secara konsisten di setiap halaman untuk memudahkan peserta didik dalam memahami alur kegiatan. Halaman utama dilengkapi dengan tombol navigasi interaktif yang mengarah ke bagian penting, seperti CP dan TP, peta konsep, materi, proyek, dan evaluasi yang memudahkan peserta didik untuk menggunakan e-LKPD secara mandiri. Selain itu, jenis huruf yang digunakan adalah tipe sans-serif yang mudah dibaca, dengan ukuran dan spasi yang disesuaikan untuk kenyamanan membaca di layar.

Sebelum produk diujicobakan, produk awal dari tahap pengembangan divalidasi oleh tim ahli untuk menilai kelayakannya. Validasi ahli materi dilaksanakan dalam dua tahap. Pada validasi tahap pertama, diperoleh saran dan masukan dari validator, yaitu penambahan pengantar keamanan bahan kimia sebelum melakukan proyek dan perbaikan penulisan isi materi. Produk kemudian direvisi berdasarkan masukan tersebut, lalu dilanjutkan dengan proses validasi tahap kedua. Hasil validasi kedua dari ahli materi disajikan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Data Hasil Validasi Ahli Materi

Aspek Penilaian	No.	Indikator	Skor
Relevansi dengan kurikulum	1.	Kesesuaian capaian pembelajaran dengan tujuan pembelajaran terhadap kurikulum yang digunakan	5
	2.	Kesesuaian tujuan pembelajaran dengan alur tujuan pembelajaran	5
	3.	Kesesuaian antara materi kimia hijau dengan capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, dan alur tujuan pembelajaran pada e-LKPD berbasis PjBL	5
	4.	Kejelasan materi yang disajikan pada e-LKPD	4
	5.	Kelengkapan materi mencakup konsep kimia hijau, prinsip PjBL, dan <i>Chemo-Entrepreneurship</i> secara menyeluruh	5
	6.	Kesesuaian materi dengan konsep kimia hijau dan <i>chemo-entrepreneurship</i>	5
Isi	7.	Alur penyajian materi pada e-LKPD mengikuti langkah-langkah sintaks model pembelajaran PjBL	5
	8.	Kesesuaian gambar dan video dengan materi	4
	9.	Proyek yang diberikan relevan dengan materi kimia hijau dan mendukung penerapan prinsip PjBL	5
	10.	Materi yang disajikan benar, akurat, dan mudah untuk dipahami	4
	11.	Penerapan PjBL dan <i>Chemo-Entrepreneurship</i> pada e-LKPD mampu memfasilitasi kreativitas peserta didik	4
	12.	Tampilan dan gaya penyajian materi menarik, interaktif, dan mampu menarik minat belajar peserta didik	5
Asesmen	13.	Kesesuaian antara capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, dan alur tujuan pembelajaran pada soal dalam e-LKPD	4
Kebahasaan	14.	Kebakuan bahasa yang digunakan dalam e-LKPD	4
	15.	Penggunaan bahasa yang mudah dipahami	4
Jumlah Skor			68

Aspek Penilaian	No.	Indikator	Skor
Rata-rata Skor			4,53
Persentase			90,6%

Hasil validasi yang dilakukan oleh ahli materi menunjukkan total skor 68 dengan rata-rata 4,53 serta persentase kelayakan sebesar 90,6%. Nilai tersebut masuk dalam interval 4,2-5,0 yang menunjukkan kategori kelayakan tertinggi, yaitu “Sangat Layak”. Hasil ini menunjukkan bahwa e-LKPD telah memenuhi prinsip didaktik dan substansi isi yang kuat. Kelayakan ini menjadi pondasi penting dalam pencapaian tujuan pembelajaran berbasis chemo-entrepreneurship yang mendorong kreativitas dan minat wirausaha peserta didik. Temuan ini sesuai dengan penelitian Milaningsih et al. (2023) yang menunjukkan bahwa e-LKPD bermuatan chemo-entrepreneurship sangat layak dan mampu meningkatkan minat wirausaha peserta didik.

Validasi ahli media dilaksanakan dalam dua tahap. Pada validasi tahap pertama, diperoleh saran dan masukan dari validator, yaitu penambahan sumber gambar dan penyesuaian kolom isian agar lebih interaktif. Produk kemudian direvisi berdasarkan masukan tersebut, lalu dilanjutkan dengan proses validasi tahap kedua. Hasil validasi kedua dari ahli media disajikan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Data Hasil Validasi Ahli Media

Aspek Penilaian	No.	Indikator	Skor
Relevansi dengan Kurikulum	1.	Kesesuaian antara materi kimia hijau dengan capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, dan alur tujuan pembelajaran pada e-LKPD berbasis PjBL	4
	2.	Kejelasan dan kelengkapan isi e-LKPD	5
	3.	Ketepatan jenis dan ukuran huruf	5
	4.	Kesesuaian latar belakang (<i>background</i>)	4
Tampilan Media	5.	Kejelasan teks, gambar, dan video	5
	6.	Kesesuaian tata letak teks, gambar, dan video	4
	7.	Keterkaitan gambar dan video dengan materi	5
	8.	Kombinasi warna yang digunakan pada e-LKPD	4
	9.	Ketepatan tata letak tombol dan ikon	5
Kebahasaan	10.	Kebakuan bahasa yang digunakan dalam e-LKPD	5
	11.	Penggunaan bahasa yang mudah dipahami	5
Asesmen	12.	Kesesuaian antara capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, dan alur tujuan pembelajaran pada soal dalam e-LKPD	4
Kemudahan	13.	Kemudahan dalam penggunaan e-LKPD	5
Penggunaan	14.	Penggunaan e-LKPD dapat digunakan secara mandiri	5
Jumlah Skor			65
Rata-rata Skor			4,64
Persentase			92,8%

Hasil validasi yang dilakukan oleh ahli media menunjukkan total skor 65 dengan rata-rata 4,64 serta persentase kelayakan sebesar 92,8%. Nilai tersebut masuk dalam interval 4,2-5,0 yang menunjukkan kategori kelayakan tertinggi, yaitu “Sangat Layak”. Temuan ini sesuai dengan penelitian oleh Aisyah et al. (2024) yang menunjukkan bahwa e-LKPD berbasis flipbook memperoleh penilaian sangat layak dari aspek tampilan dan interaktivitas, sehingga memperkuat bahwa kualitas visual dan kemudahan navigasi merupakan indikator penting terhadap kelayakan suatu bahan ajar digital.

Setelah divalidasi oleh tim ahli, selanjutnya e-LKPD dinilai oleh guru kimia sebagai praktisi pembelajaran. Hasil penilaian oleh guru kimia disajikan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Data Hasil Penilaian Guru

Aspek Penilaian	No.	Indikator	Skor
Tampilan Media	1.	Halaman cover e-LKPD menarik dan sesuai dengan materi kimia hijau	5
	2.	Kombinasi warna pada e-LKPD sesuai dan mendukung keterbacaan	4
	3.	Kesesuaian keterkaitan gambar dan video dengan materi	4
	4.	Kesesuaian tata letak teks, gambar, video dan tombol navigasi	4
Isi	5.	Kesesuaian materi dengan Capaian Pembelajaran dan Alur Tujuan Pembelajaran	4
	6.	Kejelasan dan kelengkapan materi yang disajikan	4
	7.	Kesesuaian materi dengan konsep kimia hijau dan <i>chemo-entrepreneurship</i>	5
	8.	Alur penyajian materi pada e-LKPD sesuai dengan sintaks model pembelajaran PjBL	4
Kebahasaan	9.	Bahasa yang digunakan dalam e-LKPD sesuai dengan PUEBI	4
	10.	Bahasa yang digunakan dalam e-LKPD mudah dipahami	4
Asesmen	11.	Kesesuaian soal dengan tujuan pembelajaran pada e-LKPD	4
Kemudahan Penggunaan	12.	Kemudahan dalam penggunaan e-LKPD	4
	13.	Penggunaan e-LKPD dapat digunakan secara mandiri	5
Kebermanfaatan	14.	Penggunaan e-LKPD dapat memotivasi peserta didik untuk belajar	5
	15.	Penggunaan e-LKPD mampu memfasilitasi kreativitas peserta didik	4
	16.	e-LKPD ini berpotensi menumbuhkan jiwa kewirausahaan peserta didik	5
Jumlah Skor			69
Rata-rata Skor			4,31
Persentase			86,2%

Hasil instrumen penilaian oleh guru kimia, diperoleh total skor 69 dengan rata-rata skor 4,31 serta persentase kelayakan sebesar 86,2%. Nilai tersebut masuk dalam interval 4,2-5,0 yang menunjukkan kategori kelayakan tertinggi, yaitu “Sangat Layak”. Guru mengungkapkan bahwa e-LKPD ini menarik, mudah digunakan, dan sesuai dengan sintaks PjBL. Selain itu, guru menilai bahwa e-LKPD mampu meningkatkan motivasi, kreativitas, dan jiwa kewirausahaan peserta didik. Temuan ini sesuai dengan penelitian Marziah (2023) bahwa penerapan pendekatan chemo-entrepreneurship dapat meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran dan peserta didik menjadi termotivasi untuk berwirausaha. Dengan demikian, penilaian positif guru sebagai praktisi menunjukkan bahwa bahan ajar e-LKPD yang dikembangkan telah sesuai dengan kebutuhan di lapangan dan dapat digunakan dalam pembelajaran kimia hijau.

Setelah dinilai oleh ahli materi, ahli media, dan guru kimia, serta produk dinyatakan layak untuk tahap uji coba kepada peserta didik. Peneliti kemudian melaksanakan uji coba satu-satu dan uji coba kelompok kecil. Pada uji coba satu-satu, sebanyak tiga orang peserta didik berpartisipasi dengan tingkat kognitif yang berbeda-beda. Pelaksanaan uji coba dengan cara peserta didik diberikan tautan e-LKPD dan diarahkan untuk mempelajarinya secara mandiri. Setelah itu, peserta didik diminta untuk mengisi soal isian dan memberikan tanggapan. Berdasarkan hasil uji coba satu-satu, didapatkan persentase jawaban benar peserta didik sebesar 81,6% dengan kategori “sangat baik”. Peserta didik mampu mengoperasikan e-LKPD secara mandiri dan menjawab soal dengan benar. Peserta didik juga menunjukkan pemahaman terhadap prinsip kimia hijau. Berdasarkan temuan ini, diketahui bahwa

peserta didik dengan tingkat kognitif yang berbeda-beda dapat dengan mudah menggunakan e-LKPD, sehingga e-LKPD layak untuk dilanjutkan ke tahap uji coba kelompok kecil.

Pada uji coba kelompok kecil, sebanyak sepuluh orang peserta didik berpartisipasi dengan tingkat kemampuan kognitif yang beragam. Peserta didik mengakses e-LKPD melalui tautan yang diberikan, kemudian peserta didik diarahkan untuk menggunakan e-LKPD. Peserta didik diberikan kesempatan untuk mempelajari e-LKPD secara mandiri. Setelahnya, peserta didik diminta untuk mengisi angket respon terhadap e-LKPD yang telah dikembangkan. Hasil angket respon peserta didik, didapatkan persentase jawaban seluruh responden sebesar 89,4% dengan kategori “sangat baik”. Peserta didik memberikan penilaian positif bahwa e-LKPD yang dikembangkan menarik, mudah dipahami, membantu belajar mandiri, dan mendorong kreativitas dan jiwa kewirausahaan peserta didik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa e-LKPD yang dikembangkan menarik dan dapat digunakan sebagai bahan ajar dalam pembelajaran kimia hijau.

Tahap implementasi dalam penelitian ini terbatas pada penyusunan perangkat ajar berupa modul ajar sebagai bentuk kesiapan produk sebelum digunakan dalam pembelajaran. Penyusunan modul ajar sebagai perangkat pendukung guru menunjukkan bahwa e-LKPD yang dikembangkan dapat diterapkan dalam kegiatan pembelajaran di kelas. Modul ajar disusun agar guru memiliki panduan yang sistematis dan terstruktur dalam menerapkan pembelajaran berbasis proyek.

Hasil penelitian ini didukung oleh beberapa hasil penelitian terdahulu yang relevan. Penelitian oleh Putri et al. (2024) mengenai pengembangan e-modul berbasis chemo-entrepreneurship pada materi asam basa menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan dinyatakan sangat valid oleh validator ahli, dengan skor rata-rata sebesar 89%. Serta efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik yang dibuktikan dari peningkatan skor N-Gain sebesar 0,7 dengan kategori tinggi. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Milaningsih et al. (2023) tentang pengembangan e-LKPD berbasis *chemo-entrepreneurship* pada materi senyawa karbon, menunjukkan bahwa produk dinyatakan sangat layak oleh validator ahli dengan skor validasi sebesar 90,83%, dan berhasil menumbuhkan minat wirausaha peserta didik melalui kegiatan proyek yang disajikan dalam e-LKPD. Sementara itu, penelitian oleh Velly & Suryani (2024) mengenai pengembangan LKPD berbasis PjBL berorientasi chemo-entrepreneurship menunjukkan bahwa LKPD tersebut memiliki tingkat validitas sebesar 91% dan kepraktisan sebesar 88%, serta memperoleh respon positif dari guru dan peserta didik. Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu tersebut, memperkuat bahwa bahan ajar berbasis PjBL yang terintegrasi *chemo-entrepreneurship* sangat efektif, praktis, dan layak dalam menunjang proses pembelajaran kimia yang kontekstual.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini dan penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa e-LKPD kimia hijau berbasis PjBL terintegrasi *chemo-entrepreneurship* yang telah dikembangkan dinyatakan valid dan layak untuk digunakan dalam proses pembelajaran kimia hijau. Selain itu, e-LKPD ini juga mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik, pemahaman konsep, serta kreativitas dalam memecahkan masalah nyata melalui penerapan prinsip kimia hijau. Dengan demikian, e-LKPD yang dikembangkan ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan ajar oleh pendidik dan peserta didik, baik dalam kegiatan pembelajaran di kelas maupun kegiatan belajar mandiri di rumah.

SIMPULAN

Berdasarkan temuan pada penelitian ini, ditarik kesimpulan bahwa Proses pengembangan e-LKPD kimia hijau berbasis PjBL terintegrasi *chemo-entrepreneurship* dilakukan melalui tahapan model pengembangan Lee and Owens. Tahapan tersebut dimulai dari tahap analisis, di mana dilakukan analisis kebutuhan dan analisis awal-akhir. Selanjutnya, pada tahap desain, dilakukan pembentukan tim, penyusunan jadwal penelitian, penetapan spesifikasi e-LKPD, penyusunan struktur materi, serta pembuatan flowchart dan storyboard. Kemudian, pada tahap pengembangan, e-LKPD dikembangkan menggunakan Canva dan dikonversi ke format elektronik melalui Heyzine Flipbook. Produk yang dikembangkan divalidasi oleh ahli materi, ahli media, lalu direvisi berdasarkan saran dan masukan. Setelah itu, dilakukan penilaian oleh guru kimia sebagai praktisi untuk memastikan kelayakan produk. Setelah itu, dilakukan uji coba terbatas berupa uji coba satu-satu dan uji coba kelompok kecil. Tahap implementasi dibatasi pada kegiatan penyusunan perangkat ajar pendukung berupa modul ajar sebagai

panduan bagi guru untuk menggunakan e-LKPD yang telah dikembangkan. Terakhir, tahap evaluasi berjalan sesuai rencana dan mengikuti alur model Lee and Owens yang telah ditetapkan.

Bahan ajar e-LKPD berbasis PjBL terintegrasi *chemo-entrepreneurship* terbukti sangat layak secara konseptual dan prosedural berdasarkan hasil validasi ahli materi dan ahli media, serta penilaian guru. Selain itu, hasil uji coba satu-satu menunjukkan bahwa e-LKPD dapat digunakan untuk semua tingkat kemampuan kognitif peserta didik. Respon peserta didik terhadap e-LKPD berada dalam kategori sangat baik, yang menunjukkan bahwa e-LKPD layak secara praktis untuk digunakan sebagai bahan ajar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Atas saran dan masukan yang diberikan selama proses penelitian, penulis mengucapkan terima kasih kepada pembimbing. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada para validator, guru, dan peserta didik yang telah berpartisipasi. Kerjasama dan bantuan dari semua pihak sangatlah penting dalam penyelesaian penelitian ini dan penyusunan artikel ini.

REFERENSI

- Aisyah, S., Suriswo, & Sudiby, H. (2024). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) dengan Media Heyzine Flipbook untuk Meningkatkan Hasil Belajar Sejarah. *Journal of Education Research*, 5(4), 6629–6640. <https://doi.org/doi.org/10.37985/jer.v5i4.2108>
- Anton, & Trisoni, R. (2022). Kontribusi Keterampilan 4c Terhadap Projek Penguatan Propil Pelajar Pancasila pada Kurikulum Merdeka. *Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 2(3), 528–535. <https://doi.org/10.47709/educendikia.v2i3.1895>
- Arsyad, M., & Fahira, E. F. (2023). *Model-Model Pembelajaran dalam Kurikulum Merdeka*. EUREKA MEDIA AKSARA.
- Cholifah, S. N., & Novita, D. (2022). Pengembangan E-LKPD Guided Inquiry-Liveworksheet untuk Meningkatkan Literasi Sains pada Submateri Faktor Laju Reaksi. *Chemistry Education Practice*, 5(1), 23–34. <https://doi.org/10.29303/cep.v5i1.3280>
- Fauzy, F., Jesmin, M., Sahrudin, A., Nasir, & Makarim, M. A. (2024). Implementasi Media Interaktif Berbasis Heyzine Flipbook Terhadap Motivasi Belajar Siswa SMP Negeri 12 Barru. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 09(04), 342–350. <https://journal.unpas.ac.id/index.php/pendas>
- Jusita, M. L. (2019). Implementasi model pembelajaran berbasis proyek (project based learning) untuk meningkatkan aktivitas dan hasil belajar siswa. *Jurnal Teori Dan Praksis Pembelajaran IPS*, 4(2), 90–95. <https://doi.org/10.17977/um022v4i22019p090>
- Kusumaningtyas, R. D., Qudus, N., Putri, R. D. A., & Kusumawardani, R. (2018). Penerapan Teknologi Pengolahan Limbah Minyak Goreng Bekas Menjadi Sabun Cuci Piring Untuk Pengendalian Pencemaran Dan Pemberdayaan Masyarakat. *Jurnal Abdimas*, 22(2), 201–208. <https://doi.org/10.15294/abdimas.v22i2.16587>
- Lee, W. W., & Owens, D. L. (2004). *Multimedia-Based Instructional Design*. Pfeiffer.
- Marziah, A. (2023). *Pengaruh Penerapan Pendekatan Chemo-Entrepreneurship (CEP) Terhadap Aktivitas Belajar dan Minat Peserta Didik dalam Berwirausaha pada Materi Laju Reaksi* (A. Wijayanto, M. Erawati, A. Mushlih, F. Susgaleni, & L. Luthfiah (eds.)). Akademia Pustaka.
- Milaningsih, I. P., Sumarti, S. S., Wijayati, N., & Sulistyaningsih, T. (2023). Pengembangan E-LKPD Bermuatan Chemo-Entrepreneurship untuk Menumbuhkan Minat Wirausaha Peserta Didik dengan Bantuan Flipbook dan Liveworksheet. *Chemistry in Education*, 12(1), 25–33. <https://doi.org/doi.org/10.15294/chemined.v12i1.59519>
- Muzayyanah, A., Wijayanti, A., & Ardiyanto, A. (2020). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Tematik Berbasis HOTS (Higher Order Thinking Skill) Kelas IV Sekolah Dasar. *Jurnal Pijar Mipa*, 15(5), 452–457. <https://doi.org/10.29303/jpm.v15i5.1712>
- Nugraha, I. R. R., Supriadi, U., & Firmansyah, M. I. (2023). Efektivitas Strategi Pembelajaran Project Based Learning dalam Meningkatkan Kreativitas Siswa. *Jurnal Penelitian Dan Pendidikan IPS (JPPI)*, 17(1), 39–47. <https://doi.org/10.21067/jppi.v17i1.8608>
- Putri, H. S., Oktavia, B., Yerimadesi, & Alizar. (2024). Development of E-Module Acid-Base Based on Problem Based Learning Oriented Chemo-Entrepreneurship to Improve Student's Critical Thinking Skills. In *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA* (Vol. 10, Issue 7, pp. 4033–4039).

<https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i7.7943>

- Qurniati, D. (2021). *Desain Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Chemo-Entrepreneurship*. UIN Mataram Press.
- Riduwan. (2015). *Dasar-Dasar Statistika*. Alfabeta.
- Suryaningsih, S., & Nurlita, R. (2021). Pentingnya Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) Inovatif dalam Proses Pembelajaran Abad 21. *Jurnal Pendidikan Indonesia (Japendi)*, 2(7), 1256–1268. <https://doi.org/10.36418/japendi.v2i7.233>
- Velly, A., & Suryani, O. (2024). *Development of LKPD Based on Project-Based Learning Oriented Chemo- Entrepreneurship on Hydrocarbon Material for Phase F SMA/MA*. 12(3), 606–624. <https://doi.org/10.33394/hjkk.v12i3.12442>
- Wardani, I. U. (2022). *Belajar Matematika SD dengan Pendekatan Scientific Berbasis Keterampilan*. CV. Feniks Muda Sejahtera.
- Widoyoko, E. P. (2012). *Teknik Penyusunan Instrumen Penilaian*. Pustaka Pelajar.