



Mengasah Berpikir Kritis Melalui Kasus Lingkungan: Inovasi LKPD Kimia Hijau Berbasis *Case Based Learning*

Elis Nur Oktavia*, UIN Walisongo Semarang, Indonesia

Abdurrahman Mas'ud, Pascasarjana, UIN Walisongo Semarang, Indonesia

Hanifah Setiowati, UIN Walisongo Semarang, Indonesia

Fachri Hakim, UIN Walisongo Semarang, Indonesia

ABSTRACT

Critical thinking skills are among the 21st-century skills that need to be developed through chemistry instruction, particularly in green chemistry topics related to everyday environmental issues. The learning process in schools is still largely dominated by lecture-based methods and the use of worksheets that do not incorporate real-world cases, resulting in students' ability to analyze problems not developing to its full potential. This study aims to develop a worksheet oriented toward Case Based Learning using a Research and Development approach based on the 4D model, which includes the define, design, development, and disseminate stages. Data were collected through expert validation of media and content, student response questionnaires, and pretest and posttest assessments to measure critical thinking skills. The validation results showed an average score above 0.8, falling into the valid category, while the N-gain calculation of 0.84 fell into the high category. These results indicate that the Case-Based Learning-based worksheets are suitable for use as teaching materials in chemistry instruction.

ARTICLE HISTORY

Submitted 26/05/2026

Revised 03/06/2026

Accepted 04/06/2026

KEYWORDS

Worksheets; case-based learning (CBL); green chemistry; critical thinking skills

*CORRESPONDENCE AUTHOR

✉ elisoktavia2@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.30743/cheds.v10i1.13667>

1. PENDAHULUAN

Pembelajaran abad ke-21 menuntut peserta didik memiliki berbagai keterampilan yang diperlukan untuk menghadapi perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi, serta tantangan global yang semakin kompleks. Keterampilan tersebut dikenal dengan 4C yang meliputi *collaboration*, *communication*, *creativity*, dan *critical thinking* (Hamzah *et al.*, 2023). Keterampilan berpikir kritis menjadi salah satu kompetensi utama karena berperan dalam membantu peserta didik menganalisis informasi, mengevaluasi berbagai alternatif solusi, serta mengambil keputusan secara rasional berdasarkan bukti yang tersedia (Setiawan *et al.*, 2022). Kemampuan berpikir kritis juga mendukung peserta didik dalam menghubungkan konsep yang dipelajari dengan fenomena yang terjadi di lingkungan sekitar sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna. Rendahnya kemampuan berpikir kritis dapat menyebabkan peserta didik kesulitan memahami permasalahan secara mendalam dan mengaplikasikan konsep yang telah dipelajari dalam kehidupan sehari-hari (Nurdiyati *et al.*, 2025). Hasil wawancara dengan guru kimia di MA Darul Ma'arif Lamongan menunjukkan bahwa penilaian keterampilan berpikir kritis belum pernah dilakukan secara khusus karena keterbatasan waktu pembelajaran dan tuntutan penyelesaian materi. Kondisi tersebut mengakibatkan keterampilan berpikir kritis belum menjadi fokus dalam proses pembelajaran sehingga peserta didik kurang terlatih dalam menganalisis dan menyelesaikan permasalahan secara mandiri.

Keterampilan berpikir kritis memiliki peran penting dalam pembelajaran kimia karena ilmu kimia tidak hanya menuntut penguasaan konsep, tetapi juga kemampuan menganalisis fenomena, menginterpretasikan data, serta memecahkan berbagai permasalahan yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari. Kimia merupakan ilmu yang mempelajari materi, sifat, perubahannya (Chang, 2004). Hasil wawancara dengan guru kimia menunjukkan bahwa peserta didik masih menganggap kimia sebagai mata pelajaran yang sulit. Kesulitan tersebut tidak hanya terletak pada aspek perhitungan, tetapi juga pada kemampuan memahami konsep dan menyelesaikan permasalahan yang diberikan (A'yun *et al.*, 2018). Data hasil ulangan menunjukkan bahwa 70% peserta didik belum mencapai KKM pada materi kimia hijau. Hasil angket juga menunjukkan bahwa 83,3% peserta didik menganggap kimia sulit dipahami dan 53,3% peserta didik menyatakan pembelajaran masih didominasi metode ceramah sehingga kurang mendorong keterlibatan aktif peserta didik dalam proses pembelajaran. Maka dari itu perlu ditekankan kembali materi kimia hijau yang dihubungkan dengan keadaan sekitar yang dialami oleh peserta didik.



Kimia hijau merupakan salah satu materi yang relevan untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis karena memuat berbagai permasalahan lingkungan yang dekat dengan kehidupan peserta didik. Konsep kimia hijau berfokus pada penerapan prinsip-prinsip kimia yang ramah lingkungan untuk mengurangi penggunaan bahan berbahaya, meminimalkan limbah, serta mendukung pembangunan berkelanjutan (Martínez *et al.*, 2022). Materi ini menjadi penting karena berbagai persoalan lingkungan, seperti penumpukan sampah, pembakaran sampah, penggunaan detergen berlebihan, serta pencemaran lingkungan masih sering ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Pembelajaran kimia hijau memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menganalisis penyebab masalah lingkungan serta merumuskan solusi berdasarkan prinsip-prinsip kimia yang berkelanjutan. Hasil wawancara menunjukkan bahwa pembelajaran kimia hijau telah dikaitkan dengan kehidupan sehari-hari, namun belum menggunakan kasus nyata yang berasal dari lingkungan sekitar peserta didik sehingga pemahaman konsep dan kemampuan berpikir kritis belum berkembang secara optimal. Oleh karena itu, materi kimia hijau perlu ditekankan kembali melalui permasalahan lingkungan yang terdapat di sekitar peserta didik agar pemahaman konsep dapat berkembang secara lebih optimal. Keterkaitan antara materi dan fenomena kehidupan sehari-hari tersebut memerlukan dukungan bahan ajar yang relevan dan sesuai dengan kebutuhan peserta didik.

Pemanfaatan bahan ajar yang tepat diperlukan untuk mendukung pembelajaran kimia hijau. Bahan ajar yang digunakan di sekolah berupa LKPD dan buku paket. LKPD yang tersedia masih berisi ringkasan materi dan tugas sederhana sehingga belum mampu mendorong peserta didik mengidentifikasi masalah, menganalisis informasi, serta menemukan solusi secara mandiri. Pemanfaatan bahan ajar pada materi kimia hijau berpotensi menumbuhkan kepedulian terhadap lingkungan sekaligus melatih kemampuan berpikir kritis peserta didik (Hakim, 2025). LKPD yang dirancang sesuai kebutuhan peserta didik dapat membantu menciptakan pembelajaran yang lebih aktif, bermakna, dan kontekstual (Fauzi *et al.*, 2021). Kondisi tersebut menunjukkan perlunya pengembangan LKPD yang tidak hanya berisi materi dan latihan soal, tetapi juga memuat permasalahan nyata yang relevan dengan kehidupan peserta didik. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan LKPD yang didukung oleh model pembelajaran yang tepat, yaitu *Case Based Learning* (CBL).

CBL merupakan salah satu pendekatan pembelajaran yang berfokus pada pemecahan masalah nyata dan berkaitan erat dengan konteks kehidupan sehari-hari. Proses pembelajaran diawali dengan penyajian suatu gagasan atau fenomena yang dekat dengan pengalaman peserta didik, kemudian dikembangkan menjadi pertanyaan mendasar yang menuntut analisis dan penyelesaian masalah. Melalui pendekatan ini, peserta didik didorong untuk menghubungkan konsep-konsep yang dipelajari dengan situasi nyata sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna (Sodikin *et al.*, 2014). Penerapan CBL juga memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengkaji teori yang relevan, mengevaluasi informasi yang tersedia, serta menganalisis kasus secara sistematis hingga memperoleh kesimpulan yang logis dan berdasarkan bukti (Dayu *et al.*, 2022). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan LKPD mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran, sedangkan penerapan model CBL dapat membantu peserta didik mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi melalui analisis kasus nyata. Penelitian mengenai LKPD berbasis CBL telah dilakukan pada berbagai materi pembelajaran, namun sebagian besar penelitian masih berfokus pada validitas dan kepraktisan bahan ajar tanpa mengintegrasikan kasus lingkungan yang berasal dari kondisi nyata di sekitar peserta didik. Penelitian sebelumnya juga belum banyak mengembangkan LKPD berbasis CBL pada materi kimia hijau yang secara khusus dirancang untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis sesuai tuntutan pembelajaran abad ke-21.

Keterbaruan penelitian ini terletak pada pengembangan LKPD berorientasi CBL yang memanfaatkan kasus nyata dari lingkungan sekitar peserta didik, seperti penumpukan sampah, pembuangan limbah pabrik, dan pemanasan global yang berlebihan sebagai konteks pembelajaran kimia hijau. LKPD yang dikembangkan disusun berdasarkan sintaks CBL dan diintegrasikan dengan indikator keterampilan berpikir kritis sehingga peserta didik tidak hanya memahami konsep kimia hijau, tetapi juga mampu menganalisis masalah dan merumuskan solusi yang sesuai dengan prinsip keberlanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan LKPD berorientasi CBL pada materi kimia hijau yang valid, praktis, dan mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Penelitian ini bertujuan mengetahui tingkat kevalidan produk, respons peserta didik terhadap penggunaan LKPD, serta peningkatan keterampilan berpikir kritis setelah penerapan LKPD yang dikembangkan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode *Research and Development* (R&D) dengan model 4D yang dikembangkan oleh Thiagarajan (1974)(1974), yang terdiri atas empat tahap, yaitu *define, design, develop, dan disseminate*.

2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) yang melibatkan 1 kelas.

2.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di MA Darul Ma'arif yang berada di Dusun Gayam Kecamatan Solokuro Kabupaten Lamongan. Waktu penelitian pada tanggal 6-30 Januari 2026

2.3 Target/Subjek Penelitian

Subjek penelitiannya seluruh peserta didik kelas X MA Darul Ma'arif. Teknik pengambilan sampel menggunakan *purposive sampling*, yaitu pemilihan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu agar sesuai dengan kebutuhan penelitian.

2.4 Prosedur

Prosedur penelitian pengembangan LKPD berorientasi CBL pada materi kimia hijau dilakukan melalui beberapa tahapan berikut:

1. Tahap pendefinisian (*define*), meliputi observasi dan wawancara dengan guru kimia, analisis kebutuhan peserta didik, analisis kurikulum, identifikasi permasalahan pembelajaran, serta analisis bahan ajar yang digunakan di sekolah. Pada tahap ini juga dilakukan identifikasi rendahnya keterampilan berpikir kritis peserta didik dan penentuan materi kimia hijau sebagai fokus penelitian.
2. Tahap perancangan (*design*), meliputi penyusunan rancangan LKPD berorientasi *Case Based Learning*, penyusunan materi dan kasus nyata yang berkaitan dengan lingkungan sekitar, penyusunan instrumen penelitian berupa lembar validasi, angket respons peserta didik, soal *pretest* dan *posttest*, serta desain tampilan LKPD sesuai Kurikulum Merdeka.
3. Tahap pengembangan (*develop*), meliputi validasi LKPD oleh ahli materi dan ahli media, analisis hasil validasi, revisi produk berdasarkan saran validator, uji coba skala kecil melibatkan 9 peserta didik kelas X MA Darul Ma'arif, serta uji coba skala besar melibatkan 1 kelas X MA Darul Ma'arif Lamongan yang berjumlah 31 peserta didik. Pada tahap ini dilakukan *pretest* sebelum pembelajaran dan *posttest* setelah penggunaan LKPD berbasis CBL untuk mengetahui peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik.
4. Tahap penyebaran (*disseminate*), meliputi penyebar luasan LKPD yang telah dinyatakan valid dan layak digunakan sebagai bahan ajar pendukung pembelajaran kimia hijau berbasis CBL. LKPD yang digunakan telah melalui proses validasi oleh ahli materi dan ahli media serta memperoleh respons positif saat uji coba. Penyebaran dalam penelitian ini masih terbatas pada 50 peserta didik di SMK Darma Plus karena keterbatasan waktu, biaya, dan perizinan. Pada tahap ini, peneliti mensosialisasikan LKPD dan membagikan angket untuk mengetahui tanggapan peserta didik terhadap produk yang dikembangkan.

2.5 Data, Instrumen, dan Teknik Pengumpulan Data

Data dalam penelitian ini meliputi data validitas LKPD, respons peserta didik, dan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Instrumen yang digunakan berupa lembar wawancara, angket, lembar validasi, serta soal *pretest* dan *posttest*. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui wawancara dengan guru, penyebaran angket kepada peserta didik dan validator, serta tes yang terdiri dari *pretest* dan *posttest* untuk mengetahui peningkatan keterampilan berpikir kritis setelah penggunaan LKPD berbasis CBL. Pada validitas produk menggunakan validator ahli materi dan media sebanyak 5 yang terdiri dari 3 dosen yang ahli dibidangnya dan 2 guru, untuk mengukur kevalidan dari ahli materi dan media menggunakan rumus *Aiken's V* dengan menggunakan skala 1-5. Berdasarkan tabel *Aiken's V* jumlah penilai (*rater*) sebanyak 5 orang dan skala penilaian 1-5, maka nilai minimum yang menunjukkan bahwa validasi dari ahli media dan materi di kategorikan valid jika nilai yang didapat sebesar 0,80 atau dikatakan valid jika $\geq 0,80$. Berikut rumus *Aikens' v* dan kriteria penilaian validitas:

$$V = \frac{\sum s(r - l_0)}{n(c - 1)}$$

Keterangan:

- lo = nilai validitas terendah (misalnya 1)
 c = nilai validitas tertinggi (misalnya 5)
 r = nilai yang diberikan oleh validator
 n = jumlah validator

Tabel 1: Kriteria penilaian validitas

Skala	Kriteria
5	Sangat baik
4	Baik
3	Cukup baik
2	Kurang baik
1	Tidak baik

2.6 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan analisis validitas, analisis respons peserta didik, dan analisis peningkatan keterampilan berpikir kritis. Analisis validitas LKPD diperoleh dari hasil penilaian ahli materi dan ahli media menggunakan skala penilaian untuk menentukan tingkat kelayakan produk. Analisis respons peserta didik dilakukan dengan menghitung persentase hasil angket respons peserta didik terhadap penggunaan LKPD. Analisis keterampilan berpikir kritis dilakukan menggunakan hasil *pretest* dan *posttest* yang kemudian dihitung menggunakan rumus N-Gain untuk mengetahui peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik setelah menggunakan LKPD berbasis *Case Based Learning* (CBL). Indikator yang digunakan untuk menilai kemampuan berpikir kritis mencakup beberapa aspek berikut:

Tabel 2: Indikator keterampilan berpikir kritis

Indikator	Sub indikator berpikir kritis
Interpretasi	<i>Categorize</i> (Mengkategorikan), <i>Decode significance</i> (Menguraikan arti penting), <i>Clarity meaning</i> (Makna kejelasan)
Analisis	<i>Examine ideas</i> (Memeriksa ide), <i>Identify arguments</i> (Identifikasi argument), <i>Identify reasons and claims</i> (Identifikasi alasan dan klaim)
Inferensi	<i>Query evidence</i> (Bukti permintaan), <i>Conjecture alternatives</i> (Alternatif dugaan), <i>Draw logically valid or justified conclusions</i> (Membuat kesimpulan yang sah secara logis atau yang dibenarkan)
Evaluasi	<i>State result</i> (Menyatakan hasil), <i>Justify prosedures</i> (Membenarkan hasil), <i>Present arguments</i> (Memberikan alasan)
Eksplanasi	Menyusun langkah yang akan diambil disertai penetapan keputusan, kemudian mengemukakan alasan atau pertimbangan baik secara verbal maupun dalam bentuk tulisan.
<i>Self-regulation</i>	<i>Self-monitor</i> (Monitoring diri) dan <i>Self-correct</i> (Mengoreksi diri)

(Facione, 2015)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan LKPD berbasis *Case Based Learning* (CBL) yang digunakan pada materi Kimia Hijau kelas X sesuai Kurikulum Merdeka, dengan tujuan melatih dan meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. LKPD dikembangkan dengan mengintegrasikan permasalahan nyata di lingkungan sekitar peserta didik. Produk yang dihasilkan memuat dua kasus utama yang dirancang untuk dianalisis dan diselesaikan oleh peserta didik. Penyusunan LKPD dilakukan secara sistematis, meliputi komponen awal hingga akhir seperti tujuan pembelajaran, kegiatan belajar, materi, hingga rubrik penilaian, sehingga memudahkan guru dan peserta didik dalam mengikuti alur pembelajaran.

Setiap kegiatan dalam LKPD disesuaikan dengan sintaks CBL yang mencakup penyajian kasus, analisis masalah, pengumpulan informasi, perumusan solusi, dan penarikan kesimpulan. Pendekatan ini disusun agar peserta didik lebih aktif dalam proses belajar, mampu menyelesaikan masalah, serta terbiasa belajar secara mandiri. Penelitian ini menggunakan *metode Research and Development* (R&D) dengan model 4D yang meliputi tahap pendefinisian, perancangan, pengembangan, dan penyebaran. Setiap tahap dilakukan secara runtut untuk menghasilkan LKPD yang valid, praktis, dan sesuai digunakan dalam pembelajaran Kimia Hijau di SMA/MA.

3.1 Define

Tahap *define* diawali dengan pelaksanaan studi pendahuluan di MA Darul Ma'arif Lamongan guna memperoleh gambaran umum mengenai pelaksanaan pembelajaran di kelas. Tahap ini dilakukan untuk memastikan bahwa produk yang dibuat sesuai dengan kondisi sebenarnya di lapangan serta karakteristik peserta didik. Informasi yang dihimpun selanjutnya dimanfaatkan sebagai dasar dalam menentukan arah serta bentuk pengembangan LKPD. Data diperoleh melalui wawancara dengan guru kimia yang menunjukkan bahwa pembelajaran telah mengacu pada Kurikulum Merdeka, meskipun praktik di kelas masih didominasi metode ceramah. Penilaian keterampilan berpikir kritis belum pernah dilakukan karena keterbatasan waktu dan tuntutan penyelesaian materi. Persepsi peserta didik terhadap kimia cenderung negatif karena dianggap sulit, ditambah rendahnya minat belajar. Kesulitan semakin terlihat pada materi kimia hijau, dibuktikan dengan banyaknya nilai di bawah KKM. Upaya guru menggunakan model seperti *Problem Based Learning* belum berjalan optimal akibat keterbatasan waktu dan kesiapan bahan ajar. Penggunaan LKPD masih bersumber dari internet dan belum kontekstual. Model CBL juga belum pernah diterapkan. Kondisi tersebut mendorong perlunya pengembangan LKPD berbasis CBL yang memuat kasus nyata agar peserta didik lebih aktif, mampu memahami konsep, serta terlatih berpikir kritis.

Analisis peserta didik dilakukan melalui angket yang disebar melalui *Google Form* untuk mengetahui kebutuhan belajar. Hasil menunjukkan seluruh peserta didik menyatakan bahwa sekolah tersebut sudah menerapkan Kurikulum Merdeka, sebagian peserta didik juga memiliki minat terhadap kimia, namun mayoritas tetap menganggap materi kimia hijau itu sulit. Karena 70% peserta didik nilai ulangnya belum mencapai KKM. Pemanfaatan LKPD dalam pembelajaran belum maksimal karena keterbatasan waktu. Data lain menunjukkan bahwa LKPD cukup membantu pemahaman dan mendorong kemandirian, terutama jika dikaitkan dengan kehidupan sehari-hari. Ketertarikan tinggi terhadap pembelajaran kontekstual terlihat dari mayoritas peserta didik yang menyukai materi yang relevan dengan lingkungan sekitar. Dukungan terhadap pengembangan LKPD berbasis CBL juga cukup besar. Hasil tersebut menunjukkan bahwa diperlukan bahan ajar yang dapat mengaitkan konsep kimia dengan situasi nyata, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna bagi peserta didik. Hasil wawancara dengan guru kimia dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3: Hasil wawancara dengan guru kimia

No.	Pertanyaan	Ya	Tidak
1.	Apakah di sekolah sudah menggunakan kurikulum merdeka?	100%	-
2.	Apakah anda menyukai pembelajaran kimia?	56,7%	43,3%
3.	Apakah kimia merupakan mata pelajaran yang sulit?	83,3%	16,7%
4.	Apakah anda sudah pernah belajar mengenai materi kimia hijau?	70%	30%
5.	Apakah materi kimia hijau merupakan materi kimia yang sulit?	53,3	46,7%
6.	Apakah bahan ajar seperti lembar kerja peserta didik (LKPD) sering digunakan dalam pembelajaran kimia?	36,7%	63,3%
7.	Apakah materi kimia hijau sudah pernah menggunakan LKPD?	36,7%	63,3%
8.	Apakah bahan ajar seperti LKPD membantu anda dalam memahami materi kimia hijau	50%	50%
9.	Apakah metode berbasis masalah sering digunakan dalam pembelajaran?	40%	60%
9.	Apakah LKS yang diterapkan sudah mendorong anda menyelesaikan masalah secara mandiri?	46,7%	53,3%
10.	Apakah anda suka, jika pembelajaran kimia dikaitkan dengan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari?	80%	20%
11.	Apakah anda setuju jika dikembangkan LKPD berbasis <i>case based learning</i> (CBL) untuk meningkatkan berpikir kritis pada materi kimia hijau?	76,7%	23,3%

Analisis terhadap tugas, konsep, dan tujuan pembelajaran dilakukan agar materi, kegiatan, serta hasil yang ingin dicapai dapat saling sesuai dan terarah. Penelaahan tugas difokuskan pada kesesuaian dengan tujuan pembelajaran kimia hijau yang meliputi penerapan konsep dalam kehidupan sehari-hari, pemahaman pengolahan limbah, analisis masalah lingkungan, serta perumusan solusi berbasis prinsip kimia hijau. Analisis konsep dilakukan dengan mengacu pada CP dan ATP Kurikulum Merdeka, kemudian dihubungkan dengan permasalahan lingkungan sekitar agar lebih relevan dan mudah dipahami. Materi yang dikembangkan mencakup konsep kimia hijau, analisis limbah, prinsip-prinsip kimia hijau, dampak limbah, serta solusi berbasis keberlanjutan. Penetapan tujuan pembelajaran dirumuskan secara sistematis agar pembelajaran memiliki arah yang jelas. Hasilnya menunjukkan bahwa peserta didik diharapkan mampu menjelaskan konsep, menganalisis permasalahan, mengidentifikasi prinsip, serta merancang solusi terhadap isu lingkungan secara logis dan kontekstual.

3.2 Design

Tahap perancangan difokuskan pada pengembangan LKPD kimia berbasis CBL pada materi kimia hijau. Instrumen penilaian disusun untuk mengetahui tingkat kelayakan produk dengan menggunakan lembar validasi yang diisi oleh ahli materi dan ahli media. Penilaian ini meliputi isi materi, cara penyajian, serta kesesuaian dengan tujuan

pembelajaran yang ingin dicapai. Angket respons peserta didik turut disiapkan untuk mengukur kepraktisan dan kemudahan penggunaan LKPD dalam pembelajaran. Media yang dipilih berupa LKPD dalam bentuk cetak, yang dirancang sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik peserta didik, serta mengacu pada tuntutan dalam Kurikulum Merdeka. Penggunaan media ini bertujuan mempermudah pemahaman konsep sekaligus melatih kemampuan penyelesaian masalah secara mandiri.

Pemilihan format dilakukan dengan menyusun LKPD dalam bentuk cetak ukuran A4 menggunakan bantuan *Microsoft Word* dan *Canva* untuk menghasilkan tampilan yang sistematis, jelas, dan menarik. Rancangan awal LKPD tersebut disusun sebagai bentuk awal LKPD berbasis CBL sebelum melalui tahap validasi. Penyusunan dilakukan secara runtut dengan mengutamakan penggunaan kasus yang dekat dengan kehidupan sehari-hari, sehingga peserta didik lebih mudah memahami materi kimia hijau dan termotivasi untuk berpikir kritis saat mencari solusi atas permasalahan yang diberikan. Berikut adalah rancangan awal dari LKPD:

1) Sampul depan

Sampul depan berisi judul materi, model pembelajaran, gambar yang relevan, serta identitas penulis, dosen pembimbing, dan peserta didik.



Gambar 1: Sampul depan

2) Kata pengantar

Kata pengantar memuat ungkapan rasa syukur, gambaran singkat mengenai isi LKPD, serta harapan penulis terhadap penyusunan dan pemanfaatan bahan ajar tersebut.



Gambar 2: Kata pengantar

3) Daftar isi

Daftar isi berperan sebagai petunjuk bagi pembaca dengan memberikan informasi yang memudahkan peserta didik maupun guru menemukan halaman materi yang akan dipelajari.



Gambar 3. Daftar isi

4) Karakteristik LKPD

Karakteristik LKPD berisikan tentang pendekatan pembelajaran yang akan diterapkan dalam LKPD dan langkah-langkah model pembelajaran.



Gambar 4: Karakteristik LKPD

5) Petunjuk penggunaan

Petunjuk penggunaan LKPD yang berisikan prosedur penggunaan yang harus dilakukan dalam mengerjakan LKPD.



Gambar 5: Petunjuk penggunaan

6) CP, elemen CP pemahaman kimia, dan TP

LKPD ini memuat CP, elemen, CP pemahaman kimia, dan TP yang akan dicapai oleh peserta didik yang sesuai dengan kurikulum merdeka.



Gambar 6: CP dan TP

7) Peta konsep

Peta konsep memuat sejarah kimia hijau, 12 prinsip kimia hijau, dan manfaat kimia hijau.



Gambar 7: Peta konsep

8) Uraian materi

Uraian materi disajikan sebagai penguatan konsep agar peserta didik lebih mudah memahami dan memperdalam materi yang dipelajari.



Gambar 8: Uraian materi

9) Kasus kimia hijau 1

Kasus kimia hijau 1 tentang penumpukan sampah yang ada di payaman yang dekat dengan sekolahan dan terdiri dari tahap-tahapan CBL.



Gambar 9: Kegiatan pembelajaran 1

10) Kegiatan kimia hijau 2

Kegiatan kimia hijau 2 memuat permasalahan limbah yang ada di brondong sesuai dengan tujuan pembelajaran dan tahapan CBL.



Gambar 10: Kegiatan pembelajaran 2

11) Kegiatan kimia hijau 3

Kegiatan kimia hijau 3 tentang permasalahan *global warming*, tujuan pembelajaran, dan tahap-tahapan CBL.



Gambar 11: Kegiatan pembelajaran 3

12) Rubrik penilaian LKPD

Rubrik penilaian LKPD memuat penilaian LKPD yang dikerjakan oleh peserta didik pada setiap tahapnya.



Gambar 12: Rubrik penilaian LKPD

13) Daftar pustaka

Daftar Pustaka memuat berbagai sumber rujukan yang digunakan penulis sebagai dasar dalam penyusunan LKPD.



Gambar 13: Daftar Pustaka

3.3 Development

Tahap pengembangan mencakup penilaian ahli materi dan media untuk menentukan tingkat kevalidan LKPD sebelum digunakan dalam pembelajaran. Penilaian dilakukan oleh lima orang ahli yang terdiri dari dosen pendidikan kimia dan guru kimia. Aspek yang dinilai mencakup materi, tampilan media, serta kesesuaian dengan tujuan pembelajaran. Hasil dari penilaian ini kemudian digunakan sebagai acuan untuk memperbaiki produk, sehingga LKPD yang dikembangkan menjadi lebih layak dan sesuai dengan kebutuhan pembelajaran. Data hasil penilaian dari para ahli dianalisis menggunakan rumus *Aiken's V*. Ringkasan hasil penilaian ahli materi dapat dilihat pada Tabel 4 yang menggunakan rumus *Aikens's V*.

$$V = \frac{\sum s (r - l_0)}{n(c - 1)}$$

Keterangan:

lo = nilai validitas terendah (misalnya 1)

c = nilai validitas tertinggi (misalnya 5)

r = nilai yang diberikan oleh validator

n = jumlah validator

Tabel 4: Hasil validasi ahli materi

No.	Aspek penilaian	V	Kevalidan
1.	Kelayakan isi	0,9	Valid
2.	Kelayakan penyajian	0,95	Valid
3.	Kebahasaan	0,97	Valid
4.	Case based learning	0,95	Valid
5.	Keterampilan berpikir kritis	0,95	Valid
Rata-rata		0,94	Valid

Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh aspek yang dinilai memperoleh nilai rata-rata pada kategori valid. Aspek kelayakan isi memperoleh indeks validitas sebesar $0,90 > 0,80$, sehingga dinyatakan valid. Hasil tersebut menunjukkan bahwa materi yang disajikan telah sesuai dengan capaian pembelajaran, memiliki ketepatan konsep, serta memuat informasi yang mutakhir. Selain itu, penyajian materi dalam LKPD dirancang secara bertahap dan sistematis sehingga dapat membantu peserta didik memahami konsep Kimia Hijau dengan lebih baik. Temuan ini sejalan dengan pendapat Lestari dan Muchlis (2021) yang menyatakan bahwa kualitas isi suatu bahan ajar ditentukan oleh kesesuaiannya dengan capaian pembelajaran dan ketepatan konsep yang disampaikan. Oleh sebab itu, aspek tersebut menjadi salah satu dasar penting dalam proses validasi untuk memastikan materi yang disajikan memiliki kualitas yang baik dan relevan dengan tujuan pembelajaran.

Pada aspek penyajian diperoleh nilai validitas sebesar $0,95 > 0,80$ yang termasuk kategori valid. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa LKPD telah dirancang dengan struktur yang sistematis dan mampu menunjang keterlaksanaan pembelajaran secara efektif. Penilaian pada aspek ini mencakup keteraturan penyusunan kegiatan belajar, kelengkapan komponen pendukung, kejelasan petunjuk penggunaan, serta urutan penyampaian materi dan aktivitas yang logis. Penyajian yang tersusun secara runtut memberikan kemudahan bagi peserta didik dalam mengikuti tahapan pembelajaran dan memahami materi secara bertahap. Pernyataan tersebut didukung oleh Surita *et al.*, (2022) yang menjelaskan bahwa penyusunan kegiatan pembelajaran yang sistematis, didukung petunjuk yang jelas dan urutan materi yang terstruktur, dapat meningkatkan efektivitas proses belajar. Hasil penelitian Ali *et al.*, (2023) juga menunjukkan bahwa LKPD dengan organisasi penyajian yang baik mampu membantu peserta didik memahami materi secara lebih optimal karena setiap aktivitas tersusun secara berjenjang dan mudah dipahami.

Aspek kebahasaan memperoleh nilai validitas sebesar $0,97 > 0,80$ dan termasuk kategori valid. Hasil ini menunjukkan bahwa bahasa yang digunakan dalam LKPD telah memenuhi kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar, baik dari segi struktur kalimat, kejelasan informasi, maupun kesesuaian dengan Ejaan Yang Disempurnakan (EYD). Penggunaan bahasa yang komunikatif dan mudah dipahami memungkinkan peserta didik menerima informasi serta instruksi pembelajaran dengan lebih jelas. Temuan ini sejalan dengan penelitian Januarni *et al.*, (2025) yang menyatakan bahwa aspek kebahasaan dalam LKPD memperoleh tingkat kevalidan tinggi karena memperhatikan keterbacaan, ketepatan penggunaan bahasa, dan struktur kalimat yang sesuai dengan karakteristik peserta didik. Selain itu, Hisbiyah dan Qomariyah (2024) menegaskan bahwa penggunaan bahasa yang sederhana dan mudah dipahami dapat membantu peserta didik dalam memahami materi pembelajaran secara lebih efektif. Oleh karena itu, aspek kebahasaan memiliki peran penting dalam mendukung keterbacaan dan keberhasilan penggunaan LKPD di kelas.

Aspek berikutnya adalah penerapan sintaks *Case Based Learning* (CBL) yang memperoleh nilai validitas sebesar $0,95 > 0,80$ dengan kategori valid. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tahapan pembelajaran berbasis kasus yang diintegrasikan ke dalam LKPD telah sesuai dengan karakteristik model CBL. Penilaian pada aspek ini meliputi kesesuaian penyajian kasus dengan kehidupan sehari-hari peserta didik serta keteraturan tahapan pembelajaran yang mengarahkan peserta didik dalam menyelesaikan kasus secara sistematis. Kasus yang disajikan tidak hanya berfungsi sebagai pemantik pembelajaran, tetapi juga mendorong peserta didik untuk mengidentifikasi masalah, menganalisis informasi, dan menentukan alternatif solusi yang relevan. Hasil ini sejalan dengan penelitian Dharmayanti (2023) yang menyebutkan bahwa implementasi CBL mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis karena peserta didik dilatih untuk mengkaji suatu permasalahan secara mendalam sebelum menarik kesimpulan. Selain itu, Gusya *et al.*, (2025) menjelaskan bahwa model CBL berkontribusi positif terhadap kemampuan pemecahan masalah karena peserta didik terbiasa mengikuti tahapan penyelesaian kasus secara terarah sehingga kemampuan analitis mereka berkembang secara bertahap.

Aspek terakhir yang dinilai adalah keterampilan berpikir kritis dengan nilai validitas sebesar $0,95 > 0,80$ yang termasuk kategori valid. Hasil tersebut menunjukkan bahwa aktivitas yang terdapat dalam LKPD telah dirancang untuk memfasilitasi pengembangan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Penilaian pada aspek ini mencakup kemampuan peserta didik dalam memahami permasalahan, mengolah dan menganalisis informasi, menarik kesimpulan berdasarkan bukti yang tersedia, serta menyampaikan solusi secara logis dan sistematis. Aktivitas yang disusun secara berurutan memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk melatih kemampuan berpikir kritis secara berkesinambungan selama proses pembelajaran berlangsung. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Ningsih *et al.*, (2019) yang menyatakan bahwa LKPD dapat menjadi sarana efektif dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis karena memuat tugas dan aktivitas yang mengarahkan peserta didik untuk memecahkan masalah melalui tahapan berpikir yang terstruktur. Oleh karena itu, LKPD yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai bahan ajar, tetapi juga sebagai sarana untuk melatih kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik secara berkelanjutan. Berikut hasil validasi ahli media yang disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5: Hasil validasi ahli media

No.	Aspek penilaian	V	Kevalidan
1.	Penyajian LKPD	0,95	Valid
2.	Kelayakan kegrafikan	0,96	Valid
3.	Kualitas tampilan	1	Valid
Rata-rata		0,97	Valid

Berdasarkan hasil penilaian dari ahli media, seluruh aspek yang dievaluasi oleh ahli media memperoleh kategori valid. Pada aspek penyajian LKPD diperoleh nilai validitas sebesar $0,95 > 0,80$ yang menunjukkan bahwa susunan materi maupun tampilan LKPD telah memenuhi kriteria kelayakan. Penyajian yang terorganisasi dengan baik memungkinkan peserta didik mengikuti alur pembelajaran secara lebih mudah dan sistematis. Materi yang disusun secara berurutan membantu peserta didik memahami konsep secara bertahap sehingga proses belajar menjadi lebih terarah. Temuan ini didukung oleh penelitian Rubiah *et al.*, (2025) yang menyatakan bahwa LKPD dengan petunjuk, instruksi, dan aktivitas pembelajaran yang tersusun secara runtut dapat mempermudah peserta didik dalam memahami tugas serta mengikuti setiap tahapan kegiatan pembelajaran.

Kualitas penyajian tersebut juga sejalan dengan prinsip desain pembelajaran yang menekankan pentingnya pengelolaan beban kognitif peserta didik. Rosenshine (2012) juga menjelaskan bahwa penyampaian materi melalui langkah-langkah yang jelas dan bertahap dapat meningkatkan pemahaman konsep sekaligus keterlibatan peserta didik selama pembelajaran. Selain itu, Kirschner *et al.*, (2006) mengemukakan bahwa pembelajaran yang dilengkapi arahan dan panduan yang terstruktur cenderung lebih efektif dibandingkan pembelajaran dengan bimbingan minimal karena mampu mengurangi kebingungan serta meningkatkan efisiensi proses belajar. Maka dari itu, kualitas penyajian tidak hanya ditentukan oleh isi materi, tetapi juga oleh bagaimana materi tersebut dikemas dan ditampilkan agar mudah dipahami oleh peserta didik.

Aspek kegrafisan memperoleh nilai validitas sebesar $0,96 > 0,80$ dan termasuk kategori valid. Hasil tersebut menunjukkan bahwa komponen visual LKPD telah memenuhi standar kelayakan sebagai bahan ajar. Penilaian pada aspek ini meliputi ukuran LKPD, desain sampul, serta tata letak isi. Desain sampul dievaluasi berdasarkan kesesuaian penempatan elemen visual, pemilihan jenis huruf, dan penggunaan ilustrasi pendukung. Sementara itu, penilaian pada bagian isi mencakup keteraturan tata letak halaman, tingkat keterbacaan teks, serta kerapian penyajian materi. Mayer (2009) yang menyatakan bahwa penyajian visual yang terstruktur mampu membantu peserta didik mengintegrasikan informasi secara lebih efektif dalam memori kerja. Selain itu, Sweller *et al.*, (2011) menegaskan bahwa desain visual yang proporsional dan tidak berlebihan dapat mengurangi beban kognitif sehingga peserta didik lebih fokus dalam memahami materi pembelajaran.

Kualitas tampilan mendapat nilai $1 > 0,8$ yang berarti valid. LKPD tersebut memiliki tampilan yang menarik. Kualitas tampilan mencakup keserasian desain secara keseluruhan, penggunaan ilustrasi yang mendukung materi, serta pengaturan tata letak pada setiap bagian LKPD. Susunan halaman dibuat rapi dan tidak berlebihan sehingga mudah dibaca. Tampilan yang jelas dan menarik membantu peserta didik memahami isi LKPD dengan lebih nyaman. Hal tersebut didukung oleh penelitian Zen *et al.*, (2025) yang menemukan bahwa lembar kerja yang dirancang secara menarik dan sistematis dapat memberikan kontribusi positif terhadap hasil belajar peserta didik karena membantu meningkatkan konsentrasi serta partisipasi mereka dalam kegiatan pembelajaran.

Tahap pengujian pengembangan dilakukan setelah proses revisi untuk mengetahui kepraktisan dan kemudahan penggunaan LKPD dalam pembelajaran. Uji coba dilaksanakan melalui dua tahap, yaitu skala kecil yang melibatkan sembilan peserta didik dengan variasi kemampuan akademik serta skala besar yang melibatkan tiga puluh peserta didik. Data dikumpulkan melalui angket yang diisi oleh peserta didik untuk mengetahui bagaimana tanggapan mereka terhadap

penggunaan LKPD. Hasil uji coba menunjukkan bahwa LKPD dapat digunakan dengan baik dan membantu proses pembelajaran menjadi lebih terarah. Ringkasan hasil uji coba skala kecil dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6: Hasil angket respons skala kecil

No.	Aspek penilaian	Persentase	Kategori
1.	Tampilan LKPD	94,44%	Sangat praktis
2.	Petunjuk penggunaan	92,22%	Sangat praktis
3.	Bahasa	90,00%	Sangat praktis
4.	Penyajian materi	92,59%	Sangat praktis
5.	Rasa ingin tahu	91,11%	Sangat praktis
6.	KBK & CBL	91,85%	Sangat praktis
Rata-rata		92,04%	Sangat praktis

Uji coba skala kecil melibatkan 9 peserta didik kelas X dengan variasi kemampuan tinggi, sedang, dan rendah untuk merepresentasikan kondisi kelas. Kegiatan dilaksanakan dalam satu pertemuan dengan penggunaan LKPD pada materi kimia hijau sebagai media utama pembelajaran. Peserta didik mengikuti pembelajaran secara langsung melalui aktivitas dalam LKPD setelah memperoleh penjelasan singkat terkait penggunaannya. Pengumpulan data dilakukan melalui angket respons peserta didik setelah pembelajaran. Penilaian mencakup aspek tampilan, kejelasan petunjuk, penggunaan bahasa, penyajian materi, rasa ingin tahu, keterampilan berpikir kritis, serta penerapan model CBL. Tanggapan berupa komentar dan saran dimanfaatkan sebagai dasar perbaikan produk agar lebih sesuai dengan kebutuhan pembelajaran.

Uji coba skala besar dilakukan pada 31 peserta didik kelas X MA Darul Ma'arif dan berlangsung selama enam kali pertemuan. Kegiatan pembelajaran dirancang secara bertahap untuk mengamati efektivitas penggunaan LKPD berorientasi CBL dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Pertemuan pertama diawali dengan pelaksanaan *pretest* untuk mengetahui kemampuan awal berpikir kritis peserta didik sebelum menggunakan LKPD. Instrumen yang digunakan berupa enam soal uraian yang dikerjakan selama 60 menit. Kegiatan *pretest* bertujuan memperoleh data awal sebagai dasar untuk mengukur peningkatan keterampilan berpikir kritis setelah proses pembelajaran berlangsung. Menurut Abdillah *et al.*, (2024), *pretest* merupakan bagian penting dalam penelitian pembelajaran untuk mengetahui kondisi awal peserta didik sebelum diberikan perlakuan.

Pada pertemuan kedua, pembelajaran dimulai dengan penyajian kasus mengenai permasalahan sampah di lingkungan sekitar. Guru memberikan pertanyaan pemantik yang mendorong peserta didik mengidentifikasi penyebab dan dampak penumpukan sampah berdasarkan pengalaman mereka. Kegiatan ini menunjukkan munculnya indikator interpretasi karena peserta didik mampu menjelaskan fenomena yang diamati secara logis. Selanjutnya, peserta didik berdiskusi untuk menganalisis penyebab masalah dan dampaknya terhadap lingkungan. Melalui diskusi tersebut, peserta didik mulai menghubungkan berbagai informasi dan menarik hubungan sebab-akibat, yang menunjukkan berkembangnya indikator analisis dan inferensi. Hasil ini sejalan dengan penelitian Prihatini dan Sugiarti (2022) yang menyatakan bahwa pertanyaan pemantik dapat membantu peserta didik menghubungkan pengalaman nyata dengan konsep pembelajaran. Temuan ini juga didukung oleh Sirajudin *et al.*, (2025) yang menjelaskan bahwa pembelajaran berbasis kasus mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis melalui analisis masalah yang kontekstual. Tahap berikutnya adalah presentasi hasil diskusi dan penyusunan solusi. Peserta didik mengemukakan berbagai alternatif penyelesaian masalah, seperti penyediaan tempat sampah yang memadai, pemilahan sampah, serta pemanfaatan sampah menjadi produk yang bernilai ekonomis. Aktivitas ini menunjukkan indikator eksplanasi dan inferensi karena peserta didik mampu memberikan alasan terhadap solusi yang dipilih serta menarik kesimpulan berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Alfiandra *et al.*, (2022) yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis kasus dapat meningkatkan kemampuan peserta didik dalam merumuskan solusi terhadap permasalahan nyata.

Pertemuan ketiga difokuskan pada penyelesaian LKPD secara individu berdasarkan kasus yang telah dibahas sebelumnya. Peserta didik mengerjakan tugas secara mandiri, kemudian mempresentasikan hasil pekerjaannya di depan kelas. Kegiatan ini menunjukkan kemampuan peserta didik dalam mengatur strategi penyelesaian masalah serta memberikan penjelasan terhadap jawaban yang telah disusun. Diskusi kelas yang berlangsung setelah presentasi memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengevaluasi dan memperkuat pemahaman konsep. Menurut Sujana (2023), penggunaan LKPD berbasis masalah dapat membantu peserta didik membangun pemahaman secara mandiri melalui proses diskusi dan pemecahan masalah yang sistematis. Febriani *et al.*, (2017) menjelaskan bahwa presentasi dan diskusi dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis serta memperdalam pemahaman konsep peserta didik.

Pada pertemuan keempat, pembelajaran berfokus pada kasus limbah pabrik dan pemanasan global. Peserta didik diminta mengidentifikasi bentuk pencemaran yang ditimbulkan oleh aktivitas industri dan menganalisis hubungannya dengan peningkatan emisi karbon dioksida di atmosfer. Kegiatan ini menunjukkan kemampuan interpretasi, analisis, dan inferensi karena peserta didik mampu menjelaskan hubungan antara aktivitas industri, efek rumah kaca, dan

pemanasan global berdasarkan data dan informasi yang diperoleh. Temuan ini didukung oleh Nur dan Kusri (2022) yang menyatakan bahwa pertanyaan pemantik dapat mendorong peserta didik untuk berpikir kritis dan aktif dalam pembelajaran. Selain itu, Afandi *et al.*, (2021) menjelaskan bahwa pembelajaran berbasis masalah efektif meningkatkan kemampuan peserta didik dalam menganalisis fakta dan data yang berkaitan dengan isu lingkungan. Setelah menganalisis kasus, peserta didik menyusun berbagai alternatif solusi untuk mengurangi dampak limbah industri dan pemanasan global. Solusi yang diajukan meliputi pengolahan limbah sebelum dibuang, pemasangan alat penyaring emisi, serta penggunaan sumber energi yang lebih ramah lingkungan. Aktivitas ini menunjukkan indikator evaluasi karena peserta didik mampu menilai berbagai alternatif solusi sebelum menentukan pilihan yang paling sesuai. Selanjutnya, peserta didik mempresentasikan hasil diskusinya dan memberikan alasan yang didukung oleh data serta konsep ilmiah. Kegiatan ini menunjukkan berkembangnya indikator eksplanasi dalam keterampilan berpikir kritis.

Pertemuan kelima digunakan untuk menyelesaikan kasus kedua yang terdapat dalam LKPD. Peserta didik mengerjakan tugas secara mandiri, kemudian mempresentasikan hasilnya di depan kelas. Diskusi yang berlangsung selama presentasi memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk memberikan tanggapan, pertanyaan, maupun masukan terhadap jawaban teman. Proses ini membantu peserta didik mengembangkan kemampuan berpikir kritis melalui kegiatan mengevaluasi dan memberikan argumentasi secara logis. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Zeng dan Ravindran (2025) yang menunjukkan bahwa umpan balik teman sebaya dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik melalui proses penilaian dan evaluasi terhadap pendapat orang lain.

Pertemuan keenam diakhiri dengan pelaksanaan *posttest* dan pengisian angket respons peserta didik. *Posttest* dilakukan menggunakan enam soal uraian yang sama dengan indikator keterampilan berpikir kritis yang telah diukur pada *pretest*. Hasil *posttest* digunakan untuk mengetahui peningkatan kemampuan berpikir kritis setelah peserta didik mengikuti pembelajaran menggunakan LKPD berorientasi CBL. Selain itu, angket respons peserta didik digunakan untuk memperoleh informasi mengenai kepraktisan dan pengalaman belajar selama menggunakan LKPD. Menurut Prasthiyo *et al.*, (2025) penggunaan LKPD yang terstruktur dapat memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Secara keseluruhan, penerapan LKPD berorientasi CBL mampu melibatkan peserta didik secara aktif dalam mengidentifikasi masalah, menganalisis informasi, menyusun solusi, dan menarik kesimpulan berdasarkan kasus yang dekat dengan kehidupan sehari-hari. Kegiatan pembelajaran yang berpusat pada penyelesaian masalah nyata memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis sekaligus meningkatkan kesadaran terhadap isu lingkungan. Temuan ini sejalan dengan penelitian Firdaus dan Wilujeng (2018) yang menyatakan bahwa penggunaan permasalahan kontekstual dalam pembelajaran dapat membantu meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik. Berikut adalah hasil angket respons skala besar yang disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7: Hasil angket respons skala besar

No.	Aspek penilaian	Persentase	Kategori
1.	Tampilan LKPD	91,83%	Sangat praktis
2.	Petunjuk penggunaan	91,67%	Sangat praktis
3.	Bahasa	89,00%	Sangat praktis
4.	Penyajian materi	89,56%	Sangat praktis
5.	Rasa ingin tahu	90,00%	Sangat praktis
6.	KBK & CBL	91,33%	Sangat praktis
	Rata-rata	90,57%	Sangat praktis

Berdasarkan hasil angket respons peserta didik pada Tabel 6 dan 7, aspek tampilan LKPD yang meliputi ilustrasi, desain, tata letak, dan ukuran memperoleh persentase sebesar 94,44% pada uji coba skala kecil dan 91,83% pada uji coba skala besar, yang keduanya termasuk kategori sangat praktis. Hasil tersebut menunjukkan bahwa LKPD yang dikembangkan memiliki tampilan yang menarik sekaligus mudah digunakan oleh peserta didik. Penyajian visual yang rapi dan jelas memberikan kenyamanan selama proses pembelajaran serta membantu peserta didik dalam memahami materi yang dipelajari. Temuan ini sejalan dengan penelitian Sukma dan Susantini (2025) yang menyatakan bahwa desain LKPD yang menarik dan mudah digunakan dapat meningkatkan perhatian peserta didik terhadap pembelajaran sekaligus mendukung pemahaman materi secara lebih efektif. Oleh karena itu, kualitas tampilan menjadi salah satu faktor penting yang berkontribusi terhadap penerimaan positif peserta didik terhadap LKPD. Aspek petunjuk penggunaan memperoleh persentase sebesar 92,22% pada skala kecil dan 91,67% pada skala besar dengan kategori sangat praktis. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa instruksi yang terdapat dalam LKPD dapat dipahami dengan baik oleh peserta didik. Setiap tahapan pembelajaran berbasis CBL disusun secara sistematis sehingga memudahkan peserta didik mengikuti aktivitas belajar tanpa mengalami kesulitan berarti. Kejelasan petunjuk tidak hanya membantu peserta didik memahami tugas yang harus dilakukan, tetapi juga mendukung pelaksanaan pembelajaran secara lebih mandiri.

Pada aspek kebahasaan, persentase yang diperoleh mencapai 90,00% pada skala kecil dan 89,00% pada skala besar, yang termasuk kategori sangat praktis. Hasil tersebut menunjukkan bahwa bahasa yang digunakan dalam LKPD

mudah dipahami oleh peserta didik. Penggunaan kalimat yang sederhana, jelas, dan tidak menimbulkan penafsiran ganda membantu peserta didik memahami informasi maupun instruksi yang diberikan. Selain itu, pemilihan istilah yang sesuai dengan tingkat perkembangan peserta didik membuat materi kimia hijau lebih mudah dipelajari. Temuan ini sejalan dengan penelitian Aldi *et al.*, (2022) yang menyatakan bahwa bahan ajar dengan bahasa yang komunikatif dan mudah dipahami dapat meningkatkan keterbacaan serta membantu peserta didik mengikuti proses pembelajaran tanpa mengalami kebingungan.

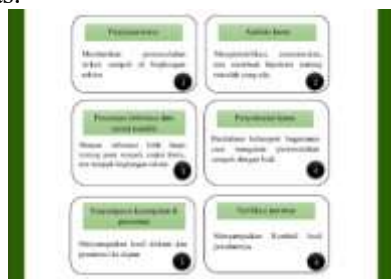
Aspek penyajian materi yang memuat berbagai kasus pembelajaran memperoleh persentase sebesar 92,59% pada skala kecil dan 89,56% pada skala besar dengan kategori sangat praktis. Hasil tersebut menunjukkan bahwa materi yang disusun dalam LKPD mudah dipahami dan mampu menghubungkan konsep kimia hijau dengan situasi yang dekat dengan kehidupan peserta didik. Kasus-kasus yang digunakan memberikan konteks nyata sehingga peserta didik lebih mudah memahami penerapan konsep yang dipelajari. Selain itu, penyajian kasus juga mendorong peserta didik untuk terlibat secara aktif dalam mengidentifikasi masalah, menganalisis informasi, dan mencari alternatif solusi. Hal ini sesuai dengan pendapat Fatimah (2023) yang menyatakan bahwa penggunaan kasus autentik dalam pembelajaran dapat meningkatkan keterlibatan peserta didik sekaligus membantu mereka memahami konsep secara lebih bermakna karena dikaitkan dengan pengalaman kehidupan sehari-hari.

Aspek rasa ingin tahu memperoleh persentase sebesar 91,11% pada uji coba skala kecil dan 90,00% pada uji coba skala besar dengan kategori sangat praktis. Hasil ini menunjukkan bahwa LKPD yang dikembangkan mampu membangkitkan minat belajar peserta didik dan mendorong mereka untuk mencari informasi lebih lanjut secara mandiri. Aktivitas pembelajaran yang dirancang melalui penyajian kasus dan pertanyaan pemantik berhasil merangsang keingintahuan peserta didik terhadap materi yang dipelajari. Kondisi tersebut sejalan dengan penelitian Nura *et al.*, (2025) yang menyatakan bahwa LKPD yang interaktif dan menarik dapat meningkatkan perhatian, motivasi, serta keterlibatan peserta didik selama proses pembelajaran. Dengan demikian, LKPD tidak hanya berfungsi sebagai sumber belajar, tetapi juga sebagai sarana yang mampu menumbuhkan rasa ingin tahu peserta didik terhadap permasalahan yang dibahas.

Aspek keterampilan berpikir kritis dan penerapan model CBL memperoleh persentase sebesar 91,85% pada skala kecil dan 91,33% pada skala besar dengan kategori sangat praktis. Hasil tersebut menunjukkan bahwa LKPD mampu membantu peserta didik dalam mengembangkan kemampuan menganalisis permasalahan, menyusun argumen berdasarkan informasi yang tersedia, serta menarik kesimpulan yang relevan dengan konteks kasus yang diberikan. Integrasi tahapan CBL dalam setiap aktivitas pembelajaran memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menghubungkan konsep kimia hijau dengan situasi nyata sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna. Temuan ini didukung oleh penelitian Silitubun *et al.*, (2025) yang menjelaskan bahwa penerapan CBL secara konsisten dalam pembelajaran dapat memperkuat keterampilan berpikir kritis karena peserta didik dibiasakan menghadapi situasi autentik yang menuntut kemampuan analisis, evaluasi, dan pemecahan masalah secara komprehensif.

Perbaikan produk dilakukan dengan mengacu pada masukan, saran, dan catatan yang diberikan oleh para validator ahli materi dan ahli media. Tahap revisi ini bertujuan untuk menyempurnakan produk supaya kualitasnya lebih baik. Saran dan komentar yang diperoleh dari para validator dirangkum sebagai berikut:

- 1) Menambahkan indikator keterampilan berpikir kritis pada setiap langkah CBL di bagian karakteristik LKPD supaya lebih jelas.

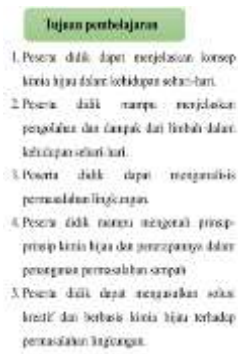


Gambar 14: Indikator KBK pada setiap langkah CBL sebelum revisi

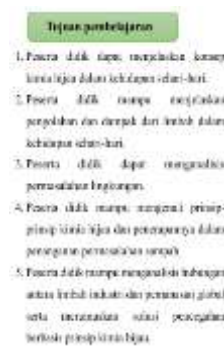


Gambar 15: Indikator KBK pada setiap langkah CBL setelah revisi

- 2) Mengganti tujuan pembelajaran bagian lima yang disesuaikan dengan kegiatan pembelajaran.



Gambar 16: Tujuan pembelajaran sebelum revisi



Gambar 17: Tujuan pembelajaran setelah revisi

3) Mengganti tata letak uraian materi yang awalnya diletakkan sebelum kegiatan pembelajaran sekarang diletakkan setelah kegiatan pembelajaran dan dikaitkan dengan permasalahan tiap kegiatan pembelajaran yang ada di LKPD.



Gambar 18: Uraian materi sebelum revisi



Gambar 19: Uraian materi setelah revisi

4) Menggabungkan kegiatan pembelajaran 2 yang awalnya terdapat 2 permasalahan digabung menjadi 1 permasalahan dengan tujuan pembelajaran yang sama.



Gambar 20: Kegiatan pembelajaran 2 sebelum revisi



Gambar 21: Kegiatan pembelajaran 2 setelah revisi

5) Memperjelas tujuan rubrik penilaian LKPD



Gambar 22: Rubrik penilaian sebelum revisi



Gambar 23: Rubrik penilaian setelah revisi

3.4 Disseminate

Tahap penyebaran dilakukan untuk memperluas pemanfaatan LKPD yang sudah dinyatakan layak oleh ahli materi dan ahli media, serta mendapatkan tanggapan positif saat uji coba. LKPD kemudian dikenalkan kepada peserta didik sebagai bahan ajar pendukung dalam pembelajaran kimia hijau berbasis CBL. Pelaksanaan penyebaran masih terbatas

pada satu sekolah yaitu di SMK Darma Plus dengan jumlah 50 peserta didik karena kendala waktu, biaya, dan perizinan. Kegiatan dilakukan melalui sosialisasi penggunaan LKPD dan pengumpulan data respons peserta didik menggunakan angket sebagai bahan evaluasi lanjutan. Berikut hasil penyebaran angket di SMK Darma Plus yang disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8: Hasil penyebaran angket di SMK Darma Plus

No.	Aspek penilaian	Persentase	Kategori
1.	Tampilan LKPD	90,70%	Sangat praktis
2.	Petunjuk penggunaan	90,80%	Sangat praktis
3.	Bahasa	89,00%	Sangat praktis
4.	Penyajian materi	90,00%	Sangat praktis
5.	Rasa ingin tahu	90,67%	Sangat praktis
6.	KBK & CBL	91,07%	Sangat praktis
	Rata-rata	90,37%	Sangat praktis

Uji N-gain dilakukan untuk melihat sejauh mana peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah belajar menggunakan LKPD. Pengukuran ini dilakukan dengan membandingkan nilai sebelum pembelajaran (*pretest*) dan sesudah pembelajaran (*posttest*). Hasil N-gain memberikan gambaran tentang seberapa efektif pembelajaran yang telah dilaksanakan. Berdasarkan analisis, terlihat adanya peningkatan kemampuan peserta didik setelah penggunaan LKPD dalam proses belajar. Rincian hasil perhitungan N-gain dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9: Hasil uji N-Gain

<i>Pre-test</i>	<i>Post-test</i>	<i>N-gain</i>	Kriteria
31,61	88,90	0,84	Tinggi

Aspek keterampilan berpikir kritis peserta didik menunjukkan peningkatan yang termasuk dalam kategori tinggi setelah pembelajaran berlangsung. Perbandingan nilai *pretest* dan *posttest* memperlihatkan perubahan yang cukup jelas antara kondisi awal dan akhir. Rata-rata nilai *pretest* yang semula 31,61 meningkat menjadi 88,90 pada *posttest*. Hasil perhitungan N-gain sebesar 0,84 juga berada pada kategori tinggi, yang menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan. Data tersebut menunjukkan bahwa penggunaan LKPD berbasis CBL mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan LKPD berorientasi CBL mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik secara nyata. Peningkatan yang signifikan pada kemampuan literasi sains peserta didik setelah menggunakan LKPD berorientasi model CBL.

4. SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

LKPD berorientasi *Case Based Learning* (CBL) pada materi kimia hijau memiliki tingkat kevalidan yang sangat baik. Hasil penilaian ahli materi dan ahli media memperoleh nilai *Aiken's V* masing-masing sebesar 0,94 dan 0,97, sehingga LKPD dinyatakan valid dan layak digunakan sebagai bahan ajar dalam pembelajaran kimia. Hasil ini menunjukkan bahwa materi, tampilan, dan penerapan prinsip CBL dalam LKPD telah sesuai dengan kebutuhan pembelajaran.

Kepraktisan LKPD juga tergolong sangat tinggi berdasarkan respons peserta didik. Persentase kepraktisan pada uji coba skala kecil sebesar 92,04% dan pada skala besar sebesar 90,57%. Selain itu, penggunaan LKPD mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik dengan nilai N-Gain sebesar 0,84 yang termasuk kategori tinggi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa LKPD mudah digunakan, mudah dipahami, dan efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

4.2 Saran

Bagi guru, LKPD berbasis *Case Based Learning* (CBL) dapat digunakan sebagai alternatif bahan ajar untuk mendukung implementasi Kurikulum Merdeka, khususnya dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis peserta didik sebagai salah satu keterampilan abad ke-21. Guru juga disarankan mengembangkan LKPD serupa pada materi kimia lainnya agar pembelajaran lebih kontekstual dan berpusat pada peserta didik. Bagi sekolah, hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi dalam penyediaan dan pengembangan bahan ajar inovatif yang mendukung pembelajaran berbasis kasus. Dukungan sekolah terhadap penggunaan LKPD berbasis CBL diharapkan dapat meningkatkan kualitas proses pembelajaran serta membantu pencapaian profil pelajar yang sesuai dengan tujuan Kurikulum Merdeka. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk mengembangkan dan menguji LKPD berbasis CBL pada materi selain kimia dengan meningkatkan keterampilan abad ke-21 lainnya, seperti kreativitas, komunikasi, dan kolaborasi. Penelitian ini

juga perlu dilakukan pada sampel yang lebih luas dan beragam agar diperoleh informasi yang lebih mendalam mengenai peningkatan serta kekurangan produk, sehingga penyempurnaan LKPD dapat dilakukan secara optimal.

5. DAFTAR PUSTAKA

- A'yun, Q., Harjito, & Nuswowati, M. (2018). Analisis Miskonsepsi Siswa Menggunakan Tes Diagnostic Multiple Choice Berbantuan CRI (Ceryainty Of Response Index). *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 12(1), 2108–2117. <https://doi.org/10.15294/jipk.v12i1.13302>
- Abdillah, G. R., Witjoro, A., & Primilestari, L. (2024). Membangun kemampuan berpikir kritis peserta didik melalui model pembelajaran RADEC pada program keahlian pekerjaan sosial di sekolah menengah kejuruan (SMK). *Jurnal Pembelajaran, Bimbingan, Dan Pengelolaan Pendidikan*, 4(5). <https://doi.org/10.17977/um065.v4.i5.2024.7>
- Afandi, A., Wahyuni, E. S., Kristiana, T., & Putra, D. A. (2021). Profile of critical thinking skills of students in high school on climate change and waste recycling materials. *International Journal of Pedagogy and Teacher Education*, 5(2), 96–104. <https://doi.org/10.20961/ijpte.v5i2.50826>
- Aldi, S., Adnan, I., & Dzulqarnain, A. F. (2022). Uji kepraktisan lembar kerja peserta didik elektronik berbasis keterampilan proses sains pada materi SMA/MA kelas XI semester I. *Bioedusiana: Jurnal Pendidikan Biologi*, 7(1), 128–143. <https://doi.org/10.37058/bioed.v7i1.4642>
- Alfiandra, Yusuf, S., & Barlian, I. (2022). Improving students' critical thinking skills through case-based learning oriented textbook. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pendidikan*, 6(3), 440–449. <https://doi.org/10.23887/jppp.v6i3.56179>
- Ali, M., Rahmawati, & Ma'ruf. (2023). Validitas lembar kerja peserta didik (LKPD) untuk menumbuhkan kemampuan literasi sains dan sikap ilmiah siswa kelas V sekolah dasar pada topik perpindahan kalor. *Jurnal Riset Pedagogik*, 7(2), 729–736. <https://doi.org/10.20961/jdc.v7i2.76328>
- Chang, R. (2004). *Kimia dasar: Konsep-konsep inti (Edisi ke-3, Jilid 1)*. Jakarta: Erlangga.
- Dayu, D. P. K., Rulviana, V., & Kurniawati, R. P. (2022). *Pembelajaran blended learning model case-based learning pada implementasi Kurikulum Merdeka*. Magetan: CV AE Media Grafika.
- Dharmayanthi, N. P. I. (2023). Penerapan model case-based learning (CBL) untuk mengembangkan critical thinking skills siswa dalam pembelajaran geografi di SMA Negeri 1 Kuta Utara. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 10(3), 291–300. <https://doi.org/10.23887/jjgg.v10i3.50446>
- Facione, P. A. (2015). *Critical thinking: What it is and why it counts*. Insight Assessment.
- Fatimah, S. (2023). Membangun keterampilan berpikir kritis siswa melalui case based learning pada materi getaran. *PENSA E-Jurnal: Pendidikan Sains*, 11(3), 273–277. <https://doi.org/10.26740/pensa.v11i3.54375>
- Fauzi, A., Rahmatih, A. N., & Indraswati, D. (2021). Penggunaan situs Liveworksheets untuk mengembangkan LKPD interaktif di sekolah dasar. *Mitra Mahajana: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(3), 232–240. <https://doi.org/10.37478/mahajana.v2i3.1277>
- Febriani, S., Sudomo, J., & Setianingsih, W. (2017). Development of student worksheet based on problem-based learning approach to increase 7th grade student's creative thinking skills. *Journal of Science Education Research*, 1(1). <https://doi.org/10.21831/jser.v1i1.16179>
- Firdaus, M., & Wilujeng, I. (2018). Pengembangan LKPD inkuiri terbimbing untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 4(1), 26–40. <https://doi.org/10.21831/jipi.v4i1.5574>
- Gusya, C. Z., Oktavia, R., Yanto, F., & Wati, F. (2025). The implementation of CBL model to improve student problem solving skill at SMPN 30 Padang. *Journal of Science Education and Teaching*, 8(2), 129–138. <https://doi.org/10.24036/semesta/vol8-iss2/639>
- Hakim, F. (2025). Pengembangan bahan ajar kimia berbasis proyek yang berorientasi pada pemikiran kewirausahaan sains. *Jurnal Education and Development*, 13(1), 15–20. <https://doi.org/10.37081/ed.v13i1.6456>
- Hamzah, A. R., Mesra, R., Br Karo, K., Alifah, N., Hartini, A., Agusta, H. G. P., Yusuf, F. M., Subroto, D. E., Lisarani, V., Ramadhani, M. I., Larekeng, S. H., Tunnoor, S., Bayu, R. A., & Pinasti, T. (2023). *Strategi pembelajaran abad 21*. Deli Serdang: PT Mifandi Mandiri Digital.
- Hisbiyah, N. A., & Qomariyah, N. (2024). Validitas LKPD berbasis problem-based learning (PBL) pada materi sistem ekskresi untuk melatih keterampilan berpikir kritis siswa. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*, 13(2), 434–444. <https://doi.org/10.26740/bioedu.v13n2.p434-444>
- Januarni, B. W., Idrus, A. A., & Bahri, S. (2025). Validasi LKPD IPA berbasis CBL terintegrasi kearifan lokal untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif dan pemecahan masalah. *Journal of Authentic Research*, 4(2), 2180–2192. <https://doi.org/10.36312/15jv5v28>
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An

- analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Lestari, D. D., & Muchlis. (2021). E-LKPD berorientasi contextual teaching and learning untuk melatih keterampilan berpikir kritis siswa pada materi termokimia. *Jurnal Pendidikan Kimia Indonesia*, 5(1), 25–33. <https://doi.org/10.23887/jpk.v5i1.30987>
- Martínez, J., Cortés, J. . F., & Miranda, R. (2022). Green chemistry metrics, a review. *Processes*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/pr10071274>
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning (2nd ed.)*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ningsih, Z., Wijayanti, T., & Rosdiana, L. (2019). Validitas LKPD pada materi lapisan bumi dan dinamikanya untuk melatih keterampilan berpikir kritis siswa SMP. *Pensa: E-Jurnal Pendidikan Sains*, 7(2), 291–295. <https://doi.org/10.26740/pensa.v7i2.29135>
- Nur, M., & Kusriani. (2022). Penggunaan strategi bertanya guru dan media audio visual dalam pembelajaran IPS untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. *Adiba: Journal of Education*, 2(2), 166–176. <https://adisampublisher.org/index.php/adiba/article/view/90>
- Nura, T. A., Nasution, I. . S., & Sidabungeke, S. S. (2025). Penggunaan LKPD interaktif untuk meningkatkan minat belajar siswa pada pelajaran IPAS kelas V di Sekolah Dasar Negeri 060858 Medan. *Pedagogika: Jurnal Ilmu-Ilmu Kependidikan*, 5(1), 64–70. <https://doi.org/10.57251/ped.v5i1.1686>
- Nurdiyati, Novita, M., & Patonah, S. (2025). Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Siswa dalam Pengembangan Modul Ajar Berdiferensiasi Berorientasi Education for Sustainable Development pada Materi Green Chemistry. *Didaktika: Jurnal Kependidikan*, 14(1 Februari), 167–178. <https://doi.org/10.58230/27454312.1665>
- Prasthiyo, A., Winarni, E. W., & Muktadir, A. (2025). Pengaruh pembelajaran sains menggunakan LKPD berbasis PBL terhadap kemampuan berpikir kritis bagi siswa sekolah dasar. *Jurnal Kajian Pendidikan Dasar*, 4(1), 137–146. <https://doi.org/10.33369/kapedas.v4i1.37479>
- Prihatini, A., & Sugiarti. (2022). Citra kurikulum baru: Kesiapan guru dalam menerapkan Kurikulum Merdeka. *GHANCARAN: Jurnal Pendidikan Bahasa Dan Sastra Indonesia, Special Edition Lalonget II.58–70*. <https://doi.org/10.19105/ghancaran.vi.7447>
- Rosenshine. (2012). Principles of instruction: Research-based strategies that all teachers should know. *American Educator*, 36(1), 12–19. <https://www.aft.org/ae/spring2012/rosenshine>
- Rubiah, R., Cesaria, A., & Anggraini, V. (2025). Validitas LKPD Fase D Berbasis Problem Based Learning Materi Rasio dan Proporsi. *J-PiMat: Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(2), 1851–1860. <https://doi.org/10.31932/j-pimat.v7i2.5353>
- Setiawan, T. Y., Destrinelli, D., & Wulandari, B. A. (2022). Keterampilan berpikir kritis pada pembelajaran IPA menggunakan model pembelajaran RADEC di sekolah dasar: Systematic literature review. *Justek: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 5(2), 133–141. <https://doi.org/10.31764/justek.v5i2.11421>
- Silitubun, E., Mustaji, M., & Dewi, U. (2025). The effectiveness of case-based learning in enhancing students' critical thinking skills. *Journal of Neonatal Surgery*, 14(2), 136–141. <https://doi.org/10.52783/jns.v14.1844>
- Sirajudin, N., Suratno, J., & Sahjat, S. (2025). Developing students' critical thinking skills through contextual CBL: A quasi-experimental study. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 26(2), 1057–1067. <https://doi.org/10.23960/jpmipa.v26i2.pp1057-1067>
- Sodikin, S., Suparmi, S., & Sarwanto, S. (2014). Penerapan model challenge-based learning dengan metode eksperimen dan proyek ditinjau dari keingintahuan dan sikap ilmiah terhadap prestasi belajar siswa. *Inkuiri*, 3(3), 129–139. <https://doi.org/10.20961/inkuiri.v3i3.9722>
- Sujana, I. (2023). Problem-based learning models helped by student worksheets improve higher order thinking skills. *International Journal of Elementary Education*, 7(2), 187–195. <https://doi.org/10.23887/ijee.v7i2.61715>
- Sukma, K. M., & Susanti, E. (2025). Pengembangan E-LKPD berorientasi strategi know-want-learned (KWL) pada materi ekosistem untuk melatih keterampilan metakognisi siswa kelas X SMA. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*, 14(3), 709–718. <https://doi.org/10.26740/bioedu.v14n3.p709-718>
- Surita, I. W., Surya, I. W., & Sudiarmika, A. A. I. A. R. (2022). Perancangan dan validasi lembar kerja peserta didik untuk mendukung implementasi model problem-based learning bermuatan kearifan lokal guna meningkatkan kemampuan pemecahan masalah. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran IPA Indonesia*, 12(2), 70–80. <https://doi.org/10.23887/jppii.v12i2.56558>
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8126-4>
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook*. Leadership Training Institute/Special Education, University of Minnesota.
- Zen, Z., Ozila, A. L., & Yeni, F. (2025). Web-based worksheets to improve student learning outcomes: A design and implementation. *Journal of Education and E-Learning Research*, 12(3), 394–401. <https://doi.org/10.20448/jeelr.v12i3.6934>

Zeng, X., & Ravindran, L. (2025). Design, implementation, and evaluation of peer feedback to develop students' critical thinking: A systematic review from 2010 to 2023. *Thinking Skills and Creativity*, 55. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2024.101691>