

## **Pengembangan E-Modul Perubahan Lingkungan Berbasis *Problem Based Learning* Pada Isu Sungai Batanghari Untuk Meningkatkan Literasi Lingkungan dan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa**

**Muhammad Akbar\*, Suhartini**

Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

\*muhammad0205fmipa.2023@student.uny.ac.id

### **Abstract**

*Students' low levels of environmental literacy and critical thinking skills remain a challenge in biology education. These issues are influenced by the use of teaching materials that are still largely conceptual, a teaching approach that tends to be teacher-centered, and the suboptimal use of local environmental issues as learning resources. This study aims to develop a Problem-Based Learning (PBL)-based e-module on environmental change focused on the issue of pollution in the Batanghari River that is valid, practical, and effective in improving the environmental literacy and critical thinking skills of students in Phase E. This study is a research and development (R&D) project using the ADDIE model, which includes the stages of analysis, design, development, implementation, and evaluation. The quality of the product was assessed based on the aspects of validity, practicality, and effectiveness. Data were collected through expert validation sheets, practicality questionnaires, lesson implementation sheets, environmental literacy instruments, and critical thinking ability tests. The data were analyzed using descriptive statistics, the N-Gain test, and MANOVA. The research results show that the e-module was deemed valid, with an average validation score of 3.89 from subject matter experts and 3.23 from media experts. The product's practicality received an average score of 3.72 from teachers and 3.60 from students, with 100% implementation of the learning activities. The average N-Gain for environmental literacy in the experimental class was 57.28% and 30.17% in the control class, while the N-Gain for critical thinking skills was 76.58% and 45.53%, respectively. The MANOVA results showed a significant difference between the experimental and control classes ( $p < 0.001$ ). Thus, the developed e-module is valid, highly practical, and effective for improving environmental literacy and critical thinking skills among Phase E students.*

**Keywords: Electronics Module; Problem Based Learning; Environmental Change; Environmental Literacy; Critical Thinking Skills**

### **Abstrak**

Rendahnya literasi lingkungan dan kemampuan berpikir kritis peserta didik masih menjadi tantangan dalam pembelajaran biologi. Permasalahan tersebut dipengaruhi oleh penggunaan bahan ajar yang masih bersifat konseptual, pembelajaran yang cenderung berpusat pada guru (*teacher-centered*), serta belum optimalnya pemanfaatan isu lingkungan lokal sebagai sumber belajar. Penelitian ini bertujuan mengembangkan e-modul perubahan lingkungan berbasis *Problem Based Learning* (PBL) pada isu pencemaran Sungai Batanghari yang valid, praktis, dan efektif untuk meningkatkan literasi lingkungan dan kemampuan berpikir kritis siswa fase E. Penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) menggunakan model ADDIE yang meliputi tahap *analysis, design, development, implementation, dan evaluation*. Kualitas produk ditinjau berdasarkan aspek validitas, kepraktisan, dan efektivitas. Data dikumpulkan melalui lembar validasi ahli, angket kepraktisan, lembar keterlaksanaan

pembelajaran, instrumen literasi lingkungan, dan tes kemampuan berpikir kritis. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif, uji *N-Gain*, dan MANOVA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-modul dinyatakan valid dengan skor rata-rata validasi ahli materi 3,89 dan ahli media 3,23. Kepraktisan produk memperoleh skor rata-rata 3,72 dari guru dan 3,60 dari peserta didik, dengan keterlaksanaan pembelajaran mencapai 100%. Rata-rata *N-Gain* literasi lingkungan pada kelas eksperimen sebesar 57,28% dan kelas kontrol 30,17%, sedangkan *N-Gain* kemampuan berpikir kritis masing-masing sebesar 76,58% dan 45,53%. Hasil MANOVA menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol ( $p < 0,001$ ). Dengan demikian, e-modul yang dikembangkan valid, sangat praktis, dan efektif untuk meningkatkan literasi lingkungan serta kemampuan berpikir kritis siswa fase E.

**Kata Kunci: Modul Elektronik; *Problem Based Learning*; Perubahan Lingkungan; Literasi Lingkungan; Kemampuan Berpikir Kritis**

## **Pendahuluan**

Permasalahan lingkungan di Indonesia semakin menjadi perhatian karena berdampak terhadap kualitas hidup masyarakat dan keberlanjutan ekosistem. Berbagai bentuk kerusakan lingkungan, seperti pencemaran air, eksploitasi sumber daya alam yang berlebihan, perubahan iklim, dan aktivitas manusia yang tidak ramah lingkungan, telah menyebabkan penurunan kualitas lingkungan secara signifikan (Nurwidodo et al., 2021; Pratiwi et al., 2019). Salah satu faktor utama penyebab kerusakan lingkungan adalah rendahnya kesadaran masyarakat terhadap pentingnya menjaga kelestarian lingkungan. Kondisi ini tercermin pada rendahnya literasi lingkungan masyarakat dan peserta didik di Indonesia. Data Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa indeks perilaku tidak peduli lingkungan masyarakat Indonesia masih tergolong tinggi, sementara kemampuan literasi lingkungan peserta didik juga masih berada pada kategori rendah (Suhartinah et al., 2019). Selain itu, kemampuan berpikir kritis peserta didik yang merupakan keterampilan penting abad ke-21 juga masih belum berkembang secara optimal akibat pembelajaran yang masih berorientasi pada hafalan dan kurang menekankan penalaran (Rahayuni, 2016).

Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa literasi lingkungan dapat ditingkatkan melalui pembelajaran kontekstual yang mengaitkan materi dengan permasalahan nyata di lingkungan sekitar peserta didik. Penelitian Subiantoro et al., (2013) yang menjelaskan bahwa pembelajaran berbasis *socio-scientific issues* memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menganalisis permasalahan lingkungan, mengevaluasi berbagai informasi, serta membuat keputusan yang bertanggung jawab sehingga mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan *reflective judgment*. Penelitian lain juga mengungkapkan bahwa penggunaan modul elektronik berbasis potensi lokal mampu meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap isu lingkungan serta mendorong keterlibatan aktif dalam pembelajaran (Kahar et al., 2019). Namun demikian, sebagian besar bahan ajar yang digunakan di sekolah masih bersifat umum dan belum mengintegrasikan realitas lokal sebagai sumber belajar. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan kebaruan berupa pengembangan e-modul berbasis *Problem Based Learning* (PBL) yang mengangkat potensi lokal dan permasalahan pencemaran Sungai Batanghari sebagai konteks pembelajaran pada materi perubahan lingkungan. Pemanfaatan isu lingkungan lokal diharapkan dapat membuat pembelajaran lebih kontekstual, bermakna, dan relevan dengan kehidupan peserta didik. Selain literasi lingkungan, kemampuan berpikir kritis juga menjadi keterampilan penting yang harus dimiliki peserta didik pada abad ke-21.

Kemampuan berpikir kritis memungkinkan peserta didik menganalisis informasi secara logis, mengevaluasi berbagai alternatif solusi, serta mengambil keputusan berdasarkan bukti yang relevan. Namun, kemampuan berpikir kritis peserta didik Indonesia masih relatif rendah. Pembelajaran di sekolah masih didominasi oleh aktivitas menghafal konsep sehingga peserta didik kurang memperoleh kesempatan untuk mengembangkan kemampuan analisis, argumentasi, dan pemecahan masalah yang diperlukan dalam menghadapi berbagai persoalan nyata di lingkungan sekitar.

Salah satu permasalahan lingkungan yang dekat dengan kehidupan masyarakat di Provinsi Jambi adalah pencemaran Sungai Batanghari. Sungai Batanghari merupakan daerah aliran sungai terbesar di Provinsi Jambi yang memiliki peran penting bagi kehidupan masyarakat. Namun, dalam beberapa tahun terakhir kualitas air Sungai Batanghari mengalami penurunan akibat aktivitas penambangan emas ilegal, penambangan batu bara, limbah industri, serta limbah domestik yang dibuang langsung ke badan sungai. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa kandungan logam berat seperti merkuri dan besi di beberapa lokasi Sungai Batanghari telah melebihi baku mutu yang ditetapkan. Kondisi tersebut menyebabkan menurunnya kualitas lingkungan perairan dan berdampak pada aktivitas ekonomi maupun kesehatan masyarakat yang bergantung pada sungai tersebut. Fenomena pencemaran Sungai Batanghari merupakan konteks yang sangat potensial untuk diintegrasikan ke dalam pembelajaran biologi, khususnya pada materi perubahan lingkungan.

Melalui pemanfaatan isu lingkungan yang terjadi di sekitar peserta didik, pembelajaran dapat menjadi lebih kontekstual dan bermakna. Akan tetapi, hasil wawancara dengan guru biologi di SMA Negeri 1 Batanghari menunjukkan bahwa pembelajaran perubahan lingkungan masih didominasi penyampaian konsep secara teoritis. Pembelajaran juga masih cenderung berpusat pada guru (*teacher-centered*), sehingga peserta didik belum banyak terlibat dalam kegiatan yang mendorong kemampuan berpikir kritis maupun literasi lingkungan. Selain itu, peserta didik masih mengalami kesulitan mengaitkan konsep yang dipelajari dengan permasalahan lingkungan yang terjadi di sekitar mereka. Kondisi tersebut diperkuat oleh keterbatasan bahan ajar yang digunakan dalam pembelajaran. Bahan ajar yang tersedia umumnya bersifat umum, berorientasi pada buku teks, dan belum mengintegrasikan potensi lokal maupun permasalahan lingkungan yang dekat dengan kehidupan peserta didik. Akibatnya, peserta didik kurang memperoleh pengalaman belajar yang kontekstual dan kesulitan memahami penerapan konsep perubahan lingkungan dalam kehidupan nyata.

Padahal, bahan ajar yang memanfaatkan realitas lokal dapat membantu peserta didik menghubungkan pengetahuan ilmiah dengan fenomena yang mereka temui sehari-hari sehingga pembelajaran menjadi lebih relevan dan bermakna. Salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah pengembangan e-modul berbasis *Problem Based Learning* (PBL). Model PBL menempatkan masalah nyata sebagai titik awal pembelajaran sehingga peserta didik terdorong untuk mencari informasi, menganalisis permasalahan, berdiskusi, serta merumuskan solusi berdasarkan bukti yang diperoleh.

Karakteristik tersebut sejalan dengan tujuan pengembangan literasi lingkungan dan kemampuan berpikir kritis. Pengintegrasian model PBL ke dalam e-modul juga memungkinkan peserta didik memperoleh pengalaman belajar yang lebih interaktif melalui pemanfaatan teknologi digital, gambar, video, dan sumber belajar lain yang relevan dengan konteks pembelajaran. Urgensi penelitian ini didasarkan pada kondisi Sungai Batanghari yang mengalami penurunan kualitas lingkungan akibat aktivitas penambangan emas ilegal, penambangan batu bara, limbah industri, dan limbah rumah tangga. Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas air Sungai Batanghari

telah berada pada kategori tercemar dan tidak layak digunakan secara langsung oleh masyarakat (Yanova, 2020). Fenomena tersebut merupakan sumber belajar yang potensial untuk meningkatkan literasi lingkungan dan kemampuan berpikir kritis peserta didik melalui analisis masalah nyata yang terjadi di sekitar mereka. Selain itu, tingginya kepemilikan *smartphone* di kalangan peserta didik membuka peluang pemanfaatan teknologi digital dalam pembelajaran yang lebih efektif dan menarik (Gusri et al., 2022; Prasetyo, 2017).

Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa e-modul berbasis *Problem Based Learning* maupun bahan ajar berbasis potensi lokal dapat meningkatkan hasil belajar dan keterampilan berpikir peserta didik. Namun, kajian yang mengembangkan e-modul materi perubahan lingkungan berbasis *Problem Based Learning* dengan mengintegrasikan isu pencemaran Sungai Batanghari sebagai konteks lokal pembelajaran masih sangat terbatas. Selain itu, belum banyak penelitian yang menguji efektivitas e-modul tersebut terhadap peningkatan literasi lingkungan dan kemampuan berpikir kritis siswa fase E secara bersamaan. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian yang perlu diisi melalui pengembangan bahan ajar yang memadukan isu lingkungan lokal, teknologi pembelajaran, dan pendekatan pembelajaran berbasis masalah. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan e-modul perubahan lingkungan berbasis *Problem Based Learning* yang mengintegrasikan isu pencemaran Sungai Batanghari serta menguji tingkat validitas, kepraktisan, dan efektivitasnya dalam meningkatkan literasi lingkungan dan kemampuan berpikir kritis siswa.

## Metode

Penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) menggunakan model ADDIE yang terdiri atas lima tahapan, yaitu *analysis*, *design*, *development*, *implementation*, dan *evaluation*. Penelitian dilaksanakan di SMA Negeri 1 Batanghari pada semester genap tahun ajaran 2024/2025. Produk yang dikembangkan berupa e-modul perubahan lingkungan berbasis *Problem Based Learning* dengan mengintegrasikan isu pencemaran Sungai Batanghari. Subjek penelitian terdiri atas validator ahli, guru biologi, dan peserta didik fase E. Uji efektivitas dilakukan menggunakan desain *pretest-posttest control group design* yang melibatkan kelas eksperimen dan kelas kontrol. Penentuan sampel dilakukan menggunakan teknik *cluster random sampling*. Instrumen penelitian meliputi lembar validasi ahli materi dan ahli media, angket kepraktisan guru, angket kepraktisan peserta didik, lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran, instrumen literasi lingkungan, dan tes kemampuan berpikir kritis. Data kelayakan dan kepraktisan dianalisis secara deskriptif kuantitatif menggunakan persentase. Efektivitas e-modul dianalisis menggunakan skor *N-Gain* untuk mengetahui peningkatan literasi lingkungan dan kemampuan berpikir kritis. Selanjutnya dilakukan uji MANOVA untuk mengetahui perbedaan kedua variabel dependen antara kelas eksperimen dan kelas kontrol pada taraf signifikansi 0,05.

## Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini mengembangkan bahan ajar yaitu modul elektronik berbasis *Problem Based Learning* berjudul Pengembangan e-Modul Perubahan Lingkungan Sungai Batanghari Berbasis *Problem Based Learning* untuk Meningkatkan Literasi Lingkungan dan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Fase E modul elektronik ini dirancang khusus menyajikan materi perubahan lingkungan untuk peserta didik kelas X SMA/MA demi meningkatkan literasi lingkungan dan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Pengembangan media ini dilakukan melalui lima tahap pengembangan ADDIE yaitu *Analysis* (analisis), *design* (desain), *development* (pengembangan), *implementation*

(implementasi) dan *evaluation* (evaluasi). Dalam bagian hasil penelitian yang telah dibahas sebelumnya, terdapat uraian tentang kegiatan yang dilakukan oleh peneliti pada setiap tahap pengembangan dan hasil yang diperoleh, selanjutnya produk pengembangan dinilai untuk tingkat kualitasnya untuk memenuhi kualifikasi valid dan efektif, sehingga dianggap layak untuk digunakan sebagai bahan ajar. Beberapa hasil uji analisis digunakan untuk menganalisis data penelitian untuk menjawab rumusan masalah dan membuktikan hipotesis. Berikut ini merupakan pembahasan dari uji analisis yang telah dilakukan.

## 1. Kelayakan Produk Modul Elektronik Perubahan Lingkungan Sungai Batanghari Berbasis *Problem Based Learning*

Pada tahapan pengembangan ini selain melakukan pengembangan modul elektronik juga dilakukan penilaian kelayakan modul elektronik yang telah dikembangkan oleh peneliti untuk mengetahui kelayakan modul elektronik yang telah dikembangkan agar menghasilkan produk yang layak dan siap digunakan di dalam proses pembelajaran.

### a. Penilaian Terhadap Modul Ajar

Penilaian terhadap modul ajar meliputi validasi 3 aspek yaitu: Aspek perumusan tujuan pembelajaran, aspek isi yang disajikan, dan aspek bahasa. Penilaian ini dilakukan untuk mengetahui kelayakan modul ajar yang akan digunakan dalam proses pembelajaran. Adapun hasil analisis penilaian modul ajar dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Hasil Penilaian Modul Ajar

No	Aspek Penilaian	Total Skor
1	Rumusan tujuan pembelajaran (5 indikator).	16
2	Isi yang disajikan (4 indikator).	12
3	Bahasa (4 indikator).	13
Jumlah		41
Rata-rata		3,15
Kategori		Baik

Sumber: Data Diolah Penulis

Berdasarkan tabel di atas hasil penilaian keseluruhan aspek akan di bahas secara lebih rinci: aspek pertama yakni aspek rumusan tujuan pembelajaran memiliki 5 indikator, aspek kedua yaitu isi yang disajikan memiliki 4 indikator, dan aspek ketiga memiliki 4 indikator. Hasil validasi ketiga aspek tersebut mendapatkan skor rata-rata 3,15 dengan kategori baik, sehingga dapat disimpulkan bahwa modul ajar dapat diimplementasikan dalam proses pembelajaran. Sesuai dengan pendapat Putra et al., (2019) modul yang telah divalidasi dan dikategorikan baik dapat digunakan secara efektif oleh siswa di sekolah. Proses validasi biasanya melibatkan evaluasi ahli untuk memastikan modul memenuhi kriteria spesifik.

### b. Penilaian Modul Elektronik Oleh Ahli Media

Berikut merupakan hasil penilaian ahli media:

Tabel 2. Penilaian Kelayakan Modul Elektronik Oleh Ahli Media

No	Aspek Penilaian	Skor
1	Aspek rekayasa perangkat lunak (5 indikator).	16
2	Aspek komunikasi visual (8 indikator).	26
Jumlah		42
Rata-rata		3,23
Kategori		Baik

Sumber: Data Diolah Penulis

Berdasarkan hasil penilaian validasi kelayakan produk oleh ahli media pada tabel 2 akan dibahas secara rinci sebagai berikut: aspek pertama yaitu aspek rekayasa perangkat lunak memuat 5 indikator dan aspek komunikasi visual memuat 8 indikator. Hasil dari kedua penilaian tersebut mendapatkan skor rata-rata 3,23 dengan kategori baik. Berdasarkan hasil validasi penilaian kelayakan oleh ahli media sudah baik diuji cobakan dalam pembelajaran biologi. Sesuai dengan pendapat Lubis et al., (2022) menjelaskan bahwa pembelajaran berbasis *problem-based learning* yang dipadukan dengan isu-isu lingkungan dan kearifan lokal mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis serta literasi lingkungan peserta didik karena mereka terlibat secara aktif dalam mengidentifikasi, menganalisis, dan menyelesaikan permasalahan lingkungan nyata penilaian tidak terlepas dari catatan perbaikan. Revisi dan catatan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Masukan dan Perbaikan Oleh Ahli Media

Masukan	Perbaikan
Daftar isi di tambahkan petunjuk penggunaan e-modul.	Menambahkan petunjuk E-modul pada daftar isi.
Pastikan kembali capaian pembelajaran sesuai dengan kurikulum yang dilaksanakan sekarang.	Memastikan kembali dan membenarkan Capaian Pembelajaran sesuai dengan kurikulum yang dilaksanakan sekarang.
Gambar pada peta konsep kurang jelas.	Memperjelas peta konsep.
Sediakan <i>link</i> di bawah <i>QR code</i> .	Menambahkan <i>link</i> pada <i>QR code</i> .
Tambahkan nomor halaman.	Menambahkan nomor halaman.
Sub materi tidak perlu di ulangi jika berpindah ke halaman berikutnya.	Menghapus sub materi.
Sertakan sumber <i>link</i> pada vidio yang ditampilkan.	Menambahkan <i>link</i> video.
Cek kembali sintaks PBL.	Membenarkan kembali sintaks PBL.
Soal pilihan ganda di tambahkan pilihan (A sampai E) untuk jenjang SMA.	Menambahkan pilihan dari A sampai E.
<i>Font</i> jika memungkinkan di perbesar.	Memperbaiki dan menambahkan ukuran <i>Font</i> tulisan.

Sumber: Data Diolah Penulis

### c. Penilaian Modul Elektronik Oleh Ahli Materi

Berikut rekapitulasi penilaian modul elektronik oleh ahli materi:

Tabel 4. Hasil Rekapitulasi Penilaian Modul Elektronik Oleh Ahli Materi

No	Aspek Penilaian	Skor
1	Aspek Kelayakan Materi (3 indikator).	12
2	Aspek Keakuratan Materi (4 indikator).	15
3	Aspek Didaktik (6 indikator).	24
4	Aspek Konstruksi (10 indikator).	40
5	Aspek Teknis (5 indikator).	18
	Jumlah	109
	Rata-rata	3,89
	Kategori	Sangat baik

Sumber: Data Diolah Penulis

Berdasarkan hasil penilaian validasi kelayakan produk oleh ahli materi pada tabel di atas akan dibahas secara rinci sebagai berikut: aspek pertama yaitu aspek kelayakan materi memuat 3 indikator, aspek kedua yaitu aspek keakuratan materi memuat 4 indikator, aspek ketiga yaitu aspek didaktik memuat 6 indikator, aspek keempat yaitu aspek konstruksi memuat 10 indikator dan aspek kelima yaitu aspek teknis memuat 5 indikator. Hasil dari penilaian kelima aspek tersebut memperoleh skor rata-rata 3,89 dengan kategori sangat baik. Berdasarkan hasil validasi kelayakan oleh ahli materi sudah baik untuk diujicobakan dalam pembelajaran biologi di sekolah. Adapun masukan dan saran dari ahli materi dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 5. Masukan dan Perbaikan Oleh Ahli Materi

Masukan	Perbaikan
Tambahkan peta lokasi sungai Batanghari.	Menambahkan peta lokasi sungai Batanghari.
Tambahkan halaman di e-modul.	Menambahkan halaman e-modul.
<i>Link</i> wacana tidak bisa dibuka.	Memperbaiki wacana.
<i>Link</i> vidio bisa dibuka tetapi tidak muncul dengan vidio yang dimaksud.	Mengganti <i>link</i> vidio yang sesuai dengan materi.

Sumber: Data Diolah Penulis

#### d. Penilaian Modul Elektronik Oleh Guru Biologi

Berikut merupakan hasil penilaian modul elektronik oleh guru biologi:

Tabel 6. Penilaian Kepraktisan Modul Elektronik Oleh Guru Biologi

No	Aspek Penilaian	Skor
1	Aspek Rekayasa Perangkat Lunak (3 indikator).	12
2	Aspek Komunikasi Visual (3 indikator).	11
3	Aspek Kelayakan Materi (2 indikator).	8
4	Aspek Keakuratan Materi (4 indikator).	15
5	Aspek Didaktik (6 indikator).	21
6	Aspek Konstruksi (10 indikator).	37
7	Aspek Teknis (5 indikator).	19
Jumlah		123
Rata-rata		3,72
Kategori		Sangat baik

Sumber: Data Diolah Penulis

Berdasarkan hasil analisis penilaian uji kepraktisan modul elektronik oleh guru biologi pada tabel 6 terdapat 7 aspek yang digunakan menunjukkan skor rata-rata 3,72 dengan kategori sangat baik, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa e-modul Sungai Batanghari berbasis PBL telah praktis digunakan untuk pembelajaran sesuai dengan penilaian guru biologi. Dengan catatan dan perbaikan sebagai masukan dan saran.

Tabel 7. Masukan dan Perbaikan Oleh Guru Biologi

Masukan	Perbaikan
Sebaiknya modul diberikan kata kunci materi agar siswa dapat mengingat lebih mudah materi yang diajarkan.	Menambahkan kata kunci pada modul eletornik.

Sumber: Data Diolah Penulis

Menurut penilaian tim ahli yang terdiri dari ahli materi dan ahli media, modul elektronik perubahan lingkungan berbasis PBL memenuhi syarat sebagai bahan ajar. Hasil penilaian secara keseluruhan menunjukkan bahwa modul elektronik perubahan lingkungan Sungai Batanghari berbasis PBL dinilai baik. Ini berarti bahwa modul tersebut

layak digunakan sebagai alat dan akan dilakukan penilaian lanjutan untuk mengetahui seberapa efektif produk tersebut. Kelayakan materi, keakuratan materi, didaktik, konstruksi dan teknis adalah lima komponen yang harus dipertimbangkan oleh ahli materi.

Secara keseluruhan, berdasarkan lima aspek, modul elektronik perubahan lingkungan berbasis PBL mendapat nilai sangat baik. Namun demikian, ada masukan untuk menambahkan peta lokasi Sungai Batanghari, menambahkan halaman pada e-modul, memperbaiki *link* wacana sehingga peserta didik lebih memahaminya. Penilaian pada aspek kelayakan materi, produk yang dikembangkan menyajikan materi yang sesuai dengan tujuan pembelajaran. Hal ini sejalan dengan pendapat Patricia bahwa sebaiknya guru memperhatikan aspek kelayakan materi yang akan digunakan sesuai tujuan pembelajaran yang akan dicapai dan karakteristik peserta didik.

Penilaian aspek keakuratan materi atau konten, produk yang dikembangkan sudah menyajikan materi atau konten secara benar, tidak mengarah kepada kesalahpahaman konsep. Menurut Mufti et al., (2020) komponen media pembelajaran yang paling penting adalah ketepatan dan kebenaran materi yang akan disampaikan, evaluasi metode penyajian, dan relevansi fakta dan konsep materi. Aspek didaktik menekankan pada kejelasan dan stimulus produk yang menyajikan materi secara runtut, mulai dari konsep sederhana hingga kompleks.

Sesuai dengan pendapat Analicia et al., (2021) penyajian media pembelajaran yang baik mencakup materi yang mudah hingga sulit atau konsep sederhana hingga kompleks sehingga membantu pemahaman pengguna dan bersifat kontekstual, artinya mengaitkan ide-ide yang disajikan dengan situasi dunia nyata untuk menambah wawasan peserta didik. Pada aspek konstruksi sudah memenuhi kategori sangat baik mulai dari penggunaan bahasa yang disesuaikan dengan tingkat intelektual peserta didik hingga kesesuaian tata letak *Problem Based Learning* yang dapat menentukan efektifitas pembelajaran, sesuai dengan pendapat Tarial et al., (2022) konstruksi materi dan media dalam pembelajaran penting karena dapat membantu memvisualisasikan materi pembelajaran secara lebih nyata dan menarik bagi peserta didik, sehingga proses belajar mengajar menjadi lebih efektif dan menyenangkan.

Media pembelajaran yang menarik, efektif, dan mudah dipahami dapat meningkatkan motivasi belajar peserta didik. Pada aspek teknis media yang dikembangkan media yang ditampilkan mudah dioperasikan demi menunjang kelancaran proses pembelajaran. Sesuai dengan pendapat Wahyuni et al., (2016) aspek teknik dalam materi media pembelajaran sangat penting karena kemudahan pengoperasian dapat menunjang kemampuan peserta didik dalam proses pembelajaran. Penilaian ahli media, media pembelajaran yang dikembangkan menyajikan materi dengan berbasis *Problem Based Learning* dengan aspek meliputi rekayasa perangkat lunak dan komunikasi visual.

Secara keseluruhan berdasarkan penilaian aspek tersebut modul elektronik mendapatkan kategori sangat baik serta dapat dikatakan layak sebagai media pembelajaran. Pada aspek rekayasa perangkat lunak produk sudah memenuhi efektifitas dan efisiensi penggunaan sumberdaya, mudah dioperasikan serta diterapkan dalam proses pembelajaran. Pada aspek komunikasi visual, ikon navigasi sudah memberikan tampilan yang mudah dipahami dalam membantu pengoperasian. Namun, masih terdapat saran perbaikan yang telah diberikan yaitu perbaikan gambar yang kurang jelas, menambahkan *link* video, sub materi yang tidak perlu diulangi dan petunjuk penggunaan e-modul.

Sesuai dengan pendapat Sofwan et al., (2024) bahwa media yang menggunakan kalimat efektif lebih berhasil dalam mempertahankan perhatian audiens dan mengurangi kesalahan dalam interpretasi informasi, menurut pendapat Titin et al., (2023) dengan adanya media yang bagus dan digunakan pada saat proses pembelajaran

baik pengajar atau siswa dapat membuat proses pembelajaran lebih terlaksana efektif. Hasil tersebut didukung oleh penelitian Pitorini et al., (2024) yang menunjukkan bahwa e-modul berbasis *Problem Based Learning* yang dipadukan dengan dialog *Socrates* memperoleh kategori sangat layak berdasarkan validasi ahli materi, media, dan instrumen. Hal ini menunjukkan bahwa proses validasi oleh para ahli merupakan tahapan penting untuk memastikan kualitas isi, penyajian, dan tampilan e-modul sebelum diterapkan dalam pembelajaran.

## 2. Kepraktisan Produk Modul Elektronik Perubahan Lingkungan Sungai Batanghari Berbasis PBL

Kepraktisan e-modul ditinjau berdasarkan respon guru, respon peserta didik, dan keterlaksanaan pembelajaran selama proses implementasi.

Tabel 8. Penilaian Kepraktisan Modul Elektronik Oleh Guru Biologi

No	Aspek Penilaian	Skor
1	Aspek Rekayasa Perangkat Lunak (3 indikator).	12
2	Aspek Komunikasi Visual (3 indikator).	11
3	Aspek Kelayakan Materi (2 indikator).	8
4	Aspek Keakuratan Materi (4 indikator).	15
5	Aspek Didaktik (6 indikator).	21
6	Aspek Konstruksi (10 indikator).	37
7	Aspek Teknis (5 indikator).	19
Jumlah		123
Rata-rata		3,72
Kategori		Sangat baik

Sumber: Data diolah penulis

Berdasarkan hasil analisis penilaian uji kepraktisan modul elektronik oleh guru biologi pada tabel 8 terdapat 7 aspek yang digunakan menunjukkan skor rata-rata 3,72 dengan kategori sangat baik, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa e-modul sungai Batanghari berbasis PBL telah praktis digunakan untuk pembelajaran sesuai dengan penilaian guru biologi. Dengan catatan dan perbaikan sebagai masukan dan saran.

Tabel 9. Masukan dan Perbaikan Oleh Guru Biologi

Masukan	Perbaikan
Sebaiknya modul diberikan kata kunci materi agar siswa dapat mengingat lebih mudah materi yang diajarkan.	Menambahkan kata kunci pada modul eletornik.

Sumber: Data Diolah Penulis

Tabel 10. Hasil Tanggapan Peserta Didik Terhadap Modul Elektronik

No.	Aspek Penilaian	Total skor
1	Penyajian (3 indikator).	167
2	Kebahasaan (3 indikator).	163
3	Komunikasi (4 indikator).	212
4.	Kemanfaatan (2 indikator).	107
Total skor		649
Rata-rata		3,60
Kriteria		Sangat baik

Sumber: Data Diolah Penulis

Berdasarkan hasil penilaian guru dan peserta didik, e-modul memperoleh kategori sangat praktis. Guru menilai bahwa e-modul mudah digunakan, memiliki sistem navigasi yang jelas, serta memuat materi yang sesuai dengan capaian pembelajaran. Peserta didik juga memberikan respon positif terhadap tampilan, bahasa, dan kemudahan penggunaan e-modul.

Tabel 11. Hasil Keterlaksanaan Pembelajaran

Pertemuan ke	Kegiatan yang terlaksana	Total kegiatan	Persentase keterlaksanaan
1	3	3	100%
2	3	3	100%
3	3	3	100%
4	3	3	100%

Sumber: Data Diolah Penulis

Keterlaksanaan pembelajaran mencapai 100%, menunjukkan bahwa seluruh tahapan pembelajaran dapat dilaksanakan sesuai rancangan. Tingginya tingkat kepraktisan e-modul tidak hanya disebabkan oleh kemudahan penggunaan, tetapi juga karena e-modul mendukung penerapan sintaks *Problem Based Learning* secara sistematis. Penyajian masalah pencemaran Sungai Batanghari pada awal pembelajaran mendorong peserta didik untuk mengidentifikasi masalah, mengumpulkan informasi, menganalisis data, dan merumuskan solusi.

Selain itu, integrasi video, gambar, penelitian, dan data lingkungan lokal membantu peserta didik memahami materi perubahan lingkungan secara lebih kontekstual dan bermakna. Temuan ini sejalan dengan penelitian Safitri et al., (2024) yang menyatakan bahwa e-modul terintegrasi *Problem Based Learning* memperoleh respons positif dari peserta didik dan dinilai praktis digunakan dalam proses pembelajaran. Kepraktisan tersebut ditunjukkan melalui kemudahan penggunaan, penyajian materi yang sistematis, serta tampilan e-modul yang membantu peserta didik belajar secara mandiri.

### 3. Keefektifan Produk Modul Elektronik Perubahan Lingkungan Sungai Batanghari Berbasis *Problem Based Learning*

Pengukuran efektivitas dari modul elektronik perubahan lingkungan sungai Batanghari berbasis PBL dalam meningkatkan literasi lingkungan dan kemampuan berpikir kritis peserta didik dilakukan berdasarkan data yang diperoleh saat tahap implementasi dengan melihat nilai skor *pretest-posttest*. Peningkatan literasi lingkungan dan kemampuan berpikir kritis diperoleh dari perbandingan *n-gain score* untuk kelas kontrol dan eksperimen. Hasil analisis deskriptif statistik dari data tersebut menunjukkan pembelajaran materi perubahan lingkungan yang dilaksanakan dengan menggunakan modul elektronik perubahan lingkungan Sungai Batanghari berbasis *Problem Based Learning* berpengaruh terhadap peningkatan literasi lingkungan dan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik dianalisis berdasarkan perhitungan *n-gain score*. Hasil perhitungan ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 12. Hasil Perhitungan *Normalized Gain Score*

Data	Nilai	Kelas eksperimen	Kelas kontrol
Kemampuan Berpikir Kritis	Terendah	13	-15
	Tertinggi	100	100
	Rata-rata <i>Gain Score</i>	76,58	45,53
	Kategori <i>Gain Score</i>	Efektif	Kurang efektif

Sumber: Data Diolah Penulis

Berdasarkan hasil perhitungan uji *N-Gain score* tersebut, menunjukkan bahwa nilai rata-rata *N-Gain score* untuk kelas eksperimen adalah sebesar 76,58 atau 76,58% termasuk dalam kategori efektif dengan nilai *N-Gain score* minimal 13 dan maksimal 100. Sementara untuk rata-rata *N-Gain score* kelas kontrol adalah sebesar 45,53 atau 45,53% termasuk dalam kategori kurang efektif, dengan nilai minimal -15 dan maksimal 100, maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan modul elektronik potensi lokal Sungai Batanghari berbasis *Problem Based Learning* efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik.

Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Pitorini et al., (2024) Efektivitas e-modul *Problem Based Learning* dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis menunjukkan bahwa siswa yang menggunakan modul ini memiliki kinerja lebih baik dalam tes berpikir kritis dibandingkan dengan kelompok kontrol yang ditunjukkan dengan skor *N-Gain* kelas eksperimen sebesar 0,66 termasuk dalam kategori sedang. Setelah data berdistribusi normal dan homogen maka dapat dilanjutkan dengan uji MANOVA.

Uji MANOVA digunakan untuk mengetahui efektivitas penggunaan e-modul perubahan lingkungan Sungai Batanghari berbasis *Problem Based Learning* dalam meningkatkan literasi lingkungan dan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Hasil uji MANOVA menunjukkan bahwa terdapat efektivitas penggunaan e-modul perubahan lingkungan Sungai Batanghari berbasis *Problem Based Learning* terhadap literasi lingkungan dan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Berikut merupakan hasil Uji MANOVA:

Tabel 13. Hasil Uji MANOVA Literasi Lingkungan dan Kemampuan Berpikir Kritis

<i>Multivariate Tests<sup>a</sup></i>					
<i>Effect</i>		<i>Value</i>	<i>Hypothesis df</i>	<i>Error df</i>	<i>Sig.</i>
<i>Intercept</i>	<i>Pillai's Trace</i>	.994	2.000	67.000	.000
	<i>Wilks' Lambda</i>	.006	2.000	67.000	.000
	<i>Hotelling's Trace</i>	155.088	2.000	67.000	.000
	<i>Roy's Largest Root</i>	155.088	2.000	67.000	.000
Kelompok	<i>Pillai's Trace</i>	.468	2.000	67.000	.000
	<i>Wilks' Lambda</i>	.532	2.000	67.000	.000
	<i>Hotelling's Trace</i>	.881	2.000	67.000	.000
	<i>Roy's Largest Root</i>	.881	2.000	67.000	.000

Sumber: Data Diolah Penulis

Hasil uji MANOVA menunjukkan nilai signifikansi terhitung *Pillai's Trace*, *Wilk's Lamda*, *Hotelling's Trace* dan *Roy,s Largest Root* sebesar 0,00. Nilai signifikansi tersebut kurang dari 0,05, maka H0 ditolak dan H1 diterima, sehingga kesimpulan yang diperoleh terdapat pengaruh penggunaan e-modul perubahan lingkungan sungai Batanghari berbasis PBL terhadap peningkatan literasi lingkungan dan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Tahap selanjutnya dari uji MANOVA yaitu melihat hasil dari *test of between-subject effect*. Uji ini digunakan untuk mengetahui sejauh mana penggunaan e-modul perubahan lingkungan Sungai Batanghari berbasis PBL mempengaruhi *variable* penelitian yaitu literasi lingkungan dan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Hasil dari *test of between subject effect* dapat dilihat pada tabel.

Tabel 14. Hasil Uji *Test of Between Subject Effect*

<i>Tests of Between-Subjects Effects</i>						
<i>Source</i>	<i>Dependent Variable</i>	<i>Type III Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
Perlakuan	Littrasi_Lingkungan	716.800	1	716.800	6.483	.013
	KBK	2970.514	1	2970.514	58.402	.000

Sumber: Data Diolah Penulis

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada tabel, nilai sig. variabel literasi lingkungan yaitu  $0.013 < 0,05$ , hal ini bermakna bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada kemampuan literasi lingkungan peserta didik kelas eksperimen yang menggunakan modul elektronik potensi lokal Sungai Batanghari berbasis PBL pada materi perubahan lingkungan dengan peserta didik kelas kontrol yang tidak menggunakan modul elektronik potensi lokal Sungai Batanghari berbasis PBL pada materi perubahan lingkungan.

Pada *variable* kemampuan berpikir kritis diperoleh nilai sig.  $0,000 < 0,05$ . Jadi dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada kemampuan berpikir kritis peserta didik antara peserta didik kelas eksperimen yang menggunakan modul elektronik potensi lokal Sungai Batanghari berbasis PBL pada materi perubahan lingkungan dengan peserta didik kelas kontrol yang tidak menggunakan modul elektronik potensi lokal Sungai Batanghari berbasis PBL pada materi perubahan lingkungan. Selain melihat *N-gain score*, dilakukan analisis statistic inferensial yaitu uji MANOVA, untuk mengetahui apakah *variable* bebas (independen) memberikan pengaruh secara simultan terhadap lebih dari satu variabel terikat (dependen).

Hasil uji MANOVA menunjukkan nilai signifikansi terhitung *Pillai's Trace*, *Wilks Lambda*, *Hotelling's Trace* dan *Roy's Larger Root* sebesar 0,000 bahwa nilai signifikansi  $\alpha < 0,05$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima yang menunjukkan bahwa terdapat efektivitas keterampilan literasi lingkungan dan kemampuan berpikir kritis yang signifikan antara peserta didik yang belajar dengan menggunakan modul elektronik perubahan lingkungan Sungai Batanghari berbasis PBL (kelas eksperimen pada materi perubahan lingkungan dengan peserta didik kelas konvensional (kontrol) secara simultan.

Peningkatan literasi lingkungan ini dapat dijelaskan melalui penggunaan e-modul interaktif yang terintegrasi potensi lokal berbasis PBL serta menyajikan video orientasi masalah, kuis, dan kontekstual keadaan Sungai Batanghari yang berasal dari lingkungan peserta didik. E-modul yang terintegrasi potensi lokal membantu peserta didik memahami konsep lingkungan dengan lebih baik dan menghubungkan pengetahuan yang diperoleh dengan pengalaman nyata. Hal ini sejalan dengan Nurwidodo et al., (2021) yang menjelaskan bahwa literasi lingkungan tidak hanya ditentukan oleh penguasaan konsep, tetapi juga dipengaruhi oleh kemampuan berpikir kritis, kreativitas, dan kolaborasi peserta didik. Oleh karena itu, penggunaan e-modul berbasis *Problem Based Learning* yang melibatkan peserta didik secara aktif dalam menyelesaikan masalah lingkungan nyata dapat meningkatkan literasi lingkungan secara lebih komprehensif E-modul perubahan lingkungan berbasis *Problem Based Learning* (PBL) memiliki peran strategis dalam meningkatkan literasi lingkungan dan kemampuan berpikir kritis siswa.

Melalui pendekatan PBL, siswa dihadapkan pada masalah nyata yang relevan dengan kehidupan mereka, seperti pencemaran Sungai Batanghari dan penambangan liar. E-modul yang didesain secara interaktif tidak hanya menyajikan informasi dalam bentuk teks, tetapi juga menghadirkan gambar, video, kuis, serta aktivitas yang menuntut siswa menganalisis data, mencari solusi, dan mengomunikasikan hasil temuannya. Proses ini membuat siswa lebih mudah memahami konsep lingkungan secara mendalam, sekaligus menumbuhkan kesadaran kritis terhadap isu-isu ekologis di sekitarnya.

Hal ini sejalan dengan penelitian Lubis et al., (2022) yang menyatakan bahwa model *Problem Based Learning* berorientasi kearifan lokal memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengidentifikasi masalah, menganalisis informasi, berdiskusi, serta merumuskan solusi terhadap permasalahan lingkungan. Aktivitas tersebut berkontribusi terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik). Pendekatan ini tidak hanya memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang lingkungan lokal tetapi juga mempersiapkan siswa untuk menghadapi tantangan lingkungan secara lebih efektif.

E-modul perubahan lingkungan berbasis *Problem Based Learning* yang menekankan analisis masalah, argumentasi, kolaborasi, dan refleksi mendorong peserta didik untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis, mulai dari mengidentifikasi masalah, mengevaluasi informasi, hingga merumuskan solusi kreatif berbasis bukti. Dengan demikian, penggunaan e-modul perubahan lingkungan berbasis *Problem Based Learning* bukan hanya berfungsi sebagai media pembelajaran yang menarik, tetapi juga sebagai sarana efektif dalam menumbuhkan literasi lingkungan sekaligus mengasah keterampilan berpikir kritis yang sangat penting dimiliki siswa di abad ke-21.

Literasi lingkungan dan kemampuan berpikir kritis memiliki hubungan yang kuat. Literasi lingkungan mencakup pengetahuan, keterampilan, sikap, dan tindakan terkait isu lingkungan. Agar peserta tidak hanya sekedar tahu, tetapi juga mampu mengambil keputusan bijak, dibutuhkan kemampuan berpikir kritis untuk menganalisis data, menilai bukti, dan mempertimbangkan berbagai alternatif solusi. Hal ini sejalan dengan penelitian Nurwidodo et al., (2021) yang menjelaskan bahwa literasi lingkungan tidak hanya ditentukan oleh penguasaan konsep, tetapi juga dipengaruhi oleh kemampuan berpikir kritis, kreativitas, dan kolaborasi peserta didik.

Oleh karena itu, penggunaan e-modul berbasis *Problem Based Learning* yang melibatkan peserta didik secara aktif dalam menyelesaikan masalah lingkungan nyata dapat meningkatkan literasi lingkungan secara lebih komprehensif hubungan antara literasi lingkungan dan pemikiran kritis sangat penting untuk memahami dan mengatasi masalah pencemaran lingkungan. Literasi lingkungan memberikan pengetahuan dasar tentang permasalahan yang dihadapi. Sebaliknya, berpikir kritis membantu individu menganalisis informasi, mengevaluasi solusi, dan membuat keputusan yang tepat.

Hasil penelitian ini juga didukung oleh Hadira et al., (2024) yang melaporkan bahwa penggunaan e-modul berbasis *Problem Based Learning* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kemampuan pemecahan masalah dan *self-efficacy* peserta didik. Hal tersebut menunjukkan bahwa e-modul berbasis PBL tidak hanya layak digunakan sebagai bahan ajar, tetapi juga efektif dalam meningkatkan hasil belajar dan keterampilan berpikir peserta didik melalui aktivitas pembelajaran yang berpusat pada pemecahan masalah.

#### a. Revisi Produk

Perbaikan dilakukan sesuai saran dan masukan dari ahli media, ahli materi dan tanggapan dari praktisi

Tabel 15. Masukan Dan Perbaikan Oleh Ahli Materi

Masukan	Perbaikan
Tambahkan peta lokasi Sungai Batanghari.	Menambahkan peta lokasi Sungai Batanghari.
<i>Link</i> vidio dapat dibuka tetapi tidak seperti wacana yang dimaksud.	Memperbaiki <i>link</i> vidio sesuai dengan wacana.
Perlu menambahkan penjelasan mengenai baku mutu.	Menambahkan penjelasan baku mutu.

Soal yang menggunakan data dari suatu jurnal perlu ditambahkan *link* sumber pada soal. Menambahkan *link* soal.

Sumber: Data Diolah Penulis

Tabel 16. Masukan Dan Perbaikan Oleh Ahli Media

Masukan	Perbaikan
Daftar isi ditambahkan petunjuk e-modul.	Menambahkan petunjuk penggunaan e-modul.
Gambar pada peta konsep kurang jelas.	Memperbaiki kualitas gambar peta konsep.
Tambahkan nomor halaman pada setiap halaman.	Menambahkan nomor halaman.
<i>Qr code</i> ditambahkan <i>link</i> yang bisa di akses.	Menambahkan <i>link</i> pada bawah qr-code.
Sertakan <i>link</i> dibawah video.	Menambahkan <i>link</i> pada bagian bawah video.
<i>Font</i> penulisan diperbesar.	Memperbesar ukuran <i>font</i> pada e-modul.

Sumber: data diolah penulis

Tabel 17. Masukan Dan Perbaikan Dari Guru

Masukan	Perbaikan
Berikan kata kunci materi	Menambahkan glosarium pada e-modul

Sumber: Data Diolah Penulis

## b. Kajian Produk Akhir

Semua tahap pengembangan termasuk analisis, perencanaan, pengembangan dan implementasi pada tahap evaluasi, seperti yang di tunjukkan dalam tabel 18.

Tabel 18. Evaluasi Tahap Pengembangan

Tahap	Hasil Evaluasi
<i>Analysis</i> (analisis)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Hasil dari tahap analisis digunakan sebagai referensi untuk pengembangan media modul elektronik perubahan lingkungan Sungai Batanghari berbasis PBL, yaitu studi lapangan dan pustaka. Analisis materi untuk memenuhi tuntutan kompetensi, wawancara dengan guru, penyebaran angket kebutuhan peserta didik, dan evaluasi gaya belajar peserta didik.</li> <li>2) Pada tahap analisis, evaluasi dilakukan dengan mengubah rancangan sesuai dengan saran dosen pembimbing</li> </ol>
<i>Design</i> (desain)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Tujuan pada tahap ini adalah membuat desain dan instrument produk. Hasil dari proses desain dan perancangan termasuk menentukan susunan konten dan materi dalam bahan ajar, membuat instrumen untuk menilai modul ajar, membuat instrumen untuk literasi lingkungan dan kemampuan berpikir kritis dan membuat desain <i>story board</i>.</li> <li>2) Pada tahap desain, revisi rancangan dilakukan berdasarkan rekomendasi dosen pembimbing</li> </ol>

<i>Development</i> (Pengembangan)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Tujuan tahap ini adalah untuk menentukan kelayakan produk. Hasil dari tahap pengembangan mencakup validasi ahli media dan ahli materi. Peneliti menggunakan temuan perencanaan untuk fase desain produk, yang kemudian dirancang sesuai dengan materi, ilustrasi dan gaya belajar peserta didik</li> <li>2) Pada tahap pengembangan, produk diubah sesuai dengan rekomendasi praktisi dan ahli untuk dievaluasi</li> </ol>
<i>Implementation</i> (Implementasi)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Setelah produk diujicobakan secara nyata, yaitu dalam kegiatan pembelajaran, evaluasi dilakukan untuk mengetahui apakah produk dapat membantu peserta didik belajar dan lebih memahami lingkungan</li> <li>2) Pasca uji coba, bahan ajar disesuaikan untuk digunakan dalam pembelajaran biologi khusus materi perubahan lingkungan kelas X.</li> </ol>

Sumber: Data Diolah Penulis

### c. Keterbatasan Penelitian

Produk penelitian ini hanya diuji satu sekolah uji coba. Oleh karena itu, hanya satu sekolah yang mengevaluasi seberapa baik modul elektronik perubahan lingkungan sungai Batanghari berbasis PBL meningkatkan literasi lingkungan dan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Ini berarti bahwa jika modul elektronik perubahan lingkungan Sungai Batanghari berbasis PBL digunakan di kota lain, hasilnya mungkin tidak sama. Kegiatan pembelajaran menggunakan modul elektronik perubahan lingkungan Sungai Batanghari selama enam jam pertemuan, sehingga penerapan dengan menggunakan model *Problem Based Learning* pada kelas eksperimen tergolong cukup singkat.

Beberapa siswa di kelas eksperimen dan kontrol mengisi angket tanpa pengawasan peneliti dan mengumpulkannya secara berulang pada waktu sepulang sekolah, yang lain mengumpulkannya di hari berikutnya. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa waktu peserta didik yang terbatas saat pengambilan data angket lebih banyak dihabiskan untuk modul tersebut, sehingga beberapa siswa tidak sempat mengisi angket selama pelajaran berlangsung. Penggunaan modul elektronik perubahan lingkungan Sungai Batanghari berbasis PBL dipengaruhi oleh kecepatan jaringan. Modul ini hanya dapat digunakan melalui internet, sehingga membutuhkan jaringan WI-FI sekolah atau setidaknya koneksi internet ke data seluler peserta didik yang normal atau cepat.

### Kesimpulan

Berdasarkan kesimpulan dari kesesuaian rumusan masalah dan hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu: Pada aspek kelayakan dinyatakan bahwa e-modul berbasis *Problem Based Learning* dinyatakan valid oleh ahli materi dan media dengan kategori sangat baik. Aspek kepraktisan menegaskan bahwa e-modul dinilai sangat praktis oleh guru dan siswa serta keterlaksanaan pembelajaran berjalan sangat baik. Sedangkan keefektifan menyatakan bahwa efektivitas dapat mempertahankan data utama *N-Gain* dibuktikan melalui peningkatan literasi lingkungan dan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Hasil analisis *N-Gain* menunjukkan bahwa literasi lingkungan pada kelas eksperimen memperoleh nilai rata-rata 57,28 (cukup efektif), Hasil uji MANOVA juga menunjukkan nilai signifikansi 0,000 ( $< 0,05$ ), yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol secara simultan terhadap literasi lingkungan dan kemampuan berpikir kritis.

## Daftar Pustaka

- Analicia, T., & Yogica, R. (2021). Media Pembelajaran Visual Menggunakan Canva Pada Materi Sistem Gerak. *Jurnal Edutech Undiksha*, 9(2), 260-266.
- Gusri, L., Kalsum, S. U., & Juwita, R. (2022). Penilaian kualitas air zona tengah Sungai Batanghari Jambi. *Jurnal Daur Lingkungan*, 5(2), 52-56.
- Hadira, H., Sari, M. S., & Sulisetijono, S. (2024). Development Of E-Modules Based On Problem-Based Learning To Improve Problem-Solving Skills And Student Self-Efficacy. *Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Ilmu Pendidikan: E-Saintika*, 8(1), 86-101.
- Kahar, A. P., & Fadhilah, R. (2019). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Biologi Sma Berbasis Potensi Lokal, Literasi Lingkungan Dan Sikap Konservasi. *Pedagogi Hayati*, 2(2), 21-32.
- Lubis, S. P. W., Suryadarma, I. G. P., & Yanto, B. E. (2022). The Effectiveness Of Problem-Based Learning With Local Wisdom Oriented To Socio-Scientific Issues. *International Journal of Instruction*, 15(2), 455-472.
- Mufti, N. N., Pranata, O. H., & Muharram, M. R. W. (2020). Studi Literatur: Tangram Sebagai Media Pembelajaran Geometri. *Jurnal Kajian Pendidikan Dasar*, 5(2), 93-99.
- Najwa, H. A., & Suhartini, S. (2023). Development Of E-Module Integrated With Education For Sustainable Development (ESD) On Environmental Change Material. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(12), 12130-12138.
- Nurwidodo, N., Romdaniyah, S. W., Sudarmanto, S., Rosanti, D., Kurniawati, K., & Abidin, Z. (2021). Analisis Profil Berpikir Kritis, Kreatif, Keterampilan Kolaboratif, Dan Literasi Lingkungan Siswa. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 9(2), 605-617.
- Nuryanti, L., Zubaidah, S., & Diantoro, M. (2018). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 3(2), 155-158.
- Pitorini, D. E., Suciati, S., & Harlita, H. (2024). Students' Critical Thinking Skills Using An E-Module Based On Problem-Based Learning Combined With Socratic Dialogue. *Journal of Learning for Development*, 11(1), 52-65.
- Prasetyo, P. (2017). Pembelajaran Materi Lingkungan Di Sekolah Menengah Atas Dan Daya Dukungnya Terhadap Literasi Lingkungan Siswa. *Florea: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 4(2), 55-62.
- Pratiwi, S. N., Cari, C., & Aminah, N. S. (2019). Pembelajaran IPA Abad 21 Dengan Literasi Sains Siswa. *Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika*, 9(1), 34-42.
- Safitri, L., Hidayati, N., & Suryanti, S. (2024). Integrating Problem-Based Learning Into E-Modules: A Development Study With Validation And Student Response Analysis. *Jurnal Kependidikan: Jurnal Hasil Penelitian dan Kajian Kepustakaan di Bidang Pendidikan, Pengajaran, dan Pembelajaran*, 11(1), 397-409.
- Sofwan, M. Z., Farida, F., Arroyo, M., Diyah, H. S., Junianti, A. D., & Andean, M. R. (2024). Meningkatkan Komunikasi Yang Jelas: Optimizing The Use Of Effective Sentences To Enhance Communication. *Jurnal Intelek Insan Cendekia*, 1(10), 6799-6808.
- Subiantoro, A. W., & Ariyanti, N. A., & Sulisty, S. (2013). Pembelajaran Materi Ekosistem Dengan Socio-Scientific Issues Dan Pengaruhnya Terhadap Reflective Judgment Siswa. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 2(1), 41-47.
- Suhartinah, S., Hidayati, Y., Qomaria, N., & Hadi, W. P. (2019). Studi Korelasi Antara Sikap Peduli Lingkungan Dengan Kemampuan Literasi Sains Siswa SMP Pada Materi Ekosistem. *Natural Science Education Research*, 2(1), 77-84.

- Tarial, T., Suratno, S., & Idrus, A. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Konstruksi Dan Utilitas Gedung Berbantuan SketchUp 3D Untuk Kompetensi Keahlian Desain Pemodelan Dan Informasi Bangunan SMK. *Jurnal Manajemen Pendidikan dan Ilmu Sosial*, 3(2), 829-840.
- Titin, T., Yuniarti, A., Shalihat, A. P., Amanda, D., Ramadhini, I. L., & Virnanda, V. (2023). Memahami Media Untuk Efektivitas Pembelajaran. *JUTECH: Journal Education and Technology*, 4(2), 111-123.
- Wahyuni, E., Qosyim, A., & Admoko, S. (2016). Kelayakan Media Pembelajaran Animasi Interaktif Pada Materi Sistem Peredaran Darah Manusia Kelas VIII di SMP. *PENSA E-Jurnal: Pendidikan Sains*, 4(3), 1-6.
- Yanova, S., Siagian, K. A. M., & Gusanti, R. (2020). Tingkat Cemaran Logam Berat Pada Air Sungai Batanghari Provinsi Jambi berdasarkan Indeks C/P (Contamination/Pollution). *Jurnal Daur Lingkungan*, 3(2), 62-65.