

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengembangan

Hasil dari penelitian pengembangan ini berupa 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 dengan memanfaatkan aplikasi Canva dan platform Heyzine Flipbook. Model pengembangan yang digunakan adalah model Lee and Owens, yang terdiri dari lima tahap, yaitu analisis (*analysis*), desain (*design*), pengembangan (*development*), implementasi (*implementation*), dan evaluasi (*evaluation*). Penelitian ini dilaksanakan di SMA Negeri 3 Kota Jambi. Adapun instrumen yang digunakan pada penelitian ini meliputi lembar wawancara, lembar validasi, dan angket. Uraian mengenai tahapan yang telah dilaksanakan dalam pengembangan ini adalah sebagai berikut:

4.2 Tahap Analisis (*Analysis*)

Analisis dilakukan terhadap aspek kebutuhan, karakteristik peserta didik, tujuan pembelajaran, materi ajar dan teknologi pendidikan. Data diperoleh dari hasil wawancara dengan guru mata pelajaran kimia dan angket yang disebarikan kepada peserta didik kelas X E.1 di SMA Negeri 3 Kota Jambi. Hasil analisis terhadap data tersebut diuraikan sebagai berikut:

1. Analisis Kebutuhan

Berdasarkan hasil wawancara dengan guru kimia di SMA Negeri 3 Kota Jambi, diperoleh bahwa sekolah telah menerapkan kurikulum merdeka. Proses pembelajaran pada materi kimia hijau, dilaksanakan dengan memanfaatkan modul

ajar dan buku paket yang tersedia di perpustakaan. Diketahui pula bahwa guru menggunakan model pembelajaran berbasis proyek (PjBL) dalam bentuk praktik menanam tumbuhan bermanfaat seperti cabai, tomat, dan bawang. Akan tetapi, kegiatan tersebut belum terstruktur secara optimal, karena dalam pelaksanaan proyek guru hanya menginstruksikan secara lisan kepada peserta didik tanpa adanya panduan pelaksanaan proyek, seperti lembar kerja peserta didik. Selain itu, guru belum pernah menggunakan e-LKPD dalam pembelajaran terkhusus materi kimia hijau.

Guru juga menyampaikan bahwa pembelajaran terintegrasi *chemo-entrepreneurship* belum pernah diterapkan sebelumnya pada materi kimia hijau. Padahal, menurut guru, akan sangat baik bila peserta didik dilatih untuk membuat produk ramah lingkungan yang bernilai jual, seperti sabun cuci piring. Guru menyatakan sangat setuju adanya pengembangan e-KPD berbasis PjBL terintegrasi *chemo-entrepreneurship* pada materi kimia hijau, karena bahan ajar tersebut dinilai mampu meningkatkan motivasi belajar, pemahaman peserta didik, dan memfasilitasi peserta didik dalam mengembangkan kreativitasnya.

Hasil angket analisis kebutuhan peserta didik yang dibagikan kepada peserta didik mendukung hasil wawancara guru. Dimana diperoleh bahwa dari 43 peserta didik 58,2% menyukai pembelajaran kimia hijau, meskipun masih ada sebagian peserta didik 60,5% merasa kesulitan memahami materi kimia hijau. Kesulitan tersebut disebabkan oleh keterbatasan bahan ajar, seperti buku paket. Namun demikian, peserta didik menyatakan ketertarikan untuk mengikuti pembelajaran yang lebih interaktif. Sebanyak 65,1% peserta didik bersemangat dalam belajar kimia apabila menggunakan bahan ajar seperti e-LKPD yang memuat animasi,

gambar, atau video dan 90,7% peserta didik membutuhkan bahan ajar yang menarik untuk mempelajari materi kimia hijau. Selain itu, sebanyak 74,4% peserta didik menyukai pembelajaran berbasis proyek, dan 76,8% menyatakan bahwa kegiatan proyek dapat membantu mereka memahami konsep kimia dengan baik.

Berdasarkan hasil analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa peserta didik membutuhkan bahan ajar dalam bentuk elektronik yang bersifat interaktif, mampu menyajikan konten seperti teks, animasi, gambar, atau video pada materi kimia hijau. Bahan ajar tersebut diharapkan dapat membantu peserta didik memahami konsep kimia hijau secara lebih mendalam serta memfasilitasi pengembangan kreativitas melalui pembelajaran berbasis proyek.

2. Analisis Karakteristik Peserta Didik

Hasil angket yang diisi oleh 43 peserta didik kelas X Fase E.1 di SMA Negeri 3 Kota Jambi menunjukkan bahwa sebagian besar peserta didik memiliki dan terbiasa menggunakan perangkat digital. Sebanyak 70,2% peserta didik memiliki *smartphone* pribadi dan 97,7% menyatakan bahwa mereka selalu membawa *smartphone* ke sekolah. Peserta didik juga terbiasa menggunakan *smartphone* untuk berbagai keperluan, baik hiburan maupun pembelajaran. Sebanyak 65,1% peserta didik sering memanfaatkan *smartphone* dalam kegiatan pembelajaran. Meskipun dalam pembelajaran peserta didik diperbolehkan menggunakan *smartphone*, penerapannya masih belum optimal.

Kemampuan peserta didik dalam menggunakan teknologi ini menunjukkan kesiapan mereka untuk menggunakan e-LKPD sebagai bahan ajar yang berbentuk digital. Sebanyak 88,4% peserta didik menyukai pembelajaran yang menggunakan *smartphone*. Selain itu, peserta didik menunjukkan potensi untuk

menerapkan konsep kimia dalam kehidupan sehari-hari. Sebanyak 67,5% peserta didik menyatakan bahwa mereka mampu menciptakan produk yang bermanfaat dari pelajaran kimia, seperti sabun cuci piring ramah lingkungan. Selanjutnya, peserta didik juga menunjukkan ketertarikan terhadap pembelajaran kontekstual dan berbasis proyek. Hal ini ditunjukkan oleh tingginya minat peserta didik terhadap kegiatan membuat sabun cuci piring ramah lingkungan, yaitu sebesar 76,8%.

Berdasarkan hasil analisis karakteristik peserta didik, dapat disimpulkan bahwa peserta didik memiliki kesiapan dari segi keterampilan teknologi, serta minat terhadap pembelajaran kontekstual dan berbasis proyek. Karakteristik ini mendukung pengembangan bahan ajar e-LKPD berbasis PjBL yang terintegrasi *chemo-entrepreneurship* yang belum pernah diterapkan sebelumnya dalam pembelajaran kimia hijau.

3. Analisis Tujuan Pembelajaran

Berdasarkan hasil analisis terhadap Kurikulum Merdeka yang diterapkan di SMA Negeri 3 Kota Jambi, diperoleh tujuan pembelajaran yang menjadi dasar dalam pengembangan e-LKPD materi kimia hijau. Rincian hasil analisis tersebut disajikan sebagai berikut.

a. Capaian pembelajaran

Peserta didik mampu menerapkan konsep kimia dalam pengelolaan lingkungan termasuk menjelaskan fenomena pemanasan global.

b. Tujuan pembelajaran

- 1) Peserta didik dapat membuat sabun cuci piring ramah lingkungan dari minyak jelantah.

- 2) Peserta didik dapat menganalisis prinsip kimia hijau yang digunakan untuk membuat sabun cuci piring dari minyak jelantah.
- 3) Peserta didik dapat menciptakan produk sabun yang menarik dan bernilai jual.

c. Alur tujuan pembelajaran

- 1) Peserta didik mengidentifikasi masalah lingkungan akibat limbah rumah tangga, khususnya limbah minyak jelantah.
- 2) Peserta didik menggali konsep dan prinsip-prinsip kimia hijau.
- 3) Peserta didik merancang solusi berupa proyek pembuatan sabun cuci piring ramah lingkungan menggunakan prinsip kimia hijau.
- 4) Peserta didik melakukan praktikum pembuatan sabun dari minyak jelantah.
- 5) Peserta didik menganalisis proses pembuatan sabun dan menghubungkannya dengan prinsip kimia hijau.
- 6) Peserta didik mempresentasikan hasil produk sabun, termasuk aspek kreativitas, nilai jual, dan dampak lingkungan.
- 7) Peserta didik mengevaluasi hasil proyek pembuatan sabun.

4. Analisis Materi

Hasil wawancara dengan guru mata pelajaran kimia di SMA Negeri 3 Kota Jambi, diperoleh bahwa kurikulum yang berlaku di sekolah adalah kurikulum merdeka. Dalam kurikulum merdeka, materi kimia hijau termasuk dalam capaian pembelajaran fase E. Materi kimia hijau mengarahkan peserta didik untuk memahami prinsip kimia hijau dan pentingnya pengembangan teknologi kimia yang ramah lingkungan. Dengan demikian, peserta didik tidak hanya dituntut

untuk menguasai konsep, tetapi juga mampu mengevaluasi dampak dari produk kimia dan mengembangkan solusi yang berkelanjutan.

Berdasarkan hasil angket analisis kebutuhan dan karakteristik peserta didik, diperoleh bahwa 60,5% peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami materi kimia hijau. Hal ini disebabkan oleh karakteristik materi kimia hijau yang bersifat konseptual abstrak yang menekankan pemahaman prinsip, pemikiran yang sistematis, dan penerapan nilai keberlanjutan. Selain itu, bahan ajar yang digunakan sebelumnya masih terbatas pada buku teks dari perpustakaan sekolah, yang bersifat informatif namun kurang menarik secara visual maupun aplikatif.

Namun demikian, sebagian peserta didik menunjukkan minat yang tinggi terhadap materi kimia hijau. Sebanyak 55,8% peserta didik menyatakan menyukai materi kimia hijau dan 55,8% tertarik untuk mempelajari kimia hijau lebih lanjut. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun materi kimia hijau dianggap sulit, peserta didik memiliki potensi keterlibatan belajar yang tinggi apabila proses pembelajaran dilakukan dengan pendekatan yang tepat.

Selanjutnya, sebanyak 74,4% peserta didik menyatakan lebih menyukai pembelajaran melalui proyek dan sebanyak 76,8% peserta didik menyatakan bahwa pembelajaran berbasis proyek membantu mereka memahami konsep kimia dengan lebih baik. Hal ini sejalan dengan materi kimia hijau yang sangat potensial untuk dikembangkan melalui model *project based learning* (PjBL), karena memberikan ruang bagi peserta didik untuk mengeksplorasi ide, merancang, dan menciptakan produk berdasarkan prinsip kimia hijau. Proyek yang akan disajikan dalam e-LKPD adalah pembuatan sabun cuci piring dari minyak jelantah dan

bahan alami. Sebanyak 76,8% peserta didik tertarik untuk membuat sabun cuci piring yang ramah lingkungan.

Berdasarkan hasil analisis angket kebutuhan dan karakteristik peserta didik, disimpulkan bahwa materi kimia hijau perlu untuk dikembangkan dalam bentuk e-LKPD berbasis PjBL terintegrasi *chemo-entrepreneurship*. Penyajian materi melalui proyek dapat membantu peserta didik memahami konsep kimia hijau dan menjadi sarana pengembangan kreativitas peserta didik.

5. Analisis Teknologi Pendidikan

Hasil wawancara dengan guru kimia di SMA Negeri 3 Kota Jambi menunjukkan bahwa sekolah telah memiliki fasilitas teknologi pendidikan yang memadai, seperti laboratorium komputer, proyektor, dan akses internet. Selama pembelajaran, peserta didik diperbolehkan untuk menggunakan *smartphone* dan laptop. Namun, guru menyampaikan bahwa selama ini belum pernah menggunakan bahan ajar elektronik dalam pembelajaran kimia hijau, pelaksanaan pembelajaran selama ini masih mengandalkan bahan ajar cetak seperti buku paket dari perpustakaan.

Berdasarkan hasil angket yang dibagikan kepada peserta didik, diketahui bahwa 70,2% peserta didik memiliki *smartphone* pribadi dan sebanyak 97,7% peserta didik menyatakan selalu membawa *smartphone* ke sekolah. Selain itu, 65,1% peserta didik menyatakan bahwa mereka terbiasa menggunakan *smartphone* untuk pembelajaran. Hal ini menunjukkan bahwa peserta didik memiliki kebiasaan menggunakan perangkat digital yang cukup tinggi.

Selain itu, peserta didik menunjukkan ketertarikan terhadap bahan ajar digital. Sebanyak 88,4% peserta didik menyukai pembelajaran yang menggunakan

smartphone. Kemudian, sebanyak 83,7% peserta didik menyatakan akan lebih semangat belajar jika menggunakan bahan ajar digital seperti e-LKPD yang memuat teks, animasi, gambar, dan video.

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa baik dari segi infrastruktur sekolah maupun kebiasaan belajaran peserta didik, penggunaan teknologi pendidikan dalam bentuk e-LKPD memiliki potensi besar untuk diimplementasikan. Hal ini menjadi landasan penting bagi peneliti untuk mengembangkan e-LKPD kimia hijau berbasis PjBL terintegrasi *chemo-entrepreneurship* untuk menunjang proses pembelajaran dan meningkatkan keterlibatan peserta didik.

4.3 Tahap Desain (*Design*)

Setelah menganalisis kebutuhan peserta didik, selanjutnya dilakukan tahap merancang produk (desain). Tahap ini menghasilkan rancangan awal e-LKPD yang mencakup struktur materi, *flowchart*, dan *storyboard* yang disusun berdasarkan tujuan pembelajaran, sintaks PjBL, serta pendekatan *chemo-entrepreneurship*. Adapun hasil desain pengembangan produk dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Struktur Materi

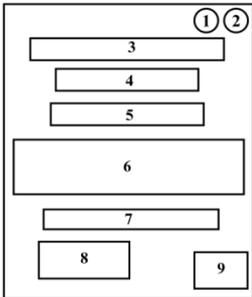
Materi dalam e-LKPD disusun berdasarkan capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, dan alur tujuan pembelajaran sesuai Kurikulum Merdeka. Struktur materi difokuskan pada konsep kimia hijau, prinsip-prinsip kimia hijau, serta aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari melalui proyek pembuatan sabun cuci piring ramah lingkungan. Materi juga dipilih agar mendukung pengembangan kreativitas peserta didik.

2. Pembuatan *Flowchart*

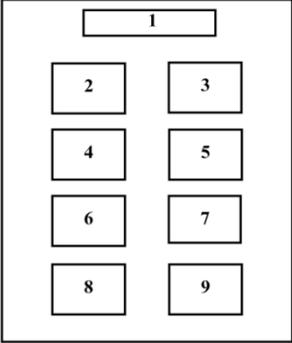
Desain awal e-LKPD dirancang dalam bentuk diagram alur (*flowchart*) untuk menggambarkan alur navigasi dan isi dari setiap bagian e-LKPD. *Flowchart* yang telah dibuat untuk mendesain e-LKPD dapat dilihat pada Gambar 3.2. Penyusunan *flowchart* berpedoman pada tujuan pembelajaran materi kimia hijau, prinsip-prinsip PjBL yang terintegrasi dengan pendekatan *chemo-entrepreneurship*, serta berorientasi kreativitas peserta didik.

3. Pembuatan *Storyboard*

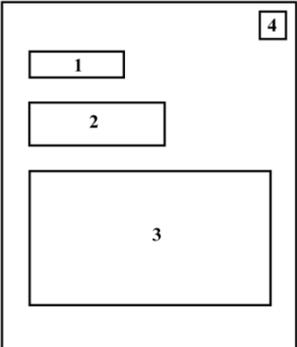
Tahapan selanjutnya adalah menyusun *storyboard* sebagai pengembangan dari *flowchart* yang telah dibuat sebelumnya. *Storyboard* dibuat untuk merancang tampilan visual dan konten dari setiap halaman pada e-LKPD. Dalam *storyboard*, ditentukan posisi teks, gambar, video, serta aktivitas interaktif yang akan disajikan. Setiap halaman disesuaikan dengan langkah-langkah dalam sintaks model PjBL: (1) pertanyaan mendasar, (2) mendesain perencanaan proyek, (3) menyusun jadwal pembuatan proyek, (4) memonitor kegiatan proyek, (5) menguji hasil, (6) mengevaluasi pengalaman. Selain itu, penyajian materi juga diintegrasikan dengan konsep *chemo-entrepreneurship*. Berikut beberapa contoh *storyboard* dari bahan ajar e-LKPD berbasis PjBL yang telah dibuat:

Desain	Keterangan
	<p>Halaman Cover</p> <p>(1) Logo Universitas Jambi (2) Logo Tut Wuri Handayani (3) Tulisan "Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (e-LKPD)" (4) Tulisan Berbasis PjBL & Terintegrasi <i>Chemo-Entrepreneurship</i> (5) Tulisan "Kimia Hijau" (6) Gambar yang menandakan materi Kimia Hijau (7) Nama Penulis (8) Nama Dosen Pembimbing (9) Tulisan "Untuk SMA Kelas X Fase E"</p>

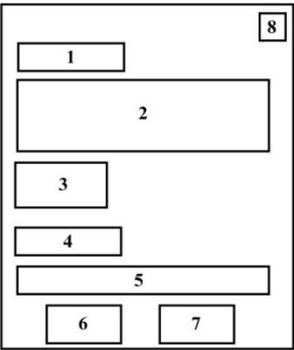
Gambar 4. 1 *Storyboard* Halaman Cover e-LKPD

Desain	Keterangan
	<p>Halaman Utama</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) Tulisan “Halaman Utama” (2) Ikon tombol petunjuk penggunaan (3) Ikon tombol peta konsep (4) Ikon tombol CP dan TP (5) Ikon tombol materi (6) Ikon tombol proyek (7) Ikon tombol evaluasi (8) Ikon tombol daftar pustaka (9) Ikon tombol profil pengembang

Gambar 4. 2 *Storyboard* Halaman Utama e-LKPD

	<p>Halaman <i>Chemo-Entrepreneurship</i></p> <ol style="list-style-type: none"> (1) Tulisan “<i>Chemo-Entrepreneurship</i>” (2) Teks pengarahan (3) Teks materi <i>Chemo-Entrepreneurship</i> (4) Ikon tombol halaman utama
--	--

Gambar 4. 3 *Storyboard* Halaman *Chemo-Entrepreneurship* e-LKPD

	<p>Halaman Aktivitas Peserta Didik (2) dan Proyek (1)</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) Tulisan “Pertanyaan Mendasar” (2) Pertanyaan (3) Ikon tombol untuk menjawab pertanyaan (4) Tulisan “Mendesain Perencanaan Proyek” (5) Teks pengantar proyek (6) Gambar minyak jelantah (7) Gambar produk sabun dari minyak jelantah (8) Ikon tombol halaman utama
---	---

Gambar 4. 4 *Storyboard* Halaman Aktivitas Peserta Didik (2) dan Proyek (1)

4. Evaluasi

Evaluasi terhadap desain dilakukan untuk menyempurnakan rancangan e-LKPD agar lebih berkualitas dan menarik. Hasil evaluasi menunjukkan adanya

beberapa perbaikan pada *flowchart* dan *storyboard*, terutama pada urutan penyajian materi, tampilan visual, integrasi kreativitas peserta didik, dan penambahan ikon navigasi yang konsisten di setiap halaman. Revisi dilakukan berdasarkan masukan dari dosen pembimbing agar desain lebih sesuai dengan sintaks PjBL dan pendekatan *chemo-entrepreneurship*.

4.4 Tahap Pengembangan (*Development*)

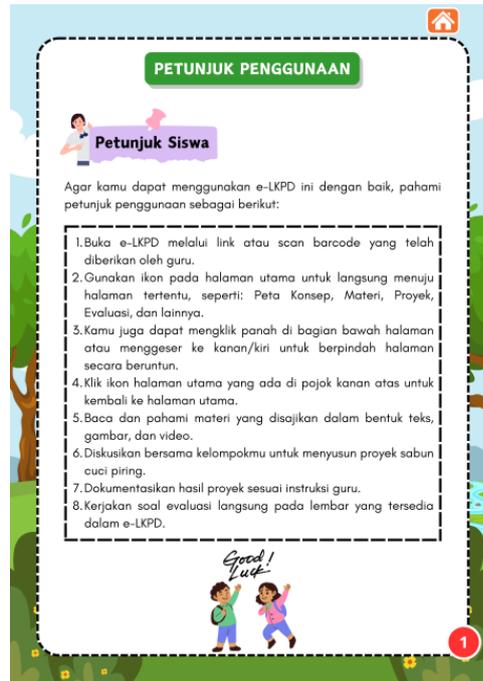
Hasil tahap pengembangan berupa e-LKPD berbasis PjBL yang terintegrasi dengan *chemo-entrepreneurship*. Produk yang dihasilkan terdiri dari halaman sampul, kata pengantar, petunjuk penggunaan, halaman utama, pendahuluan, materi, langkah kerja peserta didik berdasarkan sintaks model PjBL, evaluasi, dan informasi. Berikut beberapa contoh tampilan dari e-LKPD yang telah dikembangkan:

1. Halaman sampul



Gambar 4. 5 Halaman Sampul e-LKPD

2. Halaman petunjuk penggunaan



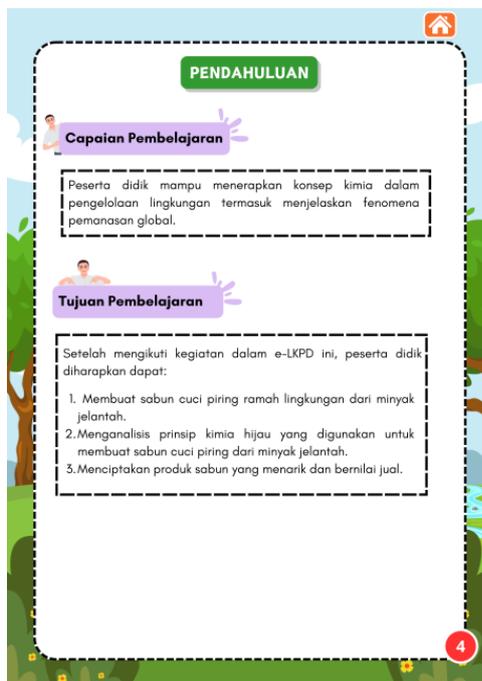
Gambar 4. 6 Halaman Petunjuk Penggunaan

3. Halaman Utama



Gambar 4. 7 Halaman Utama

4. Halaman pendahuluan



Gambar 4. 8 Halaman Pendahuluan

5. Halaman materi



Gambar 4. 9 Halaman Materi

6. Halaman proyek

Pertanyaan Mendasar

Ayo renungkan dan diskusikan pertanyaan-pertanyaan berikut ini bersama teman kelompokmu!

1. Menurut kamu, apa saja limbah rumah tangga yang dapat mencemari sungai?
2. Bagaimana limbah tersebut dapat merusak ekosistem air?
3. Dari limbah yang kamu sebutkan, adakah yang masih bisa dimanfaatkan kembali?
4. Jelaskan apa saja upaya pemanfaatan limbah secara ramah lingkungan?
5. Bagaimana cara kamu mengubah limbah menjadi produk yang bermanfaat?

Saatnya Kamu Menjawab!

Klik tombol di bawah ini untuk mulai menjawab!

JAWAB

Mendesain Perencanaan Proyek

Sebagai upaya untuk mencegah pencemaran lingkungan, kita akan melakukan eksperimen pembuatan sabun cuci piring ramah lingkungan dari minyak jelantah.

Gambar 2. Minyak Jelantah
Sumber: www.kompasiana.com

Gambar 3. Sabun dari Minyak Jelantah
Sumber: <https://lumparan.com/>

8

Gambar 4. 10 Halaman Proyek

7. Halaman profil pengembang

PROFIL PENGEMBANG

Tentang Saya

Saat ini saya merupakan mahasiswa akhir prodi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jambi. Saya mengembangkan e-LKPD ini dengan tujuan untuk memenuhi tugas akhir dan menciptakan bahan ajar yang lebih bervariasi untuk mata pelajaran kimia khususnya pada materi kimia hijau fase E SMA.

Grace Landong Olyvia Panjaitan
A1C121069

Pendidikan

- SD Negeri 094168 Simpang Naga Pane 2015
- SMP Negeri 1 Purba 2018
- SMA Negeri 1 Purba 2021

Tentang LKPD

Judul:
e-LKPD Materi Kimia Hijau Berbasis PjBl Terintegrasi Chemo-Entrepreneurship

Validator:

- Ahli Materi : Firdiawan Ekaputra, M.Pd
- Ahli Media : Dr. Dra. Zurweni, M.Si

Penulis:
Grace Landong Olyvia Panjaitan
Pendidikan Kimia, Universitas Jambi

Lokasi Penelitian:
SMA Negeri 3 Kota Jambi

Pembimbing:

1. Drs. Epinur, M.Si
2. Dr. Drs. Harizon, M.Si

Kontak:

gracelandongolyviap@gmail.com @graceolyvia_pjtn 081260429469

19

Gambar 4. 11 Halaman Profil Pengembang

Produk yang dikembangkan telah divalidasi oleh ahli materi, ahli media, dan praktisi untuk menilai kelayakan e-LKPD sebelum diuji cobakan kepada peserta didik. Adapun hasil validasi dari masing-masing ahli disajikan sebagai berikut:

1. Validasi Ahli Materi

Validasi ahli materi dilakukan oleh bapak Firdiawan Ekaputra, M.Pd, dosen Pendidikan Kimia Universitas Jambi. Aspek yang dinilai meliputi relevansi dengan kurikulum, isi, asesmen, dan kebahasaan. Data hasil validasi terdiri atas data kualitatif berupa komentar dan saran, serta data kuantitatif berupa skor penilaian. Validasi dilakukan dalam dua tahap. Adapun hasil validasi ahli materi tahap satu dan tahap dua disajikan pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4. 1 Hasil Validasi Ahli Materi Tahap I dan Tahap II

No.	Tampilan Sebelum Revisi (Tahap I)	Tampilan Setelah Revisi (Tahap II)	Komentar dan Saran Ahli Materi
1.			Ahli materi menyarankan untuk memperbaiki kalimat-kalimat yang masih mengandung kesalahan penulisan agar lebih jelas dan mudah dipahami.

No.	Tampilan Sebelum Revisi (Tahap I)	Tampilan Setelah Revisi (Tahap II)	Komentar dan Saran Ahli Materi
2.			<p>Ahli materi menyarankan untuk menjelaskan kata “ini” pada paragraf kedua dalam pembahasan materi kimia hijau, karena kata tersebut diletakkan di awal paragraf dan mengubah kata “zat-zat” menjadi “zat” agar lebih tepat secara kaidah bahasa.</p>
3.			<p>Ahli materi menyarankan untuk menambahkan sumber pada video yang disajikan.</p>
4.			<p>Ahli materi menyarankan untuk menyesuaikan bagian kolom jawaban agar dapat diisi langsung oleh peserta didik.</p>

No.	Tampilan Sebelum Revisi (Tahap I)	Tampilan Setelah Revisi (Tahap II)	Komentar dan Saran Ahli Materi
5.			Ahli materi menyarankan untuk memberikan pengantar singkat tentang bahaya NaOH dan KOH agar sesuai dengan keamanan laboratorium.

Setelah dilakukan revisi terhadap bahan ajar e-LKPD berdasarkan komentar dan saran dari ahli materi, diperoleh data hasil validasi yang disajikan pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4. 2 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
Isi	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
	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	4

Aspek Penilaian	No.	Indikator	Skor
		pembelajaran, dan alur tujuan pembelajaran pada soal dalam e-LKPD	
Kebahasaan	14.	Kebakuan bahasa yang digunakan dalam e-LKPD	4
	15.	Penggunaan bahasa yang mudah dipahami	4
Jumlah Skor			68
Rata-rata Skor			4,53
Persentase			90,6%

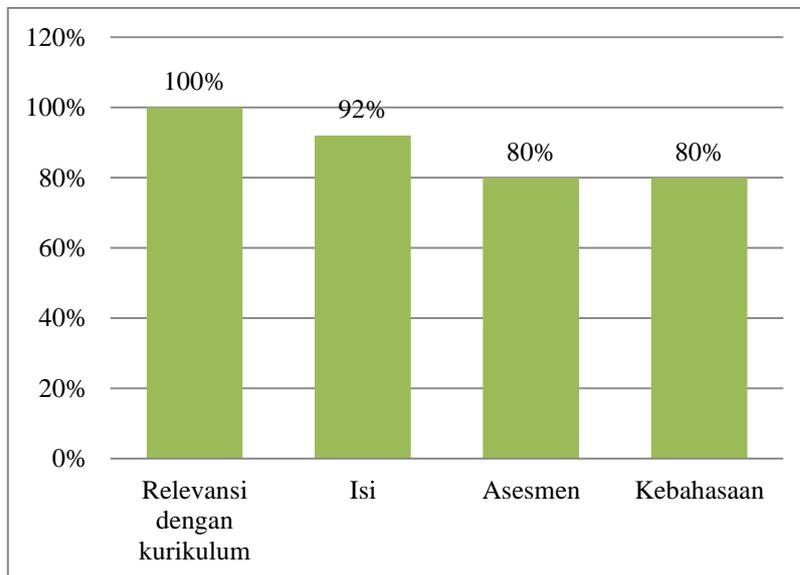
Perhitungan rata-rata skor ahli materi:

$$\text{Rata-rata Skor} = \frac{\text{Jumlah skor}}{\text{Jumlah Butir Soal}} = \frac{68}{15} = 4,53$$

Perhitungan persentase validasi ahli materi:

$$\text{Persentase (\%)} = \frac{\text{Rata-rata skor}}{\text{Skor Maksimum}} \times 100\% = \frac{4,53}{5} \times 100\% = 90,6\%$$

Diagram persentase validasi ahli materi pada setiap aspek dapat dilihat pada Gambar 4.12 berikut.



Gambar 4. 12 Diagram Persentase Validasi Ahli Materi pada Setiap Aspek

Data hasil validasi oleh ahli materi menunjukkan total skor 68 dengan rata-rata 4,53 serta persentase kelayakan sebesar 90,6%. Nilai tersebut berada pada interval 4,2-5,0 dengan kategori “Sangat Layak”. Berdasarkan skor yang

diperoleh, ahli materi menyatakan bahwa produk bahan ajar e-LKPD yang telah dikembangkan layak untuk uji cobakan ke lapangan.

2. Validasi Ahli Media

Validasi ahli media dilakukan oleh ibu Dr. Dra. Zurweni, M.Si, dosen Pendidikan Kimia Universitas Jambi. Aspek yang dinilai meliputi relevansi dengan kurikulum, tampilan media. Kebahasaan, asesmen, dan kemudahan penggunaan. Data hasil validasi terdiri atas data kualitatif berupa komentar dan saran, serta data kuantitatif berupa skor penilaian. Validasi dilakukan dalam dua tahap. Adapun hasil validasi ahli media tahap satu dan tahap dua disajikan pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4. 3 Hasil Validasi Ahli Media Tahap I dan Tahap II

No.	Tampilan Sebelum Revisi (Tahap I)	Tampilan Setelah Revisi (Tahap II)	Komentar dan Saran Ahli Media
1.			Ahli media menyarankan untuk mengubah bagian informasi peserta didik, sebaiknya yang ditampilkan nama penyusun dan pembimbing.

No.	Tampilan Sebelum Revisi (Tahap I)	Tampilan Setelah Revisi (Tahap II)	Komentar dan Saran Ahli Media
2.			Ahli media menyarankan agar kolom untuk memberikan kesimpulan dapat diisi langsung oleh peserta didik.
3.			Ahli media menyarankan agar menambahkan daftar pustaka dari gambar yang disajikan pada e-LKPD.

Setelah dilakukan revisi terhadap bahan ajar e-LKPD berdasarkan komentar dan saran dari ahli media, diperoleh data hasil validasi yang disajikan pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4. 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
Tampilan Media	3.	Ketepatan jenis dan ukuran huruf	5
	4.	Kesesuaian latar belakang (<i>background</i>)	4
	5.	Kejelasan teks, gambar, dan video	5
	6.	Kesesuaian tata letak teks, gambar, dan video	4

Aspek Penilaian	No.	Indikator	Skor
	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 Penggunaan	13.	Kemudahan dalam penggunaan e-LKPD	5
	14.	Penggunaan e-LKPD dapat digunakan secara mandiri	5
Jumlah Skor			65
Rata-rata Skor			4,64
Persentase			92,8%

Perhitungan rata-rata skor ahli media:

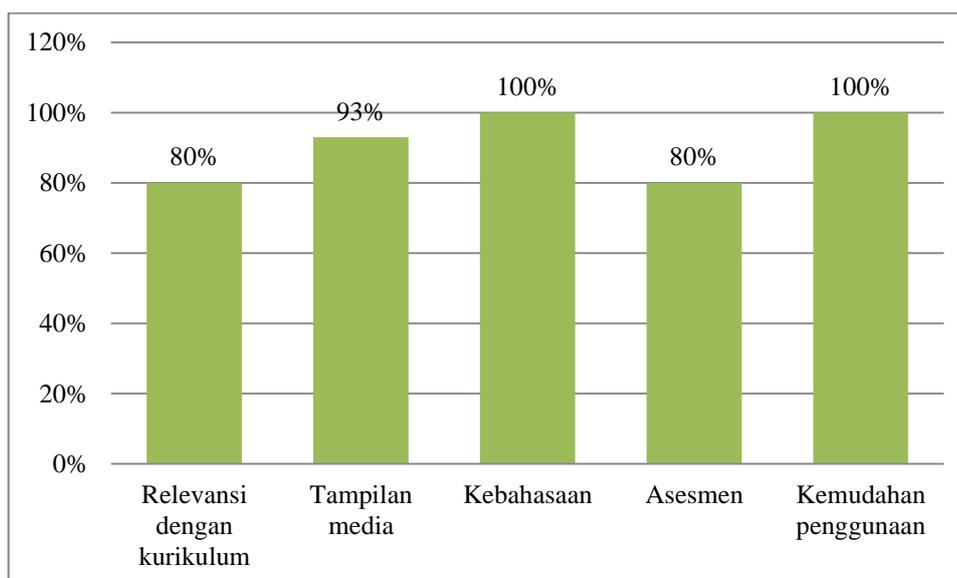
$$\text{Rata-rata Skor} = \frac{\text{Jumlah skor}}{\text{Jumlah Butir Soal}} = \frac{65}{14} = 4,64$$

Perhitungan persentase validasi ahli media:

$$\text{Persentase (\%)} = \frac{\text{Rata-rata skor}}{\text{Skor Maksimum}} \times 100\% = \frac{4,64}{5} \times 100\% = 92,8\%$$

Diagram persentase validasi ahli media pada setiap aspek dapat dilihat pada

Gambar 4.13 berikut.



Gambar 4.13 Diagram Persentase Validasi Ahli Media pada Setiap Aspek

Data hasil validasi oleh ahli media menunjukkan total skor 65 dengan rata-rata 4,64 serta persentase kelayakan sebesar 92,8%. Nilai tersebut berada pada interval 4,2-5,0 dengan kategori “Sangat Layak”. Berdasarkan skor yang diperoleh, ahli media menyatakan bahwa produk bahan ajar e-LKPD yang telah dikembangkan layak untuk uji cobakan ke lapangan.

3. Penilaian Guru

Penilaian guru dilakukan oleh ibu Dra. Hj. Rusiani, M.Pd guru mata pelajaran kimia di SMA Negeri 3 Kota Jambi. Aspek yang dinilai meliputi tampilan media, isi, kebahasaan, asesmen, kemudahan penggunaan, dan kebermanfaatan. Hasil yang diperoleh dari instrumen penilain guru terhadap e-LKPD yang dikembangkan disajikan pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4. 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	5

Aspek Penilaian	No.	Indikator	Skor
		kewirausahaan peserta didik	
Jumlah Skor			69
Rata-rata Skor			4,31
Persentase			86,2%

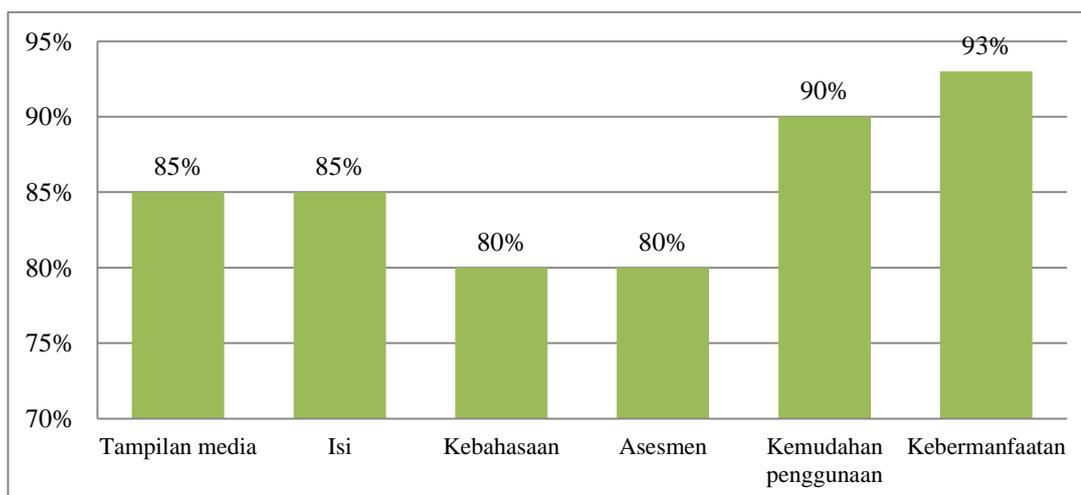
Perhitungan rata-rata skor penilaian guru:

$$\text{Rata-rata Skor} = \frac{\text{Jumlah skor}}{\text{Jumlah Butir Soal}} = \frac{69}{16} = 4,31$$

Perhitungan persentase validasi penilaian guru:

$$\text{Persentase (\%)} = \frac{\text{Rerata skor}}{\text{Skor Maksimum}} \times 100\% = \frac{4,31}{5} \times 100\% = 86,2\%$$

Diagram persentase penilaian guru pada setiap aspek dapat dilihat pada Gambar 4.14 berikut.



Gambar 4. 14 Diagram Persentase Penilaian Guru pada Setiap Aspek

Berdasarkan data hasil instrumen penilaian guru terhadap e-LKPD yang dikembangkan, diperoleh total skor 69 dengan rata-rata skor 4,31 serta persentase kelayakan sebesar 86,2%. Nilai tersebut berada pada interval 4,2-5,0 dengan kategori “Sangat Layak”. Adapun beberapa komentar dan saran secara keseluruhan terhadap e-LKPD yang dikembangkan, yaitu desain warna dan tata

letak konten sudah sesuai dan menarik, alur penyajian sudah sesuai sintaks PjBL, dan tata cara penggunaan juga cukup jelas. Guru menyampaikan bahwa e-LKPD ini sangat cocok digunakan dalam pembelajaran kimia hijau dan sangat membantu guru dalam pembelajaran. Guru juga berharap agar e-LKPD seperti ini dapat dikembangkan untuk materi kimia lainnya. Berdasarkan hasil penilaian guru yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa e-LKPD yang dikembangkan layak untuk dilakukan uji coba kepada peserta didik. Dokumentasi proses penilaian guru dapat dilihat pada Gambar 4.15 berikut.



Gambar 4. 15 Proses Penilaian Oleh Guru

4. Uji Coba Satu-satu (*One to One Trial*)

Uji coba satu-satu melibatkan tiga orang peserta didik kelas X Fase E.1 di SMA Negeri 3 Kota Jambi yang dipilih berdasarkan perbedaan tingkat kemampuan kognitif, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Pemilihan ketiga peserta didik tersebut berdasarkan saran dari guru mata pelajaran kimia yang dinilai dari hasil evaluasi pembelajaran sebelumnya. Data hasil uji coba satu-satu terhadap tiga orang peserta didik kelas X Fase E.1 di SMA Negeri 3 Kota Jambi disajikan pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4. 6 Hasil Uji Coba Satu-satu

No. Soal	Pertanyaan Soal <i>Fill In</i>	Responden			Jumlah Skor
		1	2	3	
1.	Kimia hijau merupakan cabang ilmu kimia yang bertujuan untuk	1	0,5	1	2,5
2.	Salah satu prinsip kimia hijau yang diterapkan dalam proyek pembuatan sabun adalah	1	1	0,5	2,5
3.	Proses pembuatan sabun dari minyak disebut	1	1	1	3
4.	Bahan utama sabun ramah lingkungan dalam proyek ini berasal dari	1	1	1	3
5.	Penambahan pewangi dan pewarna alami pada sabun bertujuan untuk	0,5	0,5	0,5	1,5
6.	Setelah sabun dibuat, sabun tidak boleh langsung digunakan karena harus mengalami proses	1	1	1	3
7.	Dalam proyek sabun, bahan basa yang digunakan untuk membuat sabun cair adalah	1	1	1	3
8.	Kegiatan dalam proyek sabun yang menunjukkan perpaduan antara ilmu kimia dan kewirausahaan disebut	1	1	0	2
9.	Salah satu hal yang membuat saya merasa kreatif dalam proyek ini adalah	1	1	0,5	2,5
10.	Sebutkan satu ide tambahan untuk membuat sabun buatanmu lebih menarik dan tetap ramah lingkungan	1	0	0,5	1,5
Total					24,5
Persentase					81,6%
Kriteria					Sangat Baik

Berdasarkan hasil uji coba satu-satu, diperoleh data keseluruhan responden (F) adalah 30, jumlah pertanyaan dalam instrumen soal *fill in* (I) adalah 10, skor tertinggi dalam soal (N) adalah 1, dan jumlah responden (R) adalah 3 orang peserta didik. Hasil persentase yang diperoleh dari data tersebut adalah sebagai berikut:

$$K = \frac{\sum F}{N \times I \times R} \times 100\% = \frac{24,5}{1 \times 10 \times 3} \times 100\% = \frac{24,5}{1 \times 10 \times 3} = 81,6\%$$

Berdasarkan perhitungan persentase kelayakan (K) di atas, diperoleh persentase jawaban seluruh responden adalah 81,6%, yang berada pada rentang 81%-100% dengan kategori “Sangat Baik”. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa bahan ajar e-LKPD yang telah dikembangkan sangat baik dan dapat

diterapkan pada peserta didik dengan tingkat kognitif yang berbeda-beda, serta layak untuk diuji cobakan pada kelompok kecil. Dokumentasi kegiatan uji coba satu-satu kepada peserta didik ditunjukkan pada Gambar 4.16.



Gambar 4. 16 Proses Uji Coba Satu-satu

5. Uji Coba Kelompok Kecil (*Small Group*)

Uji coba kelompok kecil melibatkan 10 orang peserta didik kelas X Fase E.1 di SMA Negeri 3 Kota Jambi. Data hasil respon peserta didik terhadap bahan ajar e-LKPD yang dikembangkan dapat dilihat pada Tabel 4.7 di bawah ini.

Tabel 4. 7 Hasil Respon Peserta didik pada Uji Coba Kelompok Kecil

No. Soal	Pertanyaan Soal <i>Fill In</i>	Responden										Jumlah Skor
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.	Tampilan e-LKPD secara keseluruhan menarik	5	5	4	5	4	4	4	4	5	5	45
2.	Kombinasi warna dan jenis tulisan yang digunakan serasi	5	4	5	4	4	3	5	4	5	5	44
3.	Tata letak penyajian teks, gambar, video dan navigasi sesuai	4	4	5	4	5	5	4	4	4	5	44
4.	Gambar dan video yang disajikan relevan dengan materi kimia hijau	5	4	5	5	5	4	4	5	4	4	45
5.	Dengan e-LKPD ini memudahkan saya untuk memahami materi kimia hijau	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	48
6.	Soal-soal dalam e-LKPD sesuai dengan materi yang disajikan	4	4	3	4	4	5	4	5	4	4	41
7.	Bahasa yang digunakan dalam e-LKPD mudah untuk dipahami	4	5	4	5	5	4	4	4	4	5	44
8.	Petunjuk penggunaan dalam e-LKPD jelas, sehingga memudahkan dalam	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	48

No. Soal	Pertanyaan Soal <i>Fill In</i>	Responden										Jumlah Skor
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	melakukan semua kegiatan											
9.	e-LKPD dapat diakses dengan mudah oleh pengguna	4	4	5	5	4	5	5	5	5	5	47
10.	e-LKPD ini dapat membantu saya belajar secara mandiri	5	5	5	5	4	4	5	4	5	4	46
11.	Penggunaan e-LKPD ini dapat meningkatkan motivasi saya dalam belajar	5	4	3	4	4	5	5	4	4	4	42
12.	e-LKPD ini memberi saya kesempatan untuk mengembangkan kreativitas	5	5	5	5	5	4	5	4	4	4	46
13	e-LKPD ini menumbuhkan jiwa kewirausahaan dalam diri saya	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	41
Total											581	
Persentase											89,4%	
Kategori											Sangat Baik	

Berdasarkan hasil uji coba kelompok kecil, diperoleh data keseluruhan responden (F) adalah 65, jumlah pertanyaan dalam instrumen respon (I) adalah 13, skor tertinggi dalam soal (N) adalah 5, dan jumlah responden (R) adalah 10 orang peserta didik. Hasil persentase yang diperoleh dari data tersebut adalah sebagai berikut:

$$K = \frac{\sum F}{N \times I \times R} \times 100\% = \frac{581}{5 \times 13 \times 10} \times 100\% = \frac{581}{5 \times 13 \times 10} = 89,4\%$$

Berdasarkan perhitungan persentase kelayakan (K) di atas, diperoleh persentase jawaban seluruh responden adalah 89,4%, yang berada pada rentang 81%-100% dengan kategori “Sangat Baik”. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa bahan ajar e-LKPD yang telah dikembangkan sangat baik digunakan dalam mendukung pembelajaran pada materi kimia hijau. Dokumentasi proses uji coba pada kelompok kecil ditunjukkan pada Gambar 4.17.



Gambar 4. 17 Proses Uji Coba Kelompok Kecil

4.5 Tahap Implementasi (*Implementation*)

Hasil tahap implementasi berupa modul ajar yang dirancang untuk membantu guru dalam menggunakan e-LKPD dalam proses pembelajaran. Modul ajar ini dirancang dengan berpedoman pada Kurikulum Merdeka dan menyesuaikan pendekatan *Project Based Learning* (PjBL) yang digunakan dalam e-LKPD.

Modul ajar yang disusun memuat identitas modul, capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, alur tujuan pembelajaran, langkah-langkah kegiatan pembelajaran berbasis PjBL, asesmen, dan instrumen penilaian. Dengan adanya modul ajar ini, diharapkan dapat memudahkan guru membimbing peserta didik dalam menggunakan e-LKPD yang dikembangkan.

4.6 Tahap Evaluasi (*Evaluation*)

Hasil evaluasi bersifat formatif pada setiap tahapan pengembangan. Hasil evaluasi pada tahap analisis, diperoleh bahwa permasalahan yang teridentifikasi dan solusi yang dirancang telah sesuai dengan data yang diperoleh melalui wawancara dengan guru dan angket respon peserta didik. Selanjutnya, hasil evaluasi tahap desain, berupa revisi pada *flowchart* dan *storyboard* hingga diperoleh desain yang sesuai dengan analisis kebutuhan yang telah dilakukan.

Hasil evaluasi pada tahap pengembangan, diperoleh dari hasil validasi tim ahli, yaitu ahli materi, ahli media, dan praktisi. Berdasarkan hasil validasi oleh ahli materi dan ahli media, diperoleh bahwa bahan ajar e-LKPD yang telah dikembangkan sudah sangat baik dan layak untuk diuji cobakan kepada peserta didik. Sejalan dengan itu, hasil penilaian dari praktisi, yaitu guru mata pelajaran kimia di SMA Negeri 3 Kota Jambi, bahan ajar e-LKPD yang telah dikembangkan sangat baik dan sesuai untuk digunakan dalam pembelajaran kimia hijau. Selanjutnya, hasil evaluasi pada tahap implementasi, diperoleh dari hasil respon peserta didik setelah menggunakan bahan ajar e-LKPD yang diuji cobakan. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa peserta didik tertarik dan menyukai e-LKPD tersebut dengan persentase respon sangat baik sebesar 89,4%.

Berdasarkan hasil evaluasi yang telah dilakukan pada setiap tahapan, maka dapat disimpulkan bahwa bahan ajar e-LKPD berbasis PjBL terintegrasi *chemo-entrepreneurship* yang dikembangkan, telah sesuai dengan kebutuhan peserta didik. Dengan demikian, bahan ajar e-LKPD yang telah dikembangkan dapat digunakan untuk menunjang dalam proses pembelajaran materi kimia hijau. Bahan ajar e-LKPD yang dikembangkan mampu menarik minat belajar peserta didik serta memberikan ruang bagi peserta didik untuk mengembangkan kreativitas melalui proyek yang tersedia dalam e-LKPD tersebut.

4.7 Pembahasan

Produk yang dikembangkan pada penelitian ini berupa bahan ajar berupa e-LKPD pada materi kimia hijau dengan pendekatan pembelajaran berbasis proyek (*Project Based Learning*) yang terintegrasi dengan *chemo-entrepreneurship* dan berorientasi pada pengembangan 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 sejalan dengan hasil penelitian Suryaningsih & Nurlita (2021) yang menyatakan bahwa pembelajaran abad 21 menuntut bahan ajar yang inovatif, kontekstual, dan berbasis teknologi untuk meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran.

Bahan ajar e-LKPD yang dikembangkan merupakan bahan ajar berbentuk elektronik yang berisikan materi dan kegiatan yang membantu peserta didik dalam memahami konsep kimia hijau. Bahan ajar e-LKPD ini dikembangkan dengan menggunakan aplikasi Canva dan Heyzine Flipbook yang memberikan efek seperti menggunakan buku sungguhan. Menurut Aisyah et al. (2024), e-LKPD berbasis Heyzine Flipbook terbukti sangat layak digunakan dalam pembelajaran karena dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik secara signifikan. Bahan ajar e-LKPD ini dilengkapi dengan tombol navigasi, sehingga memudahkan pengguna untuk bergerak ke halaman yang diinginkan. Selain itu, e-LKPD dilengkapi dengan teks, gambar, video, evaluasi, dan diskusi yang dapat membuat peserta didik terlibat aktif dalam pembelajaran, sebagaimana juga yang disarankan oleh Prastowo (2011) mengenai kriteria bahan ajar interaktif yang ideal. Bahan ajar e-LKPD dapat diakses melalui *link* HTML atau pemindaian kode QR. Penyajian materi dalam e-LKPD ini mengikuti alur langkah-langkah sintaks model PjBL yang diintegrasikan dengan pendekatan *chemo-entrepreneurship*.

Pengembangan e-LKPD berbasis PjBL terintegrasi *chemo-entrepreneurship* pada materi kimia hijau ini, menggunakan model pengembangan Lee and Owens.

Model pengembangan ini terdiri dari lima tahapan, yaitu analisis (*analysis*), desain (*design*), pengembangan (*development*), implementasi (*implementation*), dan evaluasi (*evaluation*). 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 digunakan secara luas dalam berbagai penelitian pengembangan dan terbukti menghasilkan produk yang baik, serta bersifat fleksibel dan berorientasi pada pengembangan produk berbasis digital. Oleh karena itu, model ini relevan dengan tujuan penelitian yaitu mengembangkan e-LKPD kimia hijau berbasis PjBL terintegrasi *chemo-entrepreneurship*.

Tahap awal dalam model pengembangan Lee and Owens adalah analisis, yang bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan dan kebutuhan peserta didik dalam pembelajaran. Pengumpulan data pada tahap ini dilakukan dengan wawancara terhadap guru mata pelajaran kimia dan penyebaran angket kebutuhan peserta didik di SMA Negeri 3 Kota Jambi. Tahap analisis ini terbagi menjadi dua, yaitu analisis kebutuhan (*need assessment*) dan analisis awal-akhir (*front-end analysis*) yang terdiri dari analisis karakteristik peserta didik, analisis tujuan pembelajaran, analisis materi, dan analisis teknologi pendidikan. Hasil dari setiap analisis yang telah dilakukan menjadi pedoman bagi peneliti dalam mengembangkan e-LKPD berbasis PjBL yang terintegrasi *chemo-entrepreneurship*.

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, diperoleh bahwa pembelajaran kimia hijau belum didukung oleh bahan ajar yang interaktif. Guru belum pernah menggunakan bahan ajar elektronik, seperti e-LKPD dalam proses pembelajaran.

Meskipun pembelajaran berbasis proyek telah diterapkan, pelaksanaan proyek masih bersifat lisan dan belum didukung oleh panduan tertulis. Selain itu, sebanyak 60,5% peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami materi kimia hijau, yang sebagian besar disebabkan oleh keterbatasan bahan ajar, karena pembelajaran kimia hijau hanya mengandalkan buku paket dari perpustakaan.

Hasil analisis karakteristik peserta didik menunjukkan bahwa 97,7% peserta didik memiliki perangkat digital dan 88,4% peserta didik menyukai pembelajaran yang menggunakan *smartphone*. Selain itu, sebanyak 76,8% peserta didik menyukai pembelajaran kontekstual dan berbasis proyek. Selanjutnya hasil analisis tujuan pembelajaran menunjukkan bahwa capaian pembelajaran kimia hijau sangat cocok dikembangkan melalui proyek sabun dari minyak jelantah. Hasil analisis materi menunjukkan bahwa kimia hijau bersifat kontekstual, aplikatif, dan mendukung pembelajaran berbasis proyek. Hasil analisis teknologi pendidikan menunjukkan bahwa baik infrastruktur sekolah maupun kebiasaan belajar peserta didik mendukung pengembangan bahan ajar digital.

Setelah tahap analisis, selanjutnya dilakukan tahap desain (perancangan). Tahap desain dilakukan melalui pembentukan tim, penentuan jadwal penelitian, pembuatan spesifikasi media, penyusunan materi, pembuatan *flowchart* dan *storyboard*, pengumpulan materi, gambar, dan video yang akan dimuat dalam 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), yaitu (1) pertanyaan mendasar, (2) mendesain perencanaan proyek, (3) menyusun jadwal pembuatan proyek, (4)

memonitor kegiatan proyek, (5) menguji hasil, (6) mengevaluasi pengalaman. Penyusunan desain ini juga mempertimbangkan integrasi pendekatan *chemo-entrepreneurship* dan pengembangan kreativitas peserta didik. Desain ini sesuai dengan kriteria PjBL menurut Thomas dalam Musyawir et al. (2022), yaitu proyek yang bersifat nyata, kolaboratif, dan berorientasi pada pemecahan masalah. Tahap desain ini penting untuk memastikan produk e-LKPD yang dikembangkan memiliki arah yang jelas, fungsional, dan mendukung tujuan pembelajaran.

Dalam merancang dan mendesain produk, peneliti berlandaskan pada beberapa teori belajar yang relevan, yaitu teori belajar kognitivisme, konstruktivisme, behaviorisme, dan konstruktivisme sosial Vygotsky. Pertama, teori belajar kognitivisme, berkontribusi dalam penyajian materi dan soal dalam e-LKPD untuk menstimulasi proses berpikir peserta didik. Teori ini memandang bahwa pembentukan pengetahuan terjadi melalui proses internal yang kompleks dengan melibatkan pemahaman, pengolahan, dan penyimpanan informasi dalam memori jangka panjang. Dalam konteks e-LKPD ini, 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.

Kedua, teori belajar konstruktivisme berperan dalam pengembangan aktivitas pembelajaran yang menuntut peserta didik untuk membangun sendiri pemahamannya melalui pengalaman langsung dan eksplorasi. Dalam e-LKPD ini, peserta didik terlibat aktif dalam menyelesaikan proyek pembuatan sabun dari minyak jelantah, sehingga mereka belajar melalui proses mengalami dan

merefleksikan. Teori ini memperkuat penggunaan pendekatan PjBL yang menempatkan peserta didik sebagai subjek belajar aktif dan mandiri.

Ketiga, teori belajar behaviorisme digunakan dalam pengembangan e-LKPD ini, terutama 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. Teori ini memandang belajar sebagai perubahan perilaku yang dapat diamati, sebagai hasil dari stimulus dan respon yang diperoleh.

Keempat, teori konstruktivisme sosial dari Vygotsky berkontribusi melalui aspek kolaborasi dalam pembelajaran berbasis proyek. Teori ini menekankan bahwa belajar akan lebih optimal terjadi melalui interaksi sosial dengan teman sebaya maupun guru yang berperan sebagai *scaffolding*. 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. Salah satu ciri khas visual yang digunakan adalah latar belakang halaman yang bertema alam, berupa ilustrasi pohon, taman, dan air. Tujuan dari pemilihan latar ini adalah untuk mencerminkan

nilai-nilai dari konsep kimia hijau yang menekankan pentingnya menjaga kelestarian lingkungan melalui proses kimia yang ramah lingkungan. 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. Diharapkan, tampilan visual yang dirancang ini dapat meningkatkan minat, motivasi, dan pemahaman peserta didik dalam pembelajaran kimia hijau.

Setelah produk e-LKPD selesai dikembangkan, dilakukan evaluasi awal oleh pembimbing. Hasil evaluasi dari pembimbing menjadi pedoman bagi peneliti dalam merevisi dan menyempurnakan produk sebelum memasuki tahap validasi oleh tim ahli. Revisi produk dilakukan berdasarkan saran dan masukan dari pembimbing. Selanjutnya, produk divalidasi oleh tim ahli untuk menilai kelayakan produk sebelum diuji cobakan kepada peserta didik. Hasil validasi ini digunakan sebagai dasar untuk melakukan perbaikan lebih lanjut, sehingga diperoleh produk e-LKPD yang layak digunakan untuk uji coba.

Validasi ahli materi dilakukan sebanyak dua kali. Berdasarkan hasil validasi pertama, diperoleh saran dan masukan dari validator, yaitu penambahan pengantar keamanan bahan kimia sebelum melakukan proyek dan perbaikan penulisan isi materi. Setelah dilakukan revisi terhadap produk sesuai saran dan masukan dari validasi pertama, selanjutnya dilakukan validasi kedua. Hasil validasi ahli materi

yang kedua, diperoleh persentase kelayakan sebesar 90,6% dengan kategori “sangat layak”. Aspek yang dinilai meliputi relevansi dengan kurikulum, kelengkapan isi, asesmen, dan kebahasaan. Nilai tertinggi diperoleh pada aspek relevansi dengan kurikulum dan kelengkapan isi. 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. Hal ini sejalan dengan penelitian Milaningsih et al. (2023) yang menunjukkan bahwa e-LKPD bermuatan *chemo-entrepreneurship* sangat layak dan mampu meningkatkan minat wirausaha peserta didik.

Berdasarkan hasil validasi ahli media pertama, diperoleh saran dan masukan dari validator, yaitu penambahan sumber gambar dan penyesuaian kolom isian agar lebih interaktif. Setelah dilakukan revisi terhadap produk sesuai saran dan masukan dari validasi pertama, selanjutnya dilakukan validasi kedua. Hasil validasi ahli media yang kedua, diperoleh persentase kelayakan sebesar 92,8% dengan kategori “sangat layak”. Aspek yang dinilai meliputi relevansi dengan kurikulum, tampilan media, kebahasaan, asesmen, dan kemudahan penggunaan. Nilai tertinggi diperoleh pada aspek tampilan media, kebahasaan, dan kemudahan penggunaan. Hal ini sejalan 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.

Bahan ajar e-LKPD yang telah divalidasi oleh ahli materi dan ahli media, selanjutnya dinilai oleh guru kimia sebagai praktisi pembelajaran sebelum dilakukan uji coba kepada peserta didik. Berdasarkan hasil penilaian guru kimia, diperoleh persentase kelayakan sebesar 86,2% dengan kategori “sangat layak”. Guru menyatakan bahwa bahan ajar 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. Hal ini sejalan 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.

Produk yang telah dinilai oleh tim ahli, yaitu ahli materi, ahli media, dan praktisi yaitu guru kimia di SMA Negeri 3 Kota Jambi dan diperoleh produk yang layak untuk uji coba pada peserta didik, selanjutnya peneliti melakukan uji coba satu-satu dan uji coba kelompok kecil. Uji coba satu-satu dilakukan kepada 3 orang peserta didik kelas X Fase E.1 di SMA Negeri 3 Kota Jambi dengan tingkat kognitif yang berbeda-beda. Pemilihan subjek uji coba satu-satu didasarkan pada hasil belajar peserta didik pada pembelajaran sebelumnya. Uji coba ini bertujuan untuk mengetahui apakah bahan ajar e-LKPD yang dikembangkan dapat digunakan pada semua tingkatan kognitif peserta didik dan untuk mengetahui komentar peserta didik terhadap e-LKPD yang dikembangkan sebelum dilakukan uji coba kelompok kecil.

Pada pelaksanaan uji coba satu-satu, 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, diperoleh 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. Hasil ini menunjukkan bahwa e-LKPD yang dikembangkan mudah untuk digunakan oleh peserta didik dengan tingkat kognitif yang berbeda-beda dan layak untuk diuji cobakan pada uji coba kelompok kecil.

Uji coba kelompok kecil dilakukan pada 10 orang peserta didik kelas X Fase E.1 di SMA Negeri 3 Kota Jambi. Uji coba dilakukan pada peserta didik dengan tingkat kemampuan yang beragam. Uji coba ini dilakukan untuk mengetahui respon peserta didik terhadap produk e-LKPD yang telah dikembangkan. Dalam pelaksanaan uji coba, 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. Berdasarkan hasil angket respon peserta didik, diperoleh persentase jawaban seluruh responden sebesar 89,4% dengan kategori “sangat baik”. Peserta didik menilai 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.

Kelebihan dari e-LKPD yang dikembangkan ini adalah terletak pada integrasi PjBL dan *chemo-entrepreneurship* yang belum banyak dikembangkan dalam bahan ajar kimia di sekolah. Selain itu, e-LKPD ini mudah diakses melalui berbagai perangkat dan memungkinkan peserta didik mengirimkan jawaban langsung ke e-mail pendidik. Kelebihan lainnya adalah e-LKPD ini mampu memfasilitasi peserta didik dalam mengembangkan kreativitasnya untuk menghasilkan produk nyata dan menumbuhkan semangat kewirausahaan. Namun demikian, terdapat beberapa kelemahan yang ditemukan dalam penggunaan e-LKPD ini. Salah satunya adalah kebutuhan akan jaringan internet yang stabil agar e-LKPD dapat diakses dan digunakan dengan baik. Solusinya, sebelum mengakses e-LKPD, pendidik dan peserta didik harus memastikan bahwa jaringan internet yang digunakan stabil. Selain itu, peserta didik yang baru pertama kali menggunakan e-LKPD digital mungkin akan mengalami kebingungan dalam pengoperasiannya. Untuk mengatasi hal ini, pendidik sebaiknya memberikan panduan awal atau bimbingan penggunaan e-LKPD secara jelas.

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 sekolah maupun secara mandiri di rumah.