

Pengembangan e-Modul Materi Kimia Hijau Berbasis *Problem Based Learning* (PBL) Berbantuan *Heyzine Flipbook* Berorientasi Kemampuan Berpikir Kritis

Putri Roudhoh^{1),*}, Wilda Syahri¹⁾, Afrida¹⁾, Muhammad Haris Effendi Hasibuan¹⁾,
Febbry Romundza¹⁾

¹⁾Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Jambi

*Corresponding Author: putriroudhoh0112@gmail.com

Pembelajaran kimia dalam kursus mandiri menekankan pentingnya keterampilan berpikir kritis, bertujuan untuk membantu siswa memahami konsep secara mendalam dan menghubungkannya dengan masalah dunia nyata. Namun, pengamatan menunjukkan bahwa pemahaman siswa tentang kimia hijau masih kurang memadai, dan media pembelajaran yang ada tidak dapat mendukung pengembangan keterampilan ini secara memadai. Studi ini bertujuan untuk merancang modul elektronik kimia hijau berdasarkan pembelajaran berbasis masalah (PBL) dan buku flip Heyzine, serta mengevaluasi kelayakan, kepraktisan, dan umpan balik siswa. Studi ini menggunakan model penelitian dan pengembangan Lee & Owens, yang mencakup lima fase: analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara dan kuesioner dengan pakar bidang studi, pakar media, guru, dan siswa. Modul elektronik tersebut menerima peringkat yang sangat tinggi dari pakar bidang studi (4,75 poin, 94%) dan pakar media (4,36 poin, 87,1%). Para guru menilai kepraktisan e-modul ini setinggi 97%, dan umpan balik siswa juga sangat positif, dengan 97% dinilai untuk bimbingan individu dan 98% untuk bimbingan kelompok. Berdasarkan hasil ini, kami merekomendasikan penggunaan e-modul pembelajaran berbasis proyek (PBL) yang didukung oleh Heyzine Flipbook sebagai media pembelajaran yang efektif untuk mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis siswa.

Kata Kunci: e-Modul; *Problem Based Learning* (PBL); *Heyzine Flipbook*; Berpikir Kritis; Kimia Hijau

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



PENDAHULUAN

Sebagai landasan pembangunan nasional, kualitas pendidikan harus terus ditingkatkan melalui berbagai kebijakan, termasuk pengenalan kurikulum mandiri yang memungkinkan guru dan siswa memiliki fleksibilitas untuk merancang proses pembelajaran yang memenuhi kebutuhan belajar individu dan yang menekankan pengembangan keterampilan abad ke-21, khususnya berpikir kritis (Anggraini & Wiryanto, 2022).

Kemampuan berpikir kritis menjadi kompetensi penting di era globalisasi karena murid dituntut mampu menganalisis informasi, mengevaluasi argumen, dan mengambil keputusan secara rasional. Namun, implementasi pembelajaran yang secara optimal mendukung pengembangan keterampilan tersebut masih terbatas, sehingga murid mengalami kesulitan dalam menghadapi permasalahan yang memerlukan analisis mendalam (Susanto, 2021). Oleh karena itu, evaluasi terhadap pelaksanaan Kurikulum Merdeka diperlukan untuk memastikan efektivitasnya dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis murid (Heryahya et al., 2022).

Dalam pembelajaran kimia, kemampuan berpikir kritis sangat diperlukan karena materi kimia memuat konsep, hukum, dan fakta yang menuntut penalaran ilmiah. Kemampuan ini memungkinkan murid menganalisis masalah, mengevaluasi bukti, dan menarik kesimpulan secara logis, baik dalam memahami konsep maupun memecahkan permasalahan kontekstual dan eksperimen (Ananditha et al., 2024). Penelitian Sukib, Eli Yanti, (2019), Penelitian telah menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran yang mendorong partisipasi aktif siswa, seperti penemuan terbimbing, memiliki dampak positif pada peningkatan keterampilan berpikir kritis dan pencapaian hasil pembelajaran dalam kimia. Temuan ini menegaskan bahwa pendekatan pembelajaran yang berpusat pada siswa dan pemecahan masalah efektif dalam mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Temuan ini membenarkan pengembangan modul daring berbasis pembelajaran berbasis masalah (PBL), yang dirancang untuk meningkatkan keterlibatan siswa, mendorong eksplorasi masalah kontekstual, dan memperkuat keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran kimia.

Penelitian menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran yang mendorong partisipasi aktif siswa, seperti penemuan terbimbing, berdampak positif pada peningkatan keterampilan berpikir kritis dan pencapaian hasil belajar dalam kimia. Temuan ini menegaskan bahwa pendekatan pemecahan masalah yang berpusat pada siswa efektif dalam mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Temuan ini membenarkan pengembangan modul daring berbasis pembelajaran berbasis masalah (PBL), yang dirancang untuk meningkatkan keterlibatan siswa, mendorong eksplorasi masalah kontekstual, dan memperkuat keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran kimia. Dengan implementasi Kurikulum Mandiri, peluang untuk menerapkan model pembelajaran inovatif semakin tersedia.

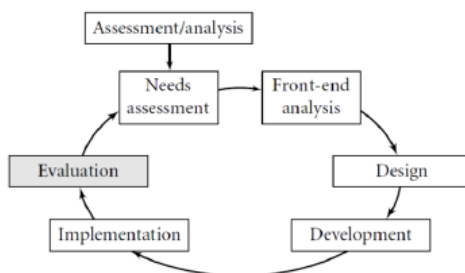
Berdasarkan hasil survei yang dilakukan di kalangan siswa kelas 10 di Fase E.1 SMA Negeri 8 Kota Jambi, sebagian besar dari mereka masih mengalami kesulitan dalam memahami materi kimia hijau, khususnya dalam menghubungkan konsep dengan isu lingkungan. Lebih lanjut, hasil wawancara dan observasi menunjukkan bahwa proses pembelajaran saat ini masih sebagian besar berbasis buku teks, sehingga kurang mengembangkan keterlibatan aktif siswa dan pembelajaran mandiri. Situasi ini menyoroti pentingnya mengembangkan alat bantu pengajaran yang lebih beragam, interaktif, dan kontekstual untuk mendukung pembelajaran yang efektif. Berdasarkan hasil kuesioner, sebagian besar siswa memiliki dan menggunakan ponsel pintar sebagai alat belajar. Selain itu, mereka menyatakan kebutuhan akan alat bantu pengajaran yang lebih menarik, khususnya untuk kimia hijau. Mahasiswa menyambut baik pengembangan e-modul berbasis digital sebagai alternatif untuk memfasilitasi pemahaman. E-modul adalah materi pengajaran digital yang dirancang secara sistematis dan interaktif yang mengintegrasikan teks, gambar, video, dan kuis, sehingga tidak hanya memfasilitasi pemahaman konsep abstrak tetapi juga mendukung pembelajaran yang fleksibel dan mandiri (Asmi et al., 2024).

Pengembangan e-modul berbasis Pembelajaran Based Learning (PBL) telah terbukti efektif dalam pembelajaran kimia karena menyajikan materi secara kontekstual dan berfokus pada aktivitas pembelajaran siswa. Melalui sintak PBL, siswa terbiasa menganalisis masalah, mengevaluasi informasi, dan menarik kesimpulan secara mandiri, sehingga secara optimal mengembangkan keterampilan berpikir kritis (Asmi et al., 2024; Wulandari & Supiah YL, 2023). Penggunaan platform *Heyzine Flipbook* sebagai media untuk e-modul juga telah terbukti meningkatkan partisipasi siswa dan hasil belajar, berkat presentasi visual yang menarik dan fitur multimedia interaktifnya (Anggono & Setiawan, 2025). Namun, potensi e-modul berbantuan *Heyzine Flipbook* sebagai alat bantu pengajaran interaktif belum sepenuhnya dimanfaatkan dalam pembelajaran kimia hijau di SMA Negeri 8 Kota Jambi.

Berdasarkan hal tersebut di atas, pengembangan e-modul kimia hijau berbasis masalah (PBL) menggunakan *Heyzine Flipbook* sangat penting untuk menumbuhkan keterampilan berpikir kritis siswa. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang e-modul kimia hijau berbasis PBL menggunakan *Heyzine Flipbook* dan mengevaluasi kelayakan, kepraktisan, dan respons siswa terhadap penggunaannya dalam mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran kimia.

METODE

Studi ini menggunakan pendekatan penelitian dan pengembangan (R&D) dan memanfaatkan model yang diusulkan oleh Lee & Owens, (2004), yang terdiri dari lima fase: analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Model ini dipilih karena menyediakan proses yang sistematis dan tepat untuk mengembangkan produk pendidikan digital yang sesuai. Produk yang dikembangkan adalah modul elektronik materi kimia hijau berbasis *problem based learning* (PBL) dan diimplementasikan menggunakan platform *Heyzine Flipbook*, yang bertujuan untuk menumbuhkan keterampilan berpikir kritis siswa.



Gambar 1. Langkah-langkah Model Pengembangan Lee & Owens

Subjek penelitian terdiri dari validator ahli materi, validator ahli media, guru kimia, serta siswa kelas X SMA yang mengikuti uji coba secara one to one maupun dalam kelompok kecil. Validator dipilih berdasarkan kompetensi dan pengalaman di bidangnya, sedangkan murid ditentukan secara purposive untuk merepresentasikan karakteristik pengguna e-modul. Uji coba dilaksanakan secara terbatas untuk mengetahui tingkat kelayakan dan kepraktisan produk sebelum diimplementasikan pada skala yang lebih luas.

Studi ini dimulai dengan analisis kebutuhan, mengumpulkan umpan balik dari guru dan siswa melalui observasi, wawancara, dan kuesioner. Fase ini bertujuan untuk mengidentifikasi kesulitan belajar dan kebutuhan akan alat bantu pengajaran. Fase desain mencakup pembuatan *storyboard*, konstruksi struktur modul elektronik, dan integrasi metode pembelajaran berbasis masalah ke dalam buku teks kimia hijau. Pada fase pengembangan, modul elektronik dikembangkan menggunakan platform *Heyzine Flipbook*, kemudian dievaluasi oleh panel validasi yang terdiri dari pakar materi, media dan guru kimia di SMA, kemudian direvisi berdasarkan umpan balik. Fase implementasi mencakup tes *one to one* dan kelompok kecil. Fase evaluasi bertujuan untuk menilai kelayakan, kegunaan, dan umpan balik pengguna dari modul elektronik.

Alat penelitian mencakup beberapa jenis: formulir validasi pakar materi 23 pertanyaan, formulir validasi pakar media pelajaran 14 pertanyaan, kuesioner evaluasi guru 15 pertanyaan, dan kuesioner umpan balik siswa dari tes one to one (14 pertanyaan) dan kelompok kecil (10 pertanyaan). Semua alat evaluasi menggunakan skala Likert empat poin untuk menilai konten, bahasa, presentasi, desain, dan integrasi dengan model PBL. Pengumpulan data dilakukan melalui kuesioner, yang didistribusikan baik secara online maupun offline, yang diisi oleh mahasiswa menggunakan spreadsheet yang telah dikembangkan sebelumnya.

Data penelitian dianalisis menggunakan kombinasi metode deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Analisis kuantitatif menggunakan rumus (1) untuk menghitung persentase skor penilaian.

$$P = \frac{\sum X}{\sum X_{maks}} \times 100\%$$

Pada persamaan (1), P menunjukkan persentase kelayakan, $\sum X$ merupakan jumlah skor yang diperoleh, sedangkan $\sum X_{maks}$ adalah jumlah skor maksimum dikalikan dengan jumlah butir penilaian. Persentase yang diperoleh kemudian diinterpretasikan menggunakan kriteria kelayakan untuk menentukan kategori produk. Sementara itu, data kualitatif berupa saran dan masukan dari validator, guru, dan siswa dianalisis secara deskriptif sebagai dasar perbaikan e-modul yang dikembangkan. Kriteria penilaian yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Table 1 Kriteria Penilaian Skor Ahli Materi, Ahli Media, dan Penilaian Guru

Skor	Kriteria
1	Sangat Tidak Layak (STL)
2	Tidak Layak (TL)
3	Kurang Layak (KL)
4	Layak (L)
5	Sangat Layak (SL)

Table 2 Kriteria Penilaian Skor Respon Murid (Widyoko & Putro, 2012)

Skor	Kriteria
1	Sangat Sangat Baik
2	Tidak Baik
3	Kurang Baik
4	Baik
5	Sangat Baik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengembangan e-modul materi kimia hijau berbasis Problem Based Learning (PBL) dengan bantuan Heyzine Flipbook adalah sebuah produk pembelajaran digital yang dirancang untuk memperkuat kemampuan berpikir kritis siswa. e-Modul disusun secara sistematis meliputi pendahuluan, tujuan pembelajaran, pemetaan kompetensi, materi kimia hijau, penyajian masalah kontekstual, aktivitas pemecahan masalah sesuai sintaks PBL,

rangkuman, dan evaluasi. Integrasi materi dengan permasalahan lingkungan nyata bertujuan mendorong murid berpikir analitis dan reflektif dalam memahami konsep kimia hijau..

Tahap Analisis (Analysis)

Pada tahap analisis, peneliti melakukan wawancara dengan guru kimia serta menyebarkan angket kebutuhan kepada murid di SMA Negeri 8 Kota Jambi untuk memperoleh gambaran permasalahan pembelajaran pada materi kimia hijau. Data yang diperoleh dianalisis melalui *need assessment* dan *front-end analysis* dengan meninjau aspek kebutuhan pembelajaran, karakteristik murid, tujuan dan materi pembelajaran, serta pemanfaatan teknologi pendidikan. Hasil analisis menunjukkan bahwa pembelajaran kimia telah mengacu pada Kurikulum Merdeka, namun pemanfaatan media pembelajaran masih terbatas pada buku paket, LKPD, dan video pembelajaran sehingga belum optimal dalam meningkatkan kemandirian, minat, dan motivasi belajar murid. Selain itu, materi kimia hijau sebagai materi baru memerlukan bahan ajar yang inovatif dan kontekstual untuk mendukung pengembangan kemampuan berpikir kritis.

Menurut kuesioner penilaian kebutuhan, 70,6% siswa mengalami kesulitan memahami konten kimia hijau, sementara 90,1% menyatakan dukungan untuk pengembangan modul elektronik berbantuan *Heyzine Flipbook*, yang dapat digunakan secara mandiri baik di sekolah maupun di rumah. Analisis karakteristik siswa menunjukkan bahwa semua siswa memiliki *smartphone*, dan sekolah mengizinkan mereka menggunakannya untuk belajar. Analisis tujuan dan materi mengacu pada hasil pembelajaran dan tujuan dari mata kuliah terpisah yang menekankan pemahaman konseptual, analisis prinsip-prinsip kimia hijau, dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Analisis teknologi pendidikan menunjukkan bahwa fasilitas dan infrastruktur sekolah cukup untuk mendukung penggunaan materi pengajaran digital. Analisis menunjukkan bahwa modul elektronik berbasis masalah (PBL), yang dilengkapi dengan *Heyzine Flipbook*, dianggap sebagai sumber belajar yang relevan dan diperlukan yang berkontribusi untuk meningkatkan pemahaman siswa tentang konten kimia hijau dan menumbuhkan keterampilan berpikir kritis mereka.

Tahap Desain (Design)

Setelah fase analisis, penelitian dilanjutkan dengan fase desain, di mana sebuah modul elektronik untuk kimia hijau berbasis Masalah (PBL) dirancang. Modul elektronik ini dikembangkan menggunakan aplikasi *Canva* dan disajikan dalam format *flipbook* melalui platform *Heyzine Flipbook*. Proses desain dimulai dengan pengembangan rencana pengembangan yang melibatkan peneliti, guru pembimbing, validator materi dan media ahli, dan siswa sebagai pengguna potensial. Selanjutnya, program penelitian dikembangkan yang mencakup semua fase, mulai dari analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi.

Materi modul elektronik ini dikembangkan berdasarkan hasil pembelajaran Kurikulum Merdeka (Kurikulum Mandiri) menggunakan pendekatan kontekstual, menghubungkan konsep kimia hijau dengan masalah dunia nyata. Modul elektronik ini dikembangkan sebagai materi pengajaran digital interaktif yang dapat diakses melalui ponsel pintar atau perangkat lain yang terhubung ke internet, sehingga mendukung pembelajaran mandiri siswa. Pada tahap perancangan, peneliti menyusun flowchart sebagai pedoman alur pengembangan e-modul yang meliputi bagian pembuka, isi, dan penutup. Flowchart tersebut kemudian dijabarkan ke dalam storyboard yang menjadi acuan penempatan materi, media pendukung, serta aktivitas pembelajaran yang terintegrasi dengan sintaks Problem Based Learning.

Tahap Pengembangan (Development)

Pada tahap pengembangan, storyboard yang telah dibuat diimplementasikan menjadi produk bahan ajar digital berupa e-modul berbasis Problem Based Learning (PBL) untuk materi kimia hijau. e-Modul yang dikembangkan memuat komponen pembelajaran lengkap, meliputi, petunjuk penggunaan, peta konsep, karakteristik e-modul, indikator capaian, materi, aktivitas PBL, refleksi, cek pemahaman, evaluasi, rangkuman, glosarium, dan daftar pustaka. Produk disajikan dalam format digital interaktif *flip* sehingga dapat diakses secara mandiri oleh murid melalui perangkat *smartphone*.

Validasi Materi

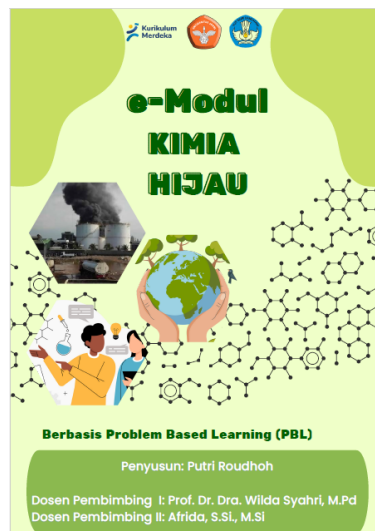
Hasil data validasi materi pada tahap I dan II disajikan dalam Tabel 3.

Table 3 Hasil Skor Validasi Materi Tahap I dan Tahap II

No	Aspek	Tahap I (%)	Kategori	Tahap II (%)	Kategori
1	Kurikulum	95%	Sangat Layak	95%	Sangat Layak
2	Materi	86%	Sangat Layak	90%	Sangat Layak
3	Kegiatan	92%	Sangat Layak	96%	Sangat Layak
4	Kebahasaan	85%	Sangat Layak	95%	Sangat Layak
5	Assesment	80%	Layak	95%	Sangat Layak

Hasil validasi dari ahli materi memperlihatkan bahwa e-modul termasuk dalam kategori sangat layak, dengan persentase penilaian mencapai 94%. Penilaian tersebut mencakup kesesuaian materi dengan capaian pembelajaran, ketepatan konsep kimia hijau, kedalaman dan keluasan materi, serta keterpaduan materi dengan sintaks *Problem Based Learning*. Nilai validasi yang tinggi menunjukkan bahwa materi dalam e-modul telah sesuai dengan prinsip Kurikulum Merdeka serta mendukung pembelajaran yang berfokus pada pengembangan keterampilan berpikir kritis. Hasil tersebut juga menegaskan bahwa penyajian materi kimia yang dikaitkan dengan konteks nyata dan isu lingkungan mampu meningkatkan kebermaknaan proses belajar bagi siswa.

Validasi Media



Gambar 2 Halaman Sampul pada e-Modul

Hasil data validasi media pada tahap I dan II disajikan dalam Tabel 4.

Table 4 Hasil Skor Validasi Media Tahap I dan Tahap II

No	Aspek	Tahap I (%)	Kategori	Tahap II (%)	Kategori
1	Relevansi dengan Kurikulum	40%	Sangat Tidak Layak	90%	Sangat Layak
2	Lay Out	30%	Sangat Tidak Layak	85%	Sangat Layak
3	Kebahasaan	30%	Sangat Tidak Layak	90%	Sangat Layak
4	Estetika	35%	Sangat Tidak Layak	85%	Sangat Layak
5	Assesment	40%	Layak	90%	Sangat Layak

Hasil validasi ahli media memperlihatkan bahwa e-modul dengan persentase sebesar 87,1% dan termasuk dalam kategori sangat layak. Penilaian tersebut meliputi beberapa aspek, antara lain kualitas tampilan visual, konsistensi desain, tingkat keterbacaan teks, kemudahan navigasi, serta pemanfaatan fitur multimedia pada platform *Heyzine Flipbook*. Temuan ini menunjukkan bahwa e-modul tidak hanya memenuhi kelayakan dari sisi materi, tetapi juga telah sesuai dengan prinsip perancangan media pembelajaran digital yang menarik dan mudah dioperasikan. Presentasi interaktif yang menggunakan animasi, ilustrasi, dan tata letak terstruktur dianggap efektif dalam meningkatkan minat siswa dalam belajar dan mengurangi kebosanan dalam memahami konsep kimia abstrak. Temuan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa media digital dengan gambar yang menarik dan navigasi yang jelas dapat meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran.

Penilaian Guru

Hasil data penilaian guru disajikan dalam Tabel 5.

Table 5 Hasil Skor Penilaian Guru

No	Aspek	Skor (%)	Kategori
1	Indikator Soal	90%	Sangat Layak

Hasil evaluasi guru kimia menunjukkan peringkat 90%, diklasifikasikan sebagai sangat praktis, yang menunjukkan bahwa e-modul mudah digunakan dan cukup fleksibel untuk mendukung pembelajaran mandiri dan aktivitas kelas. Lebih lanjut, e-modul dianggap sesuai dengan kebutuhan pembelajaran kimia hijau dan dapat membantu guru menerapkan pembelajaran berbasis masalah (PBL). Tingkat kepraktisan yang tinggi ini menunjukkan bahwa e-modul berpotensi menjadi media pembelajaran alternatif yang efektif untuk mendukung implementasi Kurikulum Otonom, khususnya dalam pembelajaran yang berpusat pada siswa. Hasil ini juga konsisten dengan penelitian sebelumnya yang telah menyoroti bagaimana e-modul berbasis PBL dapat mendorong proses pembelajaran yang lebih aktif dan bermakna..

Tahap Implementasi (Implementation)

Selama fase implementasi, modul elektronik Pembelajaran Berbasis Masalah (PBL), yang dianggap layak oleh para ahli dan guru, diuji melalui percobaan individual dan kelompok kecil. Percobaan dilakukan secara offline di SMA Negeri 8 Kota Jambi, dengan mendistribusikan tautan HTML ke modul elektronik yang dapat diakses siswa melalui ponsel pintar mereka. Sebelum kegiatan dimulai, peneliti memberikan penjelasan singkat tentang cara menggunakan modul elektronik dan fitur-fiturnya, agar siswa dapat memanfaatkan materi pembelajaran secara maksimal.

Respon Murid

Uji coba *one to one* melibatkan tiga siswa kelas X di Fase E.1, yang mewakili tingkat kemampuan kognitif rendah, menengah, dan tinggi, yang dipilih berdasarkan rekomendasi guru kimia. Para siswa menggunakan modul elektronik secara mandiri dan kemudian diminta untuk mengisi kuesioner di akhir pelajaran. Hasil uji coba menunjukkan tingkat respons 97%, yang diklasifikasikan sebagai sangat baik. Hasil ini menunjukkan bahwa modul elektronik mudah digunakan, menarik, relevan dengan materi kimia hijau, dan mampu memfasilitasi pemahaman serta mendukung pengembangan pemikiran kritis pada siswa dengan berbagai tingkat kemampuan kognitif.

Hasil data respon siswa pada uji coba *one to one* disajikan dalam Tabel 6.

Table 6 Hasil Skor Respon Murid Pada Uji Coba *One To One*

No	Aspek	Total Skor	Skor (%)	Kategori
1	Penggunaan e-Modul	205	97%	Sangat Layak
2	Respon Pemakaian			
3	Materi			
4	Aktivitas			
5	Soal			
6	Kebahasaan			

Setelah itu, sebuah eksperimen kelompok kecil dilakukan dengan 15 siswa dari Kelas X Fase E.1, untuk mendapatkan gambaran umum tentang pengalaman belajar setelah menggunakan modul elektronik. Berdasarkan hasil kuesioner tanggapan, diperoleh tingkat respons 98%, yang diklasifikasikan sebagai sangat baik. Siswa menilai modul elektronik tersebut menarik, mudah diakses dan digunakan, dengan bahasa yang jelas dan navigasi yang efisien. Lebih lanjut, aktivitas pembelajaran yang disajikan dianggap mampu meningkatkan pemahaman materi sekaligus mengembangkan keterampilan berpikir kritis melalui aktivitas pemecahan masalah. Data respons siswa pada uji coba kelompok kecil disajikan pada Tabel 7.

Table 7 Hasil Skor Respon Murid Pada Uji Coba Kelompok Kecil

No	Aspek	Total Skor	Skor (%)	Kategori
1	Indikator Soal	739	98%	Sangat Baik

Tahap Evaluasi (Evaluation)

Fase evaluasi dilakukan untuk memastikan bahwa produk yang dikembangkan memenuhi tujuan penelitian yang telah ditetapkan. Evaluasi formatif dilakukan di seluruh fase pengembangan, termasuk analisis, desain, pengembangan, dan implementasi. Proses ini bertujuan untuk mengidentifikasi kelemahan produk yang tersisa dan melakukan perbaikan berkelanjutan, memastikan bahwa e-modul yang dihasilkan, berdasarkan pembelajaran berbasis masalah (PBL), berkualitas unggul dan sesuai untuk penggunaan pendidikan.

Menurut evaluasi validator, ahli materi dan media, e-modul yang dikembangkan memenuhi kriteria kelayakan yang dibutuhkan. Evaluasi yang dilakukan oleh guru kimia di SMA Negeri 8 di Kota Jambi juga menilai produk tersebut sebagai "Sangat Baik". Tanggapan siswa terhadap penggunaan e-modul sangat positif, dengan 97% siswa menyelesaikan tes *one to one* dan 98% menyelesaikan tes kelompok kecil. Penyajian materi yang menarik, selaras dengan alur pembelajaran, terbukti efektif dalam meningkatkan minat siswa dalam belajar dan memperkuat keterampilan berpikir kritis melalui aktivitas pembelajaran berbasis masalah (PBL) dalam memecahkan masalah kimia hijau. Secara keseluruhan, temuan penelitian menunjukkan bahwa pengembangan modul elektronik kimia hijau berbasis Pembelajaran Berbasis Masalah (PBL) yang didukung oleh platform *Heyzine Flipbook* berkontribusi pada pembelajaran kimia yang lebih inovatif dan berfokus pada penguatan keterampilan berpikir kritis siswa. Implementasi fase PBL dalam modul elektronik mendorong keterlibatan aktif siswa melalui aktivitas seperti identifikasi masalah, pencarian dan pengolahan informasi, analisis data, dan perumusan solusi. Temuan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis masalah efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa, pemahaman konseptual, dan kemampuan pemecahan masalah.

Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa modul elektronik yang dikembangkan dapat digunakan sebagai media pembelajaran alternatif untuk mendukung pembelajaran kimia hijau yang kontekstual dan berkelanjutan. Lebih lanjut, modul elektronik ini berpotensi untuk diuji dalam skala yang lebih besar untuk mendapatkan gambaran yang lebih lengkap tentang efektivitasnya dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Oleh karena itu, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan alat bantu pengajaran digital yang inovatif, sekaligus memperluas studi tentang penerapan pembelajaran berbasis masalah dalam pendidikan kimia.

Table 8 Perbedaan n antara e-Modul yang Dikembangkan dengan e-Modul dari Internet

Aspek	e-Modul yang dikembangkan	e-Modul Terdahulu
Model Pembelajaran	<ul style="list-style-type: none"> • Berbasis Problem Based Learning (PBL) • Terintegrasi Heyzine Flipbook 	<ul style="list-style-type: none"> • Model pembelajaran belum terintegrasi secara spesifik
Pendekatan Pembelajaran	<ul style="list-style-type: none"> • Eksploratif dan interaktif • Berorientasi pemecahan masalah nyata 	<ul style="list-style-type: none"> • Bersifat informatif • Fokus pada penyampaian materi
Aktivitas Siswa	<ul style="list-style-type: none"> • Membimbing siswa menganalisis masalah • Mendorong keterampilan berpikir kreatif dan kritis 	<ul style="list-style-type: none"> • Aktivitas eksplorasi masih terbatas
Pemanfaatan Media	<ul style="list-style-type: none"> • Flipbook digunakan sebagai visualisasi konsep interaktif • Tampilan lebih menarik dan mudah dimenegerti 	<ul style="list-style-type: none"> • Simulasi belum dimanfaatkan secara optimal
Implementasi PBL	<ul style="list-style-type: none"> • Sintak PBL terintegrasi dalam setiap tahap pembelajaran 	<ul style="list-style-type: none"> • Tahapan PBL umum dan kurang membimbing proses eksplorai
Pengembangan keterampilan	<ul style="list-style-type: none"> • Mendukung eksplorasi komsep dan penyusun Solusi 	<ul style="list-style-type: none"> • Pengembangan ide kreatif belum terfasilitasi secara mendalam
Inovasi teknologi	<ul style="list-style-type: none"> • Mengikuti perkembangan teknologi pembelajaran digital 	<ul style="list-style-type: none"> • Inovasi teknologi masih terbatas

Pengembangan modul elektronik pembelajaran berbasis masalah untuk kimia hijau, yang didukung oleh platform *Heyzine Flipbook*, dilakukan dengan menggunakan model pengembangan Lee & Owens, (2004). Model ini terdiri dari lima fase utama: analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Model ini dipilih berdasarkan alurnya yang sistematis dan terstruktur, yang dirancang khusus untuk pengembangan pembelajaran multimedia, dan telah banyak diterapkan dalam berbagai studi pengembangan, terbukti efektif dalam menghasilkan produk pendidikan berkualitas tinggi.

Modul elektronik yang dikembangkan dianggap layak dan praktis, sehingga cocok untuk digunakan dan direkomendasikan untuk guru dan siswa SMA, tidak hanya di SMA Negeri 8 Kota Jambi. Hal ini karena modul elektronik tersebut dirancang sesuai dengan karakteristik siswa SMA, memiliki tampilan yang menarik, mudah digunakan, dan mengintegrasikan model pembelajaran berbasis masalah yang mendukung pemahaman konseptual dan penerapan prinsip-prinsip kimia hijau dalam kehidupan sehari-hari. Pengembangan modul elektronik ini juga selaras dengan persyaratan kurikulum yang menekankan keterampilan berpikir kritis siswa, seperti yang diuraikan oleh Facione & Facione, (2008). Selain itu, e-modul dapat digunakan baik sebagai bahan pembelajaran mandiri maupun sebagai pendukung kegiatan pengajaran di kelas. Fleksibilitas ini memungkinkan penerapannya di berbagai sekolah dengan karakteristik dan kebutuhan siswa yang berbeda.

Table 9. Hubungan Sintak Problem Based Learning dengan Indikator Berpikir Kritis (Facione & Facione, 2008)

Sintak <i>Problem Based Learning</i>	Aktivitas Dalam e-Modul	Indikator Berpikir Kreatif
Orientasi siswa terhadap masalah	Murid dihadapkan pada permasalahan kontekstual terkait kimia hijau dalam kehidupan sehari-hari	Interpretation (menafsirkan masalah), Analysis (mengidentifikasi unsur masalah)
Mengorganisasikan siswa untuk belajar	Murid merumuskan masalah dan menentukan informasi yang dibutuhkan untuk penyelidikan	Analysis (mengelompokkan informasi), Inference (merumuskan dugaan awal)
Membimbing penyelidikan	Murid mencari data, membaca sumber, dan menganalisis informasi terkait solusi masalah	Inference (menarik kesimpulan sementara), Evaluation (menilai keakuratan sumber dan data)
Mengembangkan dan menyajikan hasil	Murid menyusun dan mempresentasikan solusi atau hasil diskusi pemecahan masalah	Explanation (menjelaskan hasil pemikiran dan alasan), Evaluation (menilai solusi)
Menganalisis dan mengevaluasi	Murid melakukan refleksi terhadap proses dan hasil pembelajaran	Self-Regulation (merefleksi dan memperbaiki cara berpikir), Evaluation

Teori pembelajaran adalah seperangkat konsep, prinsip, dan asumsi yang secara sistematis menjelaskan bagaimana individu memperoleh pengetahuan, keterampilan, nilai, dan sikap melalui interaksi dengan lingkungannya. Menurut Huda et al., (2023), teori pembelajaran tidak hanya menjelaskan proses pembelajaran tetapi juga berfungsi sebagai dasar bagi pendidik dalam merancang, menerapkan, dan mengevaluasi kegiatan pembelajaran untuk memastikan efektivitasnya. Memahami teori pembelajaran membantu guru menentukan strategi, metode, dan media pembelajaran yang tepat sehingga siswa dapat berpartisipasi aktif dan mengembangkan pengetahuan dan keterampilan baru secara optimal.

Visi Piaget menyatakan bahwa efektivitas pembelajaran dapat ditingkatkan jika proses pembelajaran disesuaikan dengan tahap perkembangan kognitif siswa. Hal ini dapat dicapai dengan memberikan kesempatan untuk bereksperimen, berinteraksi dengan teman sebaya, dan menerima bimbingan dari guru melalui pertanyaan-pertanyaan yang membimbing. Sejalan dengan gagasan ini, teori konstruktivis memandang pengetahuan sebagai sesuatu yang secara aktif dibangun oleh siswa melalui pengalaman dan interaksi dengan lingkungannya. Dalam pendekatan ini, siswa berada di pusat pembelajaran, sementara guru bertindak sebagai fasilitator, menciptakan pengalaman belajar yang bermakna. Pembelajaran konstruktivis menekankan penggunaan konteks dunia nyata dan pengalaman langsung untuk mengembangkan pemahaman konseptual, pemikiran kritis, dan keterampilan pemecahan masalah.

Di sisi lain, perspektif kognitif menekankan pentingnya menghubungkan informasi baru dengan struktur pengetahuan siswa sebelumnya. Proses pembelajaran dipandang sebagai aktivitas mental yang melibatkan pemrosesan, pengorganisasian, dan penyimpanan informasi untuk membangun pemahaman yang bermakna (Lestari et al., 2025). Dalam hal ini, guru berperan dalam mengarahkan penyajian materi sehingga selaras dengan pola pikir dan perkembangan kognitif siswa.

Menurut Lestari et al., (2025), materi pembelajaran adalah alat pembelajaran yang berisi informasi yang selaras dengan kurikulum dan diorganisir secara sistematis untuk membantu guru dalam proses pengajaran sekaligus memfasilitasi pemahaman siswa secara bertahap. Materi pembelajaran dapat berupa modul, buku teks,

selebaran, lembar kerja siswa, media audiovisual, atau materi pembelajaran interaktif berbasis teknologi. Perkembangan teknologi berarti bahwa materi pembelajaran tidak lagi terbatas pada media berbasis kertas tetapi terus berinovasi untuk meningkatkan motivasi dan pengalaman belajar. Oleh karena itu, materi pembelajaran berfungsi sebagai alat strategis yang tidak hanya menyampaikan materi tetapi juga membimbing proses pembelajaran agar lebih efektif dan relevan dengan kebutuhan siswa. Pengelolaan materi pembelajaran yang tepat berfungsi sebagai jembatan antara kurikulum dan praktik pembelajaran, memastikan pencapaian tujuan pembelajaran yang optimal.

Penelitian oleh Afkarina et al., (2024), menekankan bahwa materi pembelajaran yang berkualitas harus dirancang berdasarkan prinsip-prinsip pembelajaran yang membantu siswa mencapai keterampilan yang dibutuhkan. Materi pembelajaran tidak hanya harus berisi pengetahuan, tetapi juga keterampilan dan sikap yang dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, materi pembelajaran harus dikembangkan secara sistematis, mengacu pada kurikulum dan mempertimbangkan karakteristik siswa. Lebih lanjut, Purwanto dan Sadjati, dalam Afkarina dkk. (2024), menyatakan bahwa materi pembelajaran yang baik harus memiliki konten yang akurat, presentasi yang sistematis dan menarik, ilustrasi yang relevan, komponen pendukung yang komprehensif seperti petunjuk penggunaan dan penilaian, serta kualitas fisik yang memudahkan penggunaannya.

Penelitian oleh Sandi et al., (2025), menunjukkan bahwa e-modul berbasis pembelajaran berbasis masalah (PBL) pada topik kimia yang kompleks dapat membantu siswa memahami konsep dengan cara yang lebih kontekstual dan bermakna. Modul elektronik ini tidak hanya menyajikan materi pengajaran berbasis teks, tetapi juga mencakup gambar, video, panduan belajar, dan aktivitas berdasarkan masalah dunia nyata. Berkat desain ini, modul elektronik tidak hanya berfungsi sebagai sarana penyampaian informasi, tetapi juga sebagai panduan belajar yang mendorong siswa untuk menemukan konsep, melatih keterampilan berpikir kritis, dan memecahkan masalah. Temuan penelitian menunjukkan respons yang sangat positif dari siswa, karena modul elektronik mudah diakses melalui berbagai perangkat dan dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih menarik dan interaktif.

SIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan e-modul kimia hijau berbasis Pembelajaran Berbasis Masalah (PBL) dan didukung oleh Heyzine Flipbook, yang dirancang untuk mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran kimia. Validasi oleh para ahli materi dan media menunjukkan bahwa e-modul tersebut memenuhi kriteria kelayakan dalam hal konten, bahasa, presentasi, dan tampilan media. Evaluasi guru menunjukkan bahwa e-modul tersebut praktis dan mudah diimplementasikan dalam pembelajaran, sementara tanggapan siswa dalam tes individu dan kelompok kecil menunjukkan umpan balik positif tentang presentasi materi dan aktivitas pemecahan masalah. Secara teoritis, penelitian ini memperkuat penerapan pendekatan konstruktivis dan pembelajaran berbasis masalah dalam pengembangan materi pengajaran digital untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran kimia. Secara praktis, e-modul yang dikembangkan dapat digunakan sebagai media pembelajaran interaktif alternatif yang mendukung implementasi Kurikulum Mandiri dan membantu guru dan siswa mempelajari kimia hijau secara kontekstual dan otonom. Penelitian lebih lanjut direkomendasikan untuk melakukan uji coba skala yang lebih besar untuk mengevaluasi secara lebih menyeluruh efektivitas e-modul dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis.

Daftar Pustaka

- Afkarina, Z. afkarinah, Imam Bukhori, & Mohamad Solihin. (2024). Pengembangan Bahan Ajar Pendidikan Agama Islam Di SMPN 3 Sumberasih Satu Atap. *An Naba*, 7(1), 1-9. <https://doi.org/10.51614/annaba.v7i1.403>
- Ananditha, C., Andayani, Y., & Muntari, M. (2024). Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Kimia Siswa Kelas XI Berdasarkan Pelaksanaan Kurikulum Merdeka Belajar. *Chemistry Education Practice*, 7(2), 263-268. <https://doi.org/10.29303/cep.v7i2.6759>
- Anggono, W. A. S., & Setiawan, D. (2025). Development of a Heyzine Flipbook Media Integrated with Problem-Based Learning to Improve Natural and Social Learning Outcomes of Elementary School Students. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 26(1), 280-304. <https://doi.org/10.23960/jpmipa.v26i1.pp280-304>

- Anggraini, G. O., & Wiryanto, W. (2022). Analysis of Ki Hajar Dewantara's Humanistic Education in the Concept of Independent Learning Curriculum. *Jurnal Penelitian Ilmu Pendidikan*, 15(1), 33-45. <https://doi.org/10.21831/jpipfip.v15i1.41549>
- Asmi, A., Silaban, S., & Silaban, R. (2024). Developing An Interactive Chemistry E-module Based on Problem-based Learning to Improve Critical Thinking Skills of High School Students. *Jurnal Paedagogy*, 11(1), 94. <https://doi.org/10.33394/jp.v11i1.9875>
- Facione, N. C., & Facione, P. A. (2008). Critical Thinking and Clinical Reasoning in the Health Sciences. In *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice* (Vol. 8, Issue July).
- Heryahya, A., Herawati, E. S. B., Susandi, A. D., & Zulaiha, F. (2022). Analisis Kesiapan Guru Sekolah Dasar dalam Implementasi Kurikulum Merdeka. *Journal of Education and Instruction (JOEAI)*, 5(2), 548-562. <https://doi.org/10.31539/joeai.v5i2.4826>
- Huda, M., Fawaid, A., & Slamet. (2023). Implementasi Teori Belajar Behavioristik dalam Proses Pembelajaran. *PENDEKAR: Jurnal Pendidikan Berkarakter*, 1(4), 64-72. <https://doi.org/10.51903/pendekar.v1i4.291>
- Lee & Owens, W. W. D. . (2004). *Multimedia-Based Instructional Design*. Pfeiffer An Imprint Of Wiley.
- Lestari, C. A., Ana Dwi Lestari, Innayatul Magfirah, & Samsul Susilawati. (2025). Peran Bahan Ajar, Media Dan Sumber Belajar: Kunci Sukses Dalam Pembelajaran Pendidikan Agama Islam. *At-Thullab : Jurnal Mahasiswa Studi Islam*, 7(1), 1-21. <https://doi.org/10.20885/tullab.vol7.iss1.art1>
- Sandi, S., Syahri, W., & Gusti, D. R. (2025). Pengembangan E-Modul Berbasis Problem Based Learning pada Materi Konfigurasi Elektron untuk Meningkatkan Keterampilan Berfikir Kritis Siswa. *JiIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 8(4), 4054-4060. <https://doi.org/10.54371/jiip.v8i4.7633>
- Sukib, Eli Yanti, M. M. H. (2019). Pengaruh Model Pembelajaran Penemuan Terbimbing (Guided Discovery) Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar Kimia Siswa Kelas X SMAN 4 Mataram. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 4(2), 100-105. <https://doi.org/10.29303/jipp.v4i2.89>
- Susanto, T. A. (2021). Pengembangan E-Media Nearpod melalui Model Discovery untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa di Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 5(5), 3498-3512. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i5.1399>
- Widyoko, S., & Putro, E. (2012). *Teknik Penyusunan Instrumen Penilaian*. Puataka Pelajar.
- Wulandari, R., & Supiah YL, I. (2023). Effectiveness of Problem-Based Learning Chemistry Modules and Their Impact on Students' Critical Thinking Abilities. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(SpecialIssue), 163-170. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9ispecialissue.5757>