



# Validitas dan Efektivitas Modul Ekosistem Berbasis Problem-Based Learning untuk Meningkatkan Hasil Belajar dan Minat Baca Siswa

Maria Ulfa, Moch. Haikal\*, Linda Tri Antika, Khairunisa

Program Studi S1 Pendidikan Biologi FKIP Universitas Islam Madura. Pondok Pesantren Miftahul Ulum Bettet. Pamekasan, Indonesia

Received: January 2023

Revised: April 2023

Published: May 2023

Corresponding Author:

Name\*: Moch. Haikal

Email\*: [moch.haikal@uim.ac.id](mailto:moch.haikal@uim.ac.id)



<https://doi.org/10.36312/mj.v2i1.2717>

© 2023 The Author/s. This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) License.



**Abstract:** Penelitian ini mengisi gap terkait bahan ajar kontekstual untuk mendorong pembelajaran aktif di lingkungan pesantren dengan fasilitas terbatas. Tujuannya mengembangkan dan menguji validitas serta efektivitas modul ekosistem berbasis Problem-Based Learning (PBL) pada pembelajaran Biologi kelas X. Metode Research and Development (R&D) model ADDIE diterapkan hingga tahap pengembangan. Modul divalidasi oleh ahli materi (80 %), ahli media (72 %), dan guru Biologi (78 %), serta diuji coba pada 24 siswa kelas X IPA menggunakan desain One Group Pretest-Posttest. Hasil validasi menunjukkan kelayakan modul, dan respons siswa sangat baik (skor rata-rata 80 %). Uji efektivitas memperlihatkan peningkatan signifikan minat baca, dari rerata 38,9 (SD = 4,84) menjadi 73,1 (SD = 11,25) ( $t(23) = -14,2, p < .001$ ). Dengan efek ukuran besar (Cohen's  $d = 2,89$ ), hasil ini menegaskan kekuatan intervensi modul. Penelitian ini menyumbang kerangka konseptual dan metodologis bagi pengembangan modul serupa di bidang lain. Temuan menegaskan bahwa modul PBL valid, efektif, dan relevan untuk sekolah dengan sumber daya terbatas, serta berpotensi memperkuat literasi lingkungan dan keterampilan berpikir kritis. Rekomendasi pengembangan meliputi integrasi teknologi dan pendekatan lintas disiplin untuk memperkaya pengalaman belajar serta adaptasi di berbagai konteks pembelajaran.

**Kata kunci:** Problem-Based Learning, modul ekosistem, pesantren, minat baca, pengembangan bahan ajar

## *Validity and Effectiveness of a Problem-Based Learning-Based Ecosystem Module for Improving High School Students' Learning Outcomes and Reading Interest*

**Abstract:** This study addresses the shortage of contextual teaching materials that foster active learning in pesantren biology classes with limited resources. It aimed to develop and evaluate the validity and effectiveness of a Problem-Based Learning (PBL)-based ecosystem module for tenth-grade students. Employing a Research and Development approach guided by the ADDIE model (Analyze, Design, Development, Implementation, Evaluation), the module was validated by content experts (80 %), media experts (72 %), and biology teachers (78 %). A field trial with 24 science students used a one-group pretest-posttest design. Validation outcomes confirmed the module's suitability, and student feedback was highly positive (mean score = 80 %). Effectiveness testing demonstrated a significant increase in students' reading interest, from a pretest mean of 38.9 (SD = 4.84) to a posttest mean of 73.1 (SD = 11.25) ( $t(23) = -14.2, p < .001$ ), with a large effect size (Cohen's  $d = 2.89$ ). These findings verify that the PBL-based module is valid, effective, and relevant for resource-constrained schools, and holds promise for strengthening environmental literacy and critical thinking. Future enhancements should integrate digital technologies and interdisciplinary approaches to enrich student learning and facilitate adaptation across diverse educational settings.

**Keywords:** Problem-Based Learning; ecosystem module; pesantren; reading interest; instructional material development

### How to Cite:

Ulfa, M., Haikal, M., Antika, L. T., & Khairunisa, K. (2023). Validitas dan Efektivitas Modul Ekosistem Berbasis Problem-Based Learning untuk Meningkatkan Hasil Belajar dan Minat Baca Siswa SMA. *Multi Discere Journal*, 2(1), 1-17. <https://doi.org/10.36312/mj.v2i1.2717>

## PENDAHULUAN

Pendidikan lingkungan hidup memainkan peran penting dalam membentuk kesadaran ekologi dan literasi lingkungan siswa, terutama dalam pembelajaran konsep ekosistem yang kompleks di tingkat sekolah menengah. Namun, praktik pembelajaran Biologi pada jenjang ini masih menghadapi sejumlah tantangan fundamental, mulai dari keterbatasan fasilitas hingga metode pengajaran yang belum optimal. Temuan dari wawancara dengan guru Biologi di MA Sirojut Tholibin Pamekasan pada Oktober 2023 mengungkap berbagai kendala yang signifikan: keterbatasan media pembelajaran, minimnya variasi pendekatan instruksional, rendahnya partisipasi aktif siswa dalam kegiatan kelas, serta kurangnya sumber belajar mandiri. Kondisi ini diperparah oleh fakta bahwa siswa hanya memiliki akses ke Lembar Kerja Siswa (LKS) dengan cakupan materi yang terbatas, sementara buku paket pelajaran Biologi hanya tersedia untuk guru. Keadaan tersebut menciptakan kesenjangan antara tuntutan kurikulum yang menekankan keterampilan abad ke-21 dan realitas pembelajaran yang belum mendukung keterlibatan aktif serta pengembangan keterampilan berpikir kritis siswa.

Dalam konteks ini, pendekatan Problem-Based Learning (PBL) menjadi solusi yang relevan dan adaptif. PBL telah terbukti meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran melalui pemecahan masalah nyata yang mencerminkan isu-isu lingkungan. PBL tidak hanya mendukung pencapaian tujuan kognitif, tetapi juga afektif dan psikomotorik, dengan mendorong siswa berpikir reflektif, bekerja secara kolaboratif, dan menerapkan konsep ilmiah dalam situasi kontekstual (Widowati et al., 2021; Ural & Dadli, 2020). Pembelajaran berbasis masalah memberikan kesempatan bagi siswa untuk membangun pengetahuan mereka secara aktif dan konstruktif, yang pada akhirnya meningkatkan pemahaman yang lebih dalam terhadap konsep-konsep ekologi.

Selain itu, integrasi PBL dalam pendidikan sains lingkungan memberikan kontribusi terhadap peningkatan literasi lingkungan. Misalnya, Nurhaedah et al. (2022) menunjukkan bahwa siswa yang belajar melalui pendekatan PBL menunjukkan peningkatan signifikan dalam pengetahuan lingkungan dan sikap terhadap pelestarian ekosistem. Penekanan pada pemecahan masalah berbasis konteks lokal dalam PBL membantu siswa memahami relevansi materi yang dipelajari dengan kehidupan sehari-hari, sekaligus memperkuat keterampilan berpikir kritis dan tanggung jawab sosial mereka terhadap isu lingkungan.

Penerapan PBL dalam kerangka pendidikan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) juga memperkuat efektivitasnya. Widowati et al. menegaskan bahwa PBL efektif dalam menghubungkan prinsip-prinsip STEM dengan fenomena lingkungan secara holistik. Melalui pendekatan ini, siswa tidak hanya belajar menganalisis dan memecahkan masalah, tetapi juga memperoleh keterampilan integratif dalam menyusun solusi lintas bidang (Anggereini et al., 2023; Yalyn et al., 2022). Mashfufah et al. (2020) menekankan bahwa pembelajaran berbasis aktivitas, salah satunya melalui PBL, membantu siswa memahami keterkaitan antara komponen-komponen dalam ekosistem secara lebih jelas dan aplikatif.

Namun demikian, motivasi siswa terhadap isu lingkungan cenderung menurun seiring dengan meningkatnya jenjang pendidikan (Schönfelder & Bogner, 2020). Hal ini menandakan perlunya strategi pedagogis yang inovatif dan berkelanjutan untuk mempertahankan keterlibatan siswa. Kuanbayeva (2024) menunjukkan bahwa integrasi teknologi ke dalam pembelajaran PBL mampu meningkatkan interaktivitas dan efektivitas pembelajaran, terutama melalui platform kolaboratif dan simulasi digital. Di sisi lain, Gopal (2024) menegaskan pentingnya pendekatan interdisipliner dalam pembelajaran ekologi agar siswa mampu memahami kompleksitas masalah lingkungan dari berbagai perspektif keilmuan.

Dalam praktiknya, pembelajaran ekosistem di SMA, khususnya di sekolah berbasis pesantren, masih dibatasi oleh pendekatan tradisional dan keterbatasan fasilitas. Wawancara di MA Sirojut Tholibin menunjukkan bahwa metode ceramah

yang dominan telah menimbulkan sejumlah permasalahan: minimnya minat baca siswa, kurangnya partisipasi aktif, serta kesulitan dalam memahami keterkaitan antarkonsep dalam ekosistem. Kondisi laboratorium yang tidak representatif dan tidak tersedianya perpustakaan menambah kompleksitas persoalan. Sumber belajar utama hanya berupa LKS yang kurang mampu mengakomodasi kebutuhan kognitif siswa untuk memahami dinamika ekosistem. Akibatnya, kesenjangan antara tujuan pembelajaran yang diharapkan dan kemampuan aktual siswa dalam memahami konsep ekologi menjadi semakin lebar.

Permasalahan serupa tidak hanya terjadi di lingkungan lokal. Studi global juga menyoroiti rendahnya literasi ekologi siswa yang sebagian besar disebabkan oleh pendekatan pengajaran yang lebih menekankan pada penyampaian konten daripada pengalaman belajar bermakna (Lewinsohn et al., 2014). Hansen & Pauleit (2014) menunjukkan bahwa pendekatan pedagogis konvensional cenderung gagal mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kemampuan aplikatif siswa dalam konteks lingkungan. Hal ini berdampak pada terbatasnya kemampuan siswa dalam menerapkan pengetahuan ekologi untuk memahami dan menyelesaikan permasalahan lingkungan yang kompleks dan dinamis.

Sebagai tanggapan terhadap kondisi tersebut, berbagai penelitian telah merekomendasikan penggunaan PBL sebagai strategi pembelajaran yang mampu menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik. Gal & Gan (2020) menyatakan bahwa PBL memungkinkan siswa untuk terlibat aktif dalam menyelesaikan masalah dunia nyata, yang pada gilirannya memperkuat pemahaman konseptual dan keterampilan berpikir kritis. Dalam konteks pendidikan keberlanjutan, pendekatan ini dinilai mampu meningkatkan kesadaran siswa terhadap isu-isu ekologi serta memperkuat peran mereka sebagai warga negara yang peduli lingkungan. Pendekatan ini juga memungkinkan integrasi perspektif interdisipliner, di mana prinsip-prinsip ekologi dihubungkan dengan ilmu sosial untuk membentuk pemahaman holistik terhadap interaksi antara manusia dan lingkungan (Fabinyi et al., 2014).

Lebih lanjut, keunggulan PBL dalam mengembangkan keterampilan kolaboratif, komunikasi ilmiah, dan analisis data telah dibuktikan oleh banyak studi. Xu et al. (2015) mencatat bahwa siswa yang terlibat dalam skenario pembelajaran berbasis masalah menunjukkan peningkatan signifikan dalam hasil belajar dan kemampuan reflektif mereka. Keterkaitan langsung antara materi ajar dan kehidupan nyata juga meningkatkan motivasi siswa untuk belajar sains serta mendorong mereka untuk bertanggung jawab terhadap pelestarian lingkungan (Lewinsohn et al., 2014).

Dalam upaya mengatasi keterbatasan yang dihadapi oleh sekolah-sekolah berbasis pesantren, seperti MA Sirojut Tholibin, penelitian ini mengembangkan sebuah modul pembelajaran ekosistem berbasis PBL yang disesuaikan dengan kebutuhan kontekstual. Modul ini dirancang untuk menjawab tantangan pembelajaran yang dihadapi oleh siswa SMA dalam memahami konsep ekosistem melalui aktivitas pembelajaran aktif yang relevan dengan kehidupan mereka. Dengan menekankan pada penyelesaian masalah nyata dan integrasi kearifan lokal, modul ini diharapkan dapat memperkuat literasi lingkungan dan meningkatkan minat baca siswa terhadap materi Biologi.

Penelitian oleh Sukri (2023) menggarisbawahi bahwa modul yang mengintegrasikan konteks budaya lokal mampu meningkatkan keterlibatan siswa dan memperdalam pemahaman mereka terhadap isu lingkungan. Liu et al. (2019) juga menunjukkan bahwa bahan ajar yang dirancang untuk mencerminkan isu-isu lokal tidak hanya meningkatkan literasi lingkungan tetapi juga menumbuhkan rasa tanggung jawab sosial siswa. Haywood et al. (2016) mendukung pendekatan ini melalui konsep *place-based education*, yang sering kali melibatkan siswa dalam kegiatan sains warga dan konservasi lingkungan setempat. Pendekatan ini terbukti efektif dalam memotivasi siswa untuk berpartisipasi secara aktif dalam upaya pelestarian dan pengelolaan lingkungan.

Tidak hanya terbatas pada konsep ekosistem, PBL juga telah digunakan untuk mengajarkan konsep biologis lainnya yang bersifat kompleks. Robelia et al. (2010) melaporkan bahwa integrasi isu lingkungan ke dalam pendidikan kimia melalui pendekatan PBL meningkatkan pemahaman dan daya retensi siswa terhadap prinsip ilmiah. Siswa yang mengeksplorasi dampak pencemaran lingkungan melalui kegiatan berbasis penyelidikan menunjukkan kemampuan lebih baik dalam mengaitkan teori dengan praktik. Demikian pula, Almulla et al. (2020) menunjukkan bahwa aktivitas berbasis PBL dapat digunakan untuk mengajarkan perilaku biologis yang kompleks, seperti dinamika perilaku sosial pada hewan, melalui pengalaman belajar langsung yang mendorong pemikiran kritis dan analisis data ilmiah.

Modul yang dikembangkan dalam penelitian ini disusun berdasarkan prinsip-prinsip PBL yang mengedepankan eksplorasi, kolaborasi, dan penyelidikan ilmiah. Modul ini tidak hanya menawarkan bahan ajar yang kontekstual, tetapi juga berfungsi sebagai media untuk membangun kemampuan literasi lingkungan, keterampilan berpikir kritis, serta memperkuat pemahaman siswa terhadap dinamika ekosistem. Dengan mengangkat isu-isu lingkungan lokal yang nyata, siswa diajak untuk melihat relevansi langsung antara apa yang mereka pelajari dan kondisi di sekitar mereka. Ini diharapkan dapat meningkatkan motivasi intrinsik siswa serta membangun komitmen terhadap pelestarian lingkungan.

Pengembangan dan validasi modul PBL telah menjadi fokus berbagai penelitian karena efektivitasnya dalam meningkatkan kualitas pembelajaran. Wang et al. (2016) menekankan pentingnya penilaian formatif dan sumatif dalam menilai kualitas bahan ajar PBL. Proses evaluasi yang terstruktur dan berbasis pada kriteria ilmiah diperlukan untuk memastikan bahwa materi yang dikembangkan benar-benar relevan, akurat, dan mampu mendorong pencapaian tujuan pembelajaran. Gustin et al. (2018) menambahkan bahwa alat penilaian yang komprehensif, seperti analisis jalur (path analysis), dapat digunakan untuk mengevaluasi keterkaitan antara desain instruksional dan hasil belajar siswa secara lebih mendalam.

Namun demikian, penerapan modul berbasis PBL di tingkat menengah masih menghadapi sejumlah tantangan. Judijanto (2021) mengidentifikasi bahwa keterbatasan pelatihan guru, kurangnya sumber daya, serta resistensi terhadap inovasi pedagogis menjadi penghambat utama dalam implementasi PBL. Penelitian oleh Chikati (2018) juga menekankan perlunya reformasi kurikulum yang lebih mendukung pendekatan interdisipliner dan pembelajaran berbasis proyek untuk mengatasi degradasi lingkungan melalui pendidikan.

Sementara itu, terdapat pula kesenjangan dalam validasi modul-modul berbasis PBL yang telah dikembangkan sebelumnya. Wang et al. (2016) dan Gustin et al. (2018) mencatat bahwa sebagian besar evaluasi modul PBL hanya berfokus pada hasil belajar tanpa memperhatikan keterlibatan siswa, konteks lokal, atau motivasi belajar. Haywood et al. (2016) menyarankan bahwa pengembangan modul seharusnya mempertimbangkan konteks sosial dan geografis siswa agar relevansi pembelajaran dapat ditingkatkan. Namun, pendekatan ini masih jarang diintegrasikan secara sistematis dalam pengembangan modul PBL yang ada saat ini.

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji validitas serta efektivitas modul pembelajaran ekosistem berbasis PBL yang kontekstual dan aplikatif. Modul ini dirancang untuk mengisi kekosongan bahan ajar mandiri di sekolah berbasis pesantren dengan keterbatasan fasilitas. Diharapkan bahwa melalui modul ini, siswa tidak hanya memahami konsep ekosistem secara mendalam, tetapi juga mampu mengembangkan keterampilan berpikir kritis, meningkatkan minat baca, serta memperkuat literasi lingkungan. Penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi praktis dalam bentuk produk pendidikan yang inovatif, tetapi juga menawarkan kerangka konseptual dan metodologis untuk pengembangan modul serupa di bidang studi lainnya.

## METODE

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D), sesuai dengan definisi Sugiyono (2019), yaitu metode penelitian yang bertujuan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji efektivitas produk tersebut. Dalam hal ini, produk yang dikembangkan adalah modul pembelajaran ekosistem berbasis Problem-Based Learning (PBL). Proses pengembangan modul mengikuti model ADDIE (Analyze, Design, Development, Implementation, Evaluation). Namun, penelitian ini dibatasi hingga tahap Analisis, Perancangan, dan Pengembangan modul.

### Proses Pengembangan Modul Berdasarkan Model ADDIE

#### *Tahap Analisis (Analyze)*

Tahapan ini melibatkan analisis kebutuhan pembelajaran dengan mengidentifikasi kesenjangan dalam materi ekosistem yang diajarkan di kelas. Kebutuhan siswa dan guru dianalisis melalui wawancara, observasi, serta telaah kurikulum untuk menentukan aspek-aspek yang perlu diperbaiki dalam modul. **Oktaviah (2023)** menekankan pentingnya analisis kebutuhan untuk memastikan relevansi materi pembelajaran terhadap tantangan yang dihadapi siswa.

#### *Tahap Perancangan (Design)*

Modul dirancang berdasarkan hasil analisis dengan menyesuaikan isi dan aktivitas pembelajaran sesuai pendekatan PBL. Desain modul mencakup penyusunan tujuan pembelajaran, struktur materi, dan pengembangan aktivitas berbasis masalah. Aktivitas ini dirancang agar sesuai dengan prinsip konstruktivisme, seperti yang diuraikan oleh Staab (2020), yang menekankan pentingnya keterlibatan siswa dalam menyelesaikan masalah nyata untuk membangun pemahaman.

#### *Tahap Pengembangan (Development)*

Pada tahap ini, prototipe modul dikembangkan dan divalidasi oleh dua validator: ahli materi dan ahli media. Validasi ini mencakup evaluasi isi materi, relevansi dengan kurikulum, serta desain visual modul. Setelah revisi berdasarkan masukan validator, modul diuji coba pada kelompok siswa kelas X IPA putri di Sirojut Tholibin (24 siswa) dan guru mata pelajaran Biologi untuk mendapatkan umpan balik.

### Subjek Penelitian

Subjek dalam penelitian ini mencakup tiga kelompok utama yang berperan penting dalam proses pengembangan dan evaluasi modul ekosistem berbasis Problem-Based Learning (PBL). Kelompok pertama terdiri dari dua validator, masing-masing seorang ahli materi dan seorang ahli media. Keduanya memiliki latar belakang akademik dan pengalaman profesional di bidang kependidikan, serta bertugas mengevaluasi kelayakan modul berdasarkan aspek isi, pedagogi, dan desain visual. Validasi dilakukan untuk menjamin bahwa modul telah sesuai dengan kurikulum, prinsip PBL, serta dapat digunakan secara efektif dalam konteks pembelajaran Biologi.

Kelompok kedua adalah peserta uji coba modul, yaitu 24 siswa kelas X IPA putri di MA Sirojut Tholibin Pamekasan. Siswa dipilih sebagai representasi pengguna akhir yang relevan dengan target populasi modul. Partisipasi mereka dalam uji coba memberikan data empiris mengenai respon pengguna terhadap isi, penyajian, dan efektivitas modul dalam meningkatkan minat baca serta pemahaman terhadap konsep ekosistem. Melalui pretest dan posttest serta angket respon, diperoleh informasi kuantitatif dan kualitatif mengenai dampak penggunaan modul dalam situasi pembelajaran nyata.

Kelompok ketiga adalah guru Biologi di sekolah yang sama, yang berperan sebagai pengguna sekaligus evaluator praktikal modul. Guru memberikan umpan balik terkait kejelasan instruksi, relevansi materi, kemudahan implementasi di kelas, dan tingkat keterlibatan siswa selama pembelajaran berlangsung. Dengan memahami perspektif guru sebagai fasilitator utama dalam pelaksanaan modul, diperoleh

informasi tambahan mengenai kesiapan modul untuk digunakan dalam skala lebih luas dan berbagai konteks pendidikan.

Keterlibatan ketiga kelompok ini memberikan cakupan evaluasi yang komprehensif terhadap pengembangan, validasi, dan penerapan modul, sekaligus mendukung proses triangulasi data dalam menjamin validitas dan reliabilitas temuan penelitian.

### **Teknik Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa instrumen yang dirancang untuk menjangkau informasi dari berbagai sudut pandang, guna memperoleh gambaran yang menyeluruh tentang validitas dan efektivitas modul ekosistem berbasis Problem-Based Learning (PBL). Teknik yang digunakan disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing tahap dalam proses pengembangan dan evaluasi modul.

Untuk menilai kelayakan modul secara teoritis dan visual, digunakan angket validasi yang diisi oleh para ahli dan guru. Instrumen ini dikembangkan dengan mengacu pada indikator validitas isi, keterpaduan materi dengan kurikulum, kesesuaian dengan pendekatan PBL, serta aspek desain media. Angket disusun dalam skala penilaian kuantitatif dengan ruang untuk masukan kualitatif, sehingga tidak hanya memberikan data numerik tetapi juga saran perbaikan yang konstruktif. Data dari angket ini menjadi dasar untuk menentukan tingkat kelayakan modul dan mengarahkan perbaikan pada versi final.

Selain itu, untuk mengetahui persepsi dan penerimaan pengguna akhir, digunakan angket respon siswa. Instrumen ini mengukur tanggapan siswa terhadap berbagai aspek modul, seperti kejelasan isi, daya tarik tampilan, kesesuaian aktivitas pembelajaran, dan kemudahan penggunaan. Angket ini berfungsi mengidentifikasi sejauh mana modul diterima oleh siswa sebagai media pembelajaran yang mendukung pemahaman konsep dan meningkatkan minat belajar mereka.

Selanjutnya, efektivitas modul dalam meningkatkan minat baca siswa dievaluasi melalui desain pretest-posttest. Pengukuran dilakukan sebelum dan sesudah intervensi pembelajaran dengan modul, menggunakan angket minat baca yang disusun dalam skala Likert dan telah divalidasi dalam penelitian terdahulu. Hasil pengukuran dianalisis untuk melihat adanya perubahan signifikan dalam skor minat baca, sehingga dapat disimpulkan pengaruh modul terhadap motivasi belajar siswa secara kuantitatif. Pendekatan ini memberikan informasi empiris yang penting dalam menilai dampak langsung penggunaan modul terhadap capaian afektif siswa.

### **Analisis Data**

#### ***Analisis Validasi Modul***

Analisis terhadap kelayakan modul dilakukan dengan menggunakan pendekatan kuantitatif berupa perhitungan persentase berdasarkan hasil penilaian dari ahli materi, ahli media, dan guru. Rumus yang digunakan dalam perhitungan persentase kelayakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Totalskorresponden}}{\text{Totalskormaksimal}} \times 100\%$$

Persentase hasil validasi dibandingkan dengan kriteria kelayakan yang disajikan dalam Tabel 1. Tabel ini dikembangkan berdasarkan klasifikasi dari Akbar (2013), dan digunakan untuk menentukan apakah modul tergolong layak, cukup layak, kurang layak, atau tidak layak digunakan dalam pembelajaran.

**Tabel 1.** Kriteria Kelayakan Modul (Akbar, 2013)

<b>Persentase (%)</b>	<b>Validitas</b>
85,01 – 100	Layak, atau dapat digunakan tanpa revisi
70,01 – 85	Cukup layak, atau dapat digunakan namun perlu revisi kecil

Persentase (%)	Validitas
50,01 – 70	Kurang layak, disarankan tidak dipergunakan karena perlu revisi besar
01,00 – 50	Tidak layak, atau tidak boleh dipergunakan

#### *Analisis Respon Siswa*

Respon siswa terhadap penggunaan modul dianalisis menggunakan teknik persentase dari skor total yang diperoleh pada angket respon. Nilai persentase yang diperoleh kemudian diklasifikasikan berdasarkan kriteria interpretatif sebagaimana disajikan dalam Tabel 2. Klasifikasi ini diadaptasi dari Amelia (2021) dan digunakan untuk menentukan tingkat penerimaan siswa terhadap modul, mulai dari kategori "Sangat Baik" hingga "Sangat Kurang".

**Tabel 2.** Kriteria Respon Siswa (Amelia, 2021)

Persentase (%)	Kategori
80 – 100	Sangat baik
66 – 79	Baik
56 – 65	Cukup
46 – 55	Kurang
0 – 45	Sangat kurang

Analisis ini memberikan gambaran seberapa besar modul diterima oleh siswa sebagai bahan ajar yang menarik dan mudah dipahami, serta mendukung proses pembelajaran aktif.

#### *Analisis Efektivitas Modul*

Efektivitas modul dalam meningkatkan minat baca siswa dianalisis menggunakan desain eksperimen semu One Group Pretest-Posttest Design. Skor minat baca siswa sebelum dan sesudah perlakuan dibandingkan menggunakan uji statistik parametrik atau non-parametrik, bergantung pada hasil uji normalitas data.

- Jika data berdistribusi normal, digunakan **uji t-berpasangan**.
- Jika data tidak berdistribusi normal, digunakan **uji Wilcoxon Signed Rank**.

Untuk melengkapi interpretasi efektivitas, perhitungan ukuran efek dilakukan menggunakan rumus Cohen's d. Interpretasi nilai Cohen's d adalah sebagai berikut:

- $d > 0.8$  : Efek besar
- $0.5 < d \leq 0.8$  : Efek sedang
- $0.2 < d \leq 0.5$  : Efek kecil

Ukuran efek ini memberikan indikasi kekuatan intervensi modul dalam mempengaruhi minat baca siswa secara nyata.

#### *Analisis Minat Baca*

Data minat baca siswa diperoleh melalui angket dengan skala Likert dan dianalisis untuk menentukan tingkat minat berdasarkan skor rata-rata. Interpretasi skor dilakukan dengan merujuk pada kriteria yang disajikan dalam Tabel 3, yang dikembangkan oleh Maharani et al. (2017).

**Tabel 3.** Kriteria Minat Baca (Maharani et al., 2017)

Skor Rata-rata	Kategori
3,6 – 4,0	Sangat berminat
2,6 – 3,5	Berminat
1,6 – 2,5	Kurang berminat
1,0 – 1,5	Tidak berminat

Dengan pendekatan ini, diperoleh data yang tidak hanya menunjukkan perubahan skor minat baca, tetapi juga kategori perubahan minat secara lebih

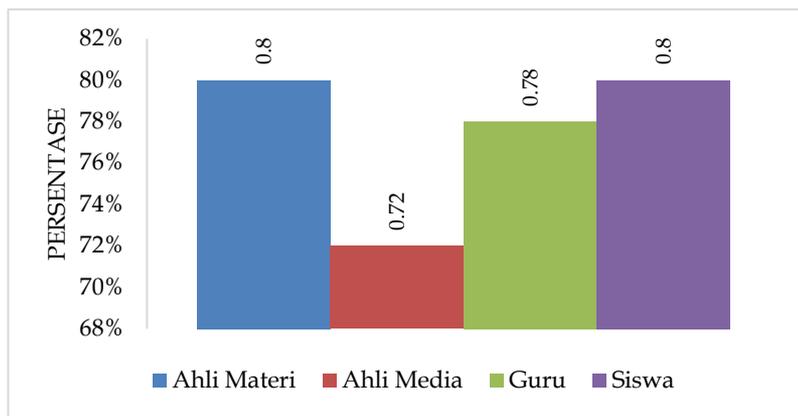
bermakna. Hal ini memungkinkan peneliti menilai keberhasilan modul secara lebih objektif dan kontekstual.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Validitas Modul Ajar

Hasil validasi modul ekosistem berbasis Problem-Based Learning (PBL) yang dilakukan terhadap tiga kelompok responden—ahli materi, ahli media, dan guru Biologi—menunjukkan tingkat kelayakan yang baik. Berdasarkan Gambar 1, ahli materi memberikan nilai sebesar 80% dengan kriteria "Layak," ahli media memberikan nilai 72% dengan kriteria "Layak," dan guru Biologi memberikan nilai 78% dengan kriteria "Layak." Hasil ini menunjukkan bahwa modul telah memenuhi standar kelayakan untuk digunakan dalam pembelajaran.

Proses validasi dilakukan dalam dua tahap, yaitu validasi awal dan validasi setelah revisi. Pada tahap validasi awal, validator memberikan saran perbaikan untuk meningkatkan kualitas modul, baik dari segi penyajian materi, kejelasan isi, maupun desain media. Revisi dilakukan berdasarkan umpan balik dari validator untuk menyempurnakan modul, sehingga hasil validasi akhir menunjukkan peningkatan kelayakan pada setiap aspek yang dinilai.



**Gambar 1.** Hasil Validasi Produk Modul Biologi

Hasil validasi ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyoroti pentingnya umpan balik ahli dalam pengembangan modul berbasis PBL. Penelitian oleh Oktaria et al. (2023) menunjukkan bahwa proses validasi yang melibatkan ahli materi dan media berkontribusi signifikan terhadap penyempurnaan produk pendidikan. Dalam konteks ini, skor validasi ahli materi sebesar 80% mencerminkan kesesuaian modul dengan kurikulum dan relevansi isi pembelajaran, sebagaimana ditemukan dalam penelitian mereka.

Selain itu, skor validasi ahli media sebesar 72% mencerminkan kebutuhan untuk meningkatkan aspek visual dan media pendukung. Hal ini konsisten dengan temuan Anggraini (2023), yang menunjukkan bahwa validasi media berperan penting dalam memastikan keberhasilan modul dalam menarik perhatian siswa dan mendukung proses pembelajaran.

Penelitian Rahayu et al. (2023) juga menyoroti pentingnya menggunakan alat validasi terstruktur untuk menilai efektivitas modul berbasis PBL dalam mendorong keterampilan berpikir kritis siswa. Dalam konteks ini, nilai validasi guru sebesar 78% menunjukkan bahwa modul ekosistem berbasis PBL ini berhasil memenuhi ekspektasi pengguna akhir, yaitu guru, dalam meningkatkan relevansi pembelajaran dan keterlibatan siswa di kelas.

Hasil validasi modul ini memiliki implikasi ilmiah dan praktis yang signifikan. Dari sudut pandang ilmiah, skor validasi ahli materi sebesar 80% mendukung bahwa

konten modul telah sesuai dengan kurikulum dan relevan untuk meningkatkan literasi lingkungan siswa. Temuan ini konsisten dengan studi Widowati et al. (2021), yang menekankan bahwa modul berbasis PBL yang relevan dengan isu lokal efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa.

Secara praktis, nilai validasi guru sebesar 78% menunjukkan bahwa modul ini dapat diimplementasikan di kelas, meskipun ada peluang untuk meningkatkan aspek media pembelajaran sebagaimana terlihat dari skor validasi ahli media sebesar 72%. Hal ini mengindikasikan perlunya penyesuaian lebih lanjut pada desain visual dan elemen interaktif untuk meningkatkan daya tarik modul bagi siswa, seperti yang disarankan oleh Zulkarnain (2023).

Gambar 1 juga menggarisbawahi bahwa proses validasi yang terstruktur, yang mencakup evaluasi dari berbagai pihak, sangat penting untuk menghasilkan modul yang memenuhi kebutuhan pembelajaran di berbagai konteks. Dengan demikian, modul ekosistem berbasis PBL ini tidak hanya relevan untuk meningkatkan hasil belajar tetapi juga memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan bahan ajar yang berbasis pada pendekatan ilmiah.

#### Keefektifan Modul

Hasil uji efektivitas modul ekosistem berbasis Problem-Based Learning (PBL) menunjukkan bahwa modul ini efektif dalam meningkatkan minat baca siswa. Respon siswa terhadap modul mencapai skor rata-rata 80%, yang termasuk dalam kategori "Layak." Hal ini menunjukkan bahwa modul yang dikembangkan memenuhi kebutuhan siswa dan dapat digunakan sebagai bahan ajar Biologi di kelas X SMA/MA.

Efektivitas modul juga diuji melalui desain pra-eksperimen menggunakan uji pretest-posttest. Tabel 4 menunjukkan bahwa rerata skor minat baca awal siswa adalah  $M = 38,9$  dengan  $SD = 4,84$ , sementara rerata skor minat baca akhir meningkat menjadi  $M = 73,1$  dengan  $SD = 11,25$ . Hasil uji beda rerata pada Tabel 5 menunjukkan perbedaan yang signifikan antara skor pretest dan posttest ( $t(23) = -14,2$ ,  $p < 0,001$ ), dengan efek ukuran yang besar (Cohen's  $d = 2,89$ ). Perbedaan signifikan ini mengindikasikan bahwa pemberian modul memiliki dampak positif terhadap minat baca siswa.

**Tabel 4. Rerata Skor Minat Baca Awal Dan Akhir**

	N	Mean	Median	SD	SE
pretest	24	38.9	38.0	4.84	0.988
posttest	24	73.1	75.0	11.25	2.295

Hasil penelitian ini konsisten dengan berbagai temuan sebelumnya mengenai efektivitas modul berbasis PBL. Penelitian oleh Nursa'Ban et al. (2019) menunjukkan bahwa implementasi modul berbasis PBL secara signifikan meningkatkan hasil belajar siswa, khususnya dalam memahami konsep ekologi. Demikian pula, Dwikoranto (2023) menemukan bahwa modul PBL efektif dalam mengembangkan keterampilan pemecahan masalah siswa, yang penting untuk mengatasi tantangan lingkungan nyata.

Hasil pretest-posttest pada penelitian ini sejalan dengan temuan Sueb & Damayanti (2021), yang melaporkan bahwa siswa yang belajar dengan modul PBL menunjukkan peningkatan sikap terhadap lingkungan dan keterampilan berpikir tingkat tinggi dibandingkan siswa yang mengikuti metode pembelajaran tradisional. Selain itu, Qiu et al. (2017) menunjukkan bahwa modul PBL meningkatkan kepuasan belajar siswa dan kemampuan mereka dalam mengaplikasikan pengetahuan.

Dari perspektif keterlibatan siswa, penelitian ini juga mendukung temuan Wondie et al. (2020), yang menyatakan bahwa modul PBL mendorong motivasi dan kolaborasi siswa yang lebih tinggi dibandingkan metode pengajaran tradisional. Modul ini memberikan peluang bagi siswa untuk mengambil alih pembelajaran

mereka sendiri, sebagaimana juga diungkapkan oleh Jiménez-Saiz & Rosace (2019) dalam studi mereka tentang pendekatan hybrid-PBL.

**Tabel 5. Hasil Uji Beda Rerata Skor Minat Baca Awal dan Akhir**

			statistic	df	p		Effect Size
pretest	posttest	Student's t	-14.2	23.0	< .001	Cohen's d	-2.89

Note.  $H_a \mu$  Measure 1 - Measure 2  $\neq$  0

Temuan ini memiliki implikasi ilmiah dan praktis yang signifikan terhadap pengembangan bahan ajar berbasis PBL. Secara ilmiah, hasil ini memperkuat bukti bahwa PBL tidak hanya efektif dalam meningkatkan pengetahuan tetapi juga dalam mendorong keterlibatan aktif siswa dan mengembangkan keterampilan berpikir kritis. Dengan Cohen's  $d = 2,89$  yang menunjukkan efek ukuran yang besar, penelitian ini menegaskan efektivitas modul PBL dalam konteks pembelajaran Biologi di SMA/MA, sejalan dengan meta-analisis Ma & Lu (2019) yang menggarisbawahi dampak positif PBL pada pengembangan keterampilan kritis.

Secara praktis, peningkatan rerata skor minat baca dari  $M = 38,9$  menjadi  $M = 73,1$  menunjukkan bahwa modul ini dapat secara langsung digunakan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran Biologi, khususnya materi ekosistem. Modul ini juga dapat menjadi solusi yang relevan untuk tantangan pembelajaran di lingkungan dengan keterbatasan sumber daya. Hal ini mencerminkan fleksibilitas dan daya adaptasi modul berbasis PBL, sebagaimana ditemukan oleh Funa & Prudente (2021) dalam penelitian mereka tentang implementasi PBL dalam pendidikan lingkungan.

Dengan menggabungkan metode PBL dan pendekatan berbasis kontekstual, modul ini memberikan kerangka kerja yang dapat diadopsi untuk pengembangan bahan ajar serupa di bidang pendidikan lainnya. Implikasi praktis lainnya adalah pentingnya pelatihan guru untuk memastikan implementasi modul berjalan dengan efektif, seperti yang disarankan oleh Dwikoranto (2023) dan Sueb & Damayanti (2021), agar dampak positif modul dapat dirasakan secara luas di berbagai lingkungan pembelajaran.

#### **Potensi Pengembangan berpikir kritis**

Pengembangan keterampilan berpikir kritis merupakan salah satu tujuan utama dalam implementasi modul ekosistem berbasis Problem-Based Learning (PBL). Berdasarkan analisis aktivitas siswa selama penggunaan modul, terlihat bahwa siswa secara aktif terlibat dalam kegiatan identifikasi masalah, brainstorming, diskusi kelompok, dan penyusunan solusi. Aktivitas ini mencerminkan elemen-elemen kunci pengembangan keterampilan berpikir kritis, sebagaimana diungkapkan oleh Wardani (2023) bahwa PBL membantu siswa mengaitkan tujuan pembelajaran dengan pengembangan keterampilan analitis melalui aktivitas terstruktur.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa siswa yang menggunakan modul berbasis PBL lebih banyak menunjukkan keterampilan seperti analisis, evaluasi, dan argumentasi dalam diskusi kelompok. Hal ini juga terlihat dari tanggapan guru yang mengamati peningkatan kualitas interaksi siswa dalam pembelajaran, seperti kemampuan menyusun argumen berdasarkan data yang relevan. Modul ini juga memberikan pengalaman belajar berbasis masalah dunia nyata yang mendorong siswa untuk berpikir lebih mendalam dalam memahami konsep-konsep ekosistem.

Hasil penelitian ini konsisten dengan temuan sebelumnya yang menekankan efektivitas PBL dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa. Penelitian oleh Hidayati et al. (2022) menunjukkan bahwa PBL mendorong siswa untuk terlibat aktif dalam diskusi dan brainstorming, yang merupakan langkah penting dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis. Hasil serupa dilaporkan oleh Fadilah (2024), yang menemukan bahwa siswa yang mempelajari materi perubahan

lingkungan melalui PBL menunjukkan kemampuan berpikir kritis yang lebih baik karena mereka dilibatkan dalam pemecahan masalah yang kompleks.

Peningkatan keterampilan berpikir kritis melalui PBL juga didukung oleh evaluasi terstruktur, seperti yang diuraikan oleh Kardoyo et al. (2020). Penelitian mereka menekankan pentingnya menggunakan alat penilaian yang komprehensif untuk mengukur pengaruh PBL terhadap kemampuan berpikir kritis dan kreatif siswa. Dalam konteks penelitian ini, kehadiran aktivitas berbasis masalah dalam modul ekosistem memberikan kerangka pembelajaran yang selaras dengan prinsip-prinsip evaluasi yang diuraikan oleh Kardoyo et al.

Selain itu, studi oleh Amin et al. (2020) menunjukkan bahwa PBL tidak hanya memengaruhi keterampilan kognitif siswa tetapi juga memberikan dampak positif pada sikap mereka terhadap isu-isu lingkungan. Hal ini konsisten dengan temuan penelitian ini, di mana siswa menunjukkan peningkatan kesadaran terhadap pentingnya pelestarian ekosistem melalui diskusi berbasis konteks lokal.

Hasil penelitian ini memiliki implikasi signifikan baik secara ilmiah maupun praktis. Dari perspektif ilmiah, penelitian ini menegaskan bahwa PBL adalah pendekatan pedagogis yang efektif untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran Biologi, khususnya ekosistem. Penelitian ini mendukung temuan Razak et al. (2022) yang menyoroti bahwa PBL memberikan kerangka pembelajaran yang kuat untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis di berbagai konteks pendidikan.

Secara praktis, temuan ini menunjukkan bahwa modul berbasis PBL dapat diintegrasikan ke dalam kurikulum untuk mendorong pembelajaran aktif dan bermakna. Modul ini tidak hanya membantu siswa memahami materi ekosistem secara mendalam tetapi juga mempersiapkan mereka untuk menghadapi masalah kompleks di dunia nyata. Selain itu, pendekatan ini relevan untuk diterapkan di berbagai sekolah, termasuk yang memiliki keterbatasan sumber daya, dengan memberikan pengalaman belajar yang mendukung pengembangan keterampilan analitis siswa.

Penelitian ini juga menggarisbawahi pentingnya pelatihan guru untuk mengoptimalkan implementasi modul berbasis PBL. Guru perlu dibekali dengan keterampilan fasilitasi yang memungkinkan mereka mendukung proses diskusi dan pemecahan masalah siswa, sebagaimana diusulkan oleh Amin et al. (2020). Dengan demikian, modul ekosistem berbasis PBL ini tidak hanya menawarkan solusi inovatif untuk pembelajaran Biologi tetapi juga berkontribusi pada pengembangan praktik pendidikan yang lebih holistik dan relevan.

### **Implikasi Hasil Penelitian**

Penelitian ini menunjukkan bahwa modul ekosistem berbasis Problem-Based Learning (PBL) tidak hanya efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa, tetapi juga memiliki potensi untuk diadopsi dalam berbagai konteks pendidikan yang berbeda. Validasi modul yang melibatkan ahli dan guru, serta hasil pretest-posttest siswa, membuktikan bahwa modul ini dapat diterapkan dengan baik di lingkungan sekolah dengan keterbatasan fasilitas sekalipun. Hal ini menunjukkan fleksibilitas modul dalam menjawab kebutuhan pembelajaran di berbagai skenario, baik di sekolah perkotaan maupun pedesaan.

Selain itu, modul ini juga mendukung pengembangan kompetensi lintas disiplin, yang penting untuk mendukung tujuan kurikulum nasional maupun lokal. Penerapan modul ini dalam pembelajaran ekosistem telah meningkatkan literasi lingkungan siswa, keterampilan berpikir kritis, dan kemampuan mereka untuk menghubungkan teori dengan permasalahan nyata di masyarakat. Penemuan ini relevan dengan fleksibilitas PBL, sebagaimana diungkapkan oleh Tidball dan Krasny (2010), bahwa PBL dapat disesuaikan dengan kebutuhan komunitas dan lokalitas tertentu untuk mencapai hasil pembelajaran yang maksimal.

Hasil penelitian ini sejalan dengan berbagai studi yang menyoroti potensi PBL untuk diterapkan di berbagai lingkungan pendidikan. Sebagai contoh, Pires et al. (2022) menunjukkan bagaimana modul berbasis keberlanjutan (EUSTEPs) dapat berhasil diintegrasikan ke dalam kurikulum yang berbeda, termasuk disiplin ilmu lingkungan. Temuan ini mendukung hasil penelitian bahwa modul PBL dapat diadaptasi secara fleksibel untuk berbagai kebutuhan kurikulum, asalkan ada keselarasan antara isi modul dan standar pendidikan yang berlaku.

Lebih jauh lagi, penelitian Chen et al. (2020) menunjukkan bahwa penggunaan bahan ajar yang tervalidasi, seperti modul berbasis PBL, meningkatkan efektivitas pengajaran dan hasil belajar siswa. Hal ini relevan dengan validasi modul yang dilakukan dalam penelitian ini, di mana keterlibatan ahli dan guru menghasilkan modul yang tidak hanya memenuhi standar pedagogis tetapi juga mendukung keterlibatan siswa secara aktif. Selain itu, Campbell et al. (2021) menegaskan bahwa bahan ajar yang tervalidasi memberikan struktur pendidikan yang lebih kuat, yang pada gilirannya meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep ilmiah yang kompleks.

Temuan ini juga sejalan dengan penelitian Haywood et al. (2016), yang menunjukkan bahwa literasi lingkungan yang ditingkatkan melalui pendidikan ekosistem memiliki dampak yang lebih luas, termasuk peningkatan kesadaran sosial dan aksi lingkungan. Penelitian ini menggarisbawahi pentingnya PBL dalam membangun kesadaran kolektif dan tanggung jawab sosial di luar ruang kelas.

Penelitian ini memiliki implikasi ilmiah yang signifikan terhadap pengembangan modul berbasis PBL, terutama dalam pendidikan lingkungan. Secara ilmiah, penelitian ini menegaskan bahwa modul berbasis PBL dapat diterapkan secara luas, mendukung studi sebelumnya oleh Tidball dan Krasny (2010) yang menunjukkan adaptabilitas PBL dalam berbagai konteks lokal. Hal ini menunjukkan bahwa PBL bukan hanya pendekatan pedagogis yang efektif untuk pembelajaran individu, tetapi juga alat untuk membangun literasi lingkungan kolektif yang lebih baik.

Secara praktis, penelitian ini menawarkan panduan yang jelas untuk mengintegrasikan modul berbasis PBL ke dalam kurikulum. Temuan bahwa modul ini efektif dalam berbagai skenario pendidikan menunjukkan potensi skalabilitasnya ke sekolah-sekolah dengan sumber daya terbatas. Modul ini juga dapat digunakan sebagai contoh untuk pengembangan bahan ajar di bidang lain, seperti fisika dan kimia, yang membutuhkan pendekatan berbasis masalah dan relevansi konteks lokal.

Dampak modul ini juga mencakup peningkatan literasi lingkungan siswa yang berkontribusi pada tanggung jawab sosial dan keberlanjutan. Seperti yang disoroti oleh Lovren dan Jablanovic (2023), pedagogi transformasional seperti PBL memungkinkan siswa untuk mengembangkan kesadaran lingkungan yang lebih dalam dan mengambil tindakan nyata dalam masyarakat. Oleh karena itu, modul ini tidak hanya relevan untuk mendukung hasil belajar siswa tetapi juga penting untuk membangun kesadaran kolektif terhadap isu-isu lingkungan global.

Dengan hasil yang telah terbukti, modul ini memberikan dasar yang kuat untuk inisiatif pendidikan berbasis keberlanjutan di berbagai tingkat, menjadikannya alat yang relevan untuk membangun masa depan yang lebih baik melalui pendidikan yang inovatif dan aplikatif.

### **Keterbatasan Penelitian**

Penelitian ini menunjukkan efektivitas modul ekosistem berbasis Problem-Based Learning (PBL) dalam meningkatkan hasil belajar, minat baca, dan kemampuan berpikir kritis siswa. Namun, implementasi modul ini tidak lepas dari sejumlah keterbatasan yang perlu diperhatikan untuk pengembangan di masa depan. Salah satu keterbatasan utama adalah kebutuhan akan pelatihan yang memadai bagi guru untuk menerapkan metode PBL. Sebagaimana diungkapkan dalam penelitian, guru yang terbiasa dengan metode ceramah sering kali menghadapi tantangan dalam

mengadopsi strategi pembelajaran yang lebih interaktif seperti PBL. Selain itu, waktu yang diperlukan untuk menyusun dan mengelola pembelajaran berbasis PBL dapat menjadi kendala, terutama di sekolah dengan keterbatasan fasilitas dan sumber daya.

Pendekatan berbasis ADDIE yang digunakan dalam pengembangan modul juga memiliki keterbatasan. Model ADDIE memberikan struktur yang jelas, tetapi dapat menjadi terlalu kaku untuk memenuhi kebutuhan dinamis dalam konteks pembelajaran berbasis masalah. Seperti yang dilaporkan oleh Rahayu et al. (2023), fleksibilitas dalam pendekatan pengembangan sangat penting untuk mengakomodasi kebutuhan siswa dan tantangan praktis di lapangan.

Hasil penelitian ini mendukung literatur yang menyoroti tantangan dalam implementasi PBL. Haatainen dan Aksela (2021) menunjukkan bahwa guru sering kali membutuhkan pelatihan dan dukungan tambahan untuk mengubah pendekatan pengajaran tradisional mereka menjadi PBL. Kesulitan ini mencerminkan kebutuhan untuk memberikan pelatihan profesional yang lebih intensif kepada pendidik agar mereka dapat memahami prinsip-prinsip PBL dan bagaimana mengintegrasikannya ke dalam pembelajaran sehari-hari.

Selain itu, penelitian ini mengonfirmasi kendala yang terkait dengan penggunaan model ADDIE dalam pengembangan modul PBL. Seperti yang diungkapkan oleh Rahayu et al. (2023), struktur model ADDIE dapat membatasi fleksibilitas yang dibutuhkan untuk merespons kebutuhan siswa yang beragam. Studi ini menyoroti bahwa pendekatan yang lebih adaptif dan kolaboratif mungkin lebih cocok untuk konteks PBL yang dinamis.

Dari perspektif tren masa depan, temuan ini relevan dengan pandangan Nadir et al. (2022) dan Septiani et al. (2021), yang menekankan pentingnya integrasi teknologi dalam pengembangan modul pendidikan. Peningkatan penggunaan platform digital dan alat kolaboratif dapat membantu mengatasi tantangan implementasi PBL, khususnya di lingkungan pembelajaran jarak jauh atau hibrida. Penelitian ini juga mendukung gagasan bahwa modul berbasis PBL dapat diintegrasikan dengan pendekatan lintas disiplin untuk memberikan pengalaman belajar yang lebih holistik, sebagaimana diuraikan oleh Carrió et al. (2022).

Keterbatasan yang diidentifikasi dalam penelitian ini memberikan panduan penting untuk pengembangan modul PBL di masa depan. Secara ilmiah, penelitian ini menekankan perlunya adaptasi dalam pendekatan pengembangan modul untuk mengakomodasi kebutuhan siswa dan guru. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa fleksibilitas dalam desain modul dapat meningkatkan efektivitas implementasi, terutama dalam konteks pendidikan dengan sumber daya terbatas.

Secara praktis, penelitian ini menggarisbawahi pentingnya pelatihan profesional bagi guru untuk mengatasi hambatan dalam mengadopsi PBL. Pelatihan ini harus mencakup strategi penilaian berbasis PBL, pengelolaan waktu pembelajaran, dan penggunaan teknologi untuk mendukung pelaksanaan modul. Sebagaimana disarankan oleh Wang et al. (2016) dan Yang et al. (2021), kolaborasi antara pendidik, pengembang modul, dan ahli mata pelajaran dapat meningkatkan kualitas modul dan memfasilitasi penerapannya secara luas.

Lebih lanjut, pengembangan modul masa depan harus mempertimbangkan integrasi teknologi untuk meningkatkan skalabilitas. Platform digital dapat digunakan untuk menciptakan modul interaktif yang dapat diakses oleh siswa dengan latar belakang yang beragam, sebagaimana diuraikan oleh Rahmayani (2024). Modul semacam ini tidak hanya memperluas jangkauan PBL tetapi juga memastikan bahwa semua siswa mendapatkan manfaat dari pembelajaran yang inovatif dan relevan.

Dengan menyesuaikan pendekatan pengembangan modul PBL berdasarkan temuan penelitian ini, pendidik dapat lebih efektif dalam mendorong keterlibatan siswa, pengembangan keterampilan berpikir kritis, dan peningkatan hasil belajar secara menyeluruh.

## KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan modul pembelajaran ekosistem berbasis Problem-Based Learning (PBL) yang valid dan efektif untuk digunakan dalam pembelajaran Biologi kelas X SMA/MA. Berdasarkan hasil validasi, modul ini memenuhi kriteria "Layak" dengan skor dari ahli materi sebesar 80%, ahli media sebesar 72%, dan guru Biologi sebesar 78%. Respon siswa juga menunjukkan penerimaan yang positif, dengan rata-rata skor mencapai 80%, yang dikategorikan sebagai "Sangat Baik."

Pengujian efektivitas modul melalui desain **One Group Pretest-Posttest Design** menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam minat baca siswa. Hasil analisis data menunjukkan bahwa rerata skor minat baca siswa meningkat dari 38,9 (SD = 4,84) pada pretest menjadi 73,1 (SD = 11,25) pada posttest, dengan perbedaan yang signifikan secara statistik ( $t(23) = -14,2, p < 0,001$ ) dan efek ukuran besar (**Cohen's d = 2,89**). Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan modul berbasis PBL memiliki dampak positif terhadap minat baca siswa.

Dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa modul ekosistem berbasis PBL tidak hanya mampu meningkatkan pemahaman materi, tetapi juga berkontribusi pada pengembangan keterampilan berpikir kritis dan minat baca siswa. Modul ini juga fleksibel untuk diadaptasi ke berbagai konteks pendidikan, sehingga relevan untuk diterapkan di lingkungan sekolah dengan keterbatasan fasilitas.

Sebagai implikasi, penelitian ini menggarisbawahi pentingnya pengembangan modul berbasis PBL yang divalidasi secara komprehensif dan disertai pelatihan bagi guru untuk mendukung implementasi yang optimal. Di masa depan, pengembangan modul serupa dapat difokuskan pada integrasi teknologi dan pendekatan lintas disiplin untuk memperkaya pengalaman belajar siswa dan memperluas penerapannya di berbagai mata pelajaran.

## REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar modul ekosistem berbasis Problem-Based Learning (PBL) ini diterapkan oleh guru Biologi, khususnya dalam pembelajaran materi ekosistem. Modul ini telah terbukti valid dan efektif dalam meningkatkan minat baca, pemahaman materi, serta keterampilan berpikir kritis siswa. Untuk memastikan keberhasilan implementasinya, diperlukan pelatihan intensif bagi guru guna memperkuat pemahaman mereka tentang metode PBL, termasuk strategi fasilitasi pembelajaran berbasis masalah dan pengelolaan diskusi kelompok. Pelatihan ini juga penting untuk meningkatkan kemampuan guru dalam mengoptimalkan aktivitas pembelajaran berbasis PBL.

Pengembangan lebih lanjut juga perlu diarahkan pada integrasi teknologi ke dalam modul, seperti pemanfaatan platform pembelajaran digital dan alat kolaboratif online. Inovasi ini dapat memperluas akses modul untuk pembelajaran jarak jauh serta meningkatkan keterlibatan siswa melalui pengalaman belajar yang lebih interaktif. Selain itu, pengujian lanjutan dalam skala yang lebih luas dengan melibatkan berbagai jenjang pendidikan dan latar belakang siswa yang beragam perlu dilakukan untuk mengukur efektivitas modul dalam konteks yang lebih bervariasi. Studi lanjutan ini juga dapat mengkaji dampak modul terhadap keterampilan pembelajaran lain, seperti literasi lingkungan atau kemampuan kolaborasi siswa.

Lebih jauh, pengembangan modul di masa depan sebaiknya mempertimbangkan pendekatan lintas disiplin dengan mengintegrasikan materi dari bidang ilmu lain, seperti kimia atau fisika, untuk memberikan pemahaman holistik terhadap isu-isu lingkungan. Dukungan institusi pendidikan juga menjadi aspek penting yang perlu diperhatikan, termasuk penyediaan waktu yang cukup untuk penerapan metode PBL serta ketersediaan fasilitas dan sumber daya pendukung yang memadai. Selain itu, proses validasi modul di masa depan perlu melibatkan lebih

banyak ahli, termasuk praktisi pendidikan dan teknologi, untuk memastikan relevansi modul di berbagai konteks pembelajaran.

Dengan implementasi dan pengembangan yang tepat, modul ini tidak hanya dapat meningkatkan kualitas pembelajaran Biologi tetapi juga berkontribusi pada pembentukan keterampilan berpikir kritis siswa yang lebih baik, mendukung pembelajaran aktif, dan memperluas cakupan penerapan metode PBL di lingkungan pendidikan.

## REFERENSI

- Akbar, S. (2013). *Instrumen Perangkat Pembelajaran*. Remaja Rosdakarya.
- Aksela, M., & Haatainen, O. (2021). Project-based learning in integrated science education: Active teachers' perceptions and practices. *Lumat International Journal on Math Science and Technology Education*, 9(1). <https://doi.org/10.31129/lumat.9.1.1392>
- Almulla, M. A. (2020). The Effectiveness of the Project-Based Learning (PBL) Approach as a Way to Engage Students in Learning. *SAGE Open*, 10(3). <https://doi.org/10.1177/2158244020938702>
- Amelia, R. (2021). *Pengembangan Modul Biologi Berbasis IMTAQ Pada Pokok Bahasan Materi Genetik Untuk Siswa Kelas XII SMA/MA Pekanbaru* [Other, Universitas Islam Riau]. <https://repository.uir.ac.id/16000/>
- Anggereini, E., Yelianti, U., & Hermaya, I. (2023). Pro-environmental behavior learning by using a mini research project and its impact on problem solving abilities. *JPI (Jurnal Pendidikan Indonesia)*, 12(1), 59–67. <https://doi.org/10.23887/jpiundiksha.v12i1.50163>
- Chikati, T. (2018). Teachers' and students' attitudes towards integrating environmental education in the secondary school curriculum for managing environmental degradation in Machakos Sub County, Kenya. *International Journal of Scientific Research and Management*, 6(9). <https://doi.org/10.18535/ijstrm/v6i9.el02>
- Damayanti, J., & Sueb, S. (2021). The effect of macrozoobenthos diversity module based on problem-based learning on junior high school students' environmental attitudes. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 10(3), 400–406. <https://doi.org/10.15294/jpii.v10i3.30766>
- Dwikoranto, I. R. Dawana, & Setiani, R. (2023). Validity of teaching modules with problem-based learning (PBL) model assisted by e-book to improve problem-solving skills on renewable energy material and implementation of independent learning curriculum. *Journal of Physics: Conference Series*, 2623(1), 012015. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2623/1/012015>
- Fabinyi, M., Evans, L., & Foale, S. (2014). Social-ecological systems, social diversity, and power: Insights from anthropology and political ecology. *Ecology and Society*, 19(4). <https://doi.org/10.5751/ES-07029-190428>
- Fadilah, N. (2024). Fostering critical thinking: Designing problem-based learning student worksheet on environmental change topic. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 10(1), 291–298. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v10i1.30931>
- Funa, A., & Prudente, M. (2021). Effectiveness of problem-based learning on secondary students' achievement in science: A meta-analysis. *International Journal of Instruction*, 14(4), 69–84. <https://doi.org/10.29333/iji.2021.1445a>
- Gal, A., & Gan, D. (2020). Transformative sustainability education in higher education: Activating environmental understanding and active citizenship among professional studies learners. *Journal of Transformative Education*, 18(4), 271–292. <https://doi.org/10.1177/1541344620932310>
- Gopal, S. (2024). Comparative analysis of generative pre-trained transformers responses to coastal ecosystem questions: Implications for GenAI in environmental education. [Preprint]. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4132837/v1>

- Gustin, M., Abbiati, M., Bonvin, R., Gerbase, M., & Baroffio, A. (2018). Integrated problem-based learning versus lectures: A path analysis modelling of the relationships between educational context and learning approaches. *Medical Education Online*, 23(1), 1489690. <https://doi.org/10.1080/10872981.2018.1489690>
- Haywood, B., Parrish, J., & Dolliver, J. (2016). Place-based and data-rich citizen science as a precursor for conservation action. *Conservation Biology*, 30(3), 476–486. <https://doi.org/10.1111/cobi.12702>
- Hidayati, N., Zubaidah, S., & Yanza, Y. (2022). The PBL vs. digital mind maps integrated PBL: Choosing between the two with a view to enhance learners' critical thinking. *Participatory Educational Research*, 9(3), 330–343. <https://doi.org/10.17275/per.22.69.9.3>
- Jamaluddin, J., Handayani, A., Hermansyah, H., Syukur, A., & Septiani, D. (2021). E-module innovation as a learning solution for chemistry course during the pandemic based on problem-based learning. *Jurnal Pijar MIPA*, 16(4), 459–465. <https://doi.org/10.29303/jpm.v16i4.2747>
- Jiménez-Saiz, R., & Rosace, D. (2019). Is hybrid-PBL advancing teaching in biomedicine? A systematic review. *BMC Medical Education*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s12909-019-1673-0>
- Judijanto, L. (2021). Patterns, trends, and gaps in the current pool of knowledge, thus contributing to a more diverse understanding of PBL in the context of secondary education. *Qalamuna: Jurnal Pendidikan Sosial dan Agama*, 13(2), 969–980. <https://doi.org/10.37680/qalamuna.v13i2.4317>
- Kuanbayeva, B. (2024). Investigating the role of augmented reality in supporting collaborative learning in science education: A case study. *International Journal of Engineering Pedagogy (IJEP)*, 14(1), 149–161. <https://doi.org/10.3991/ijep.v14i1.42391>
- Lewinsohn, T., Attayde, J., Fonseca, C., Ganade, G., Jorge, L., Kollmann, J., ... & Weisser, W. (2014). Ecological literacy and beyond: Problem-based learning for future professionals. *Ambio*, 44(2), 154–162. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0539-2>
- Liu, Q., Zhong-ming, C., & Chen, M. (2019). Effects of environmental education on environmental ethics and literacy based on virtual reality technology. *The Electronic Library*, 37(5), 860–877. <https://doi.org/10.1108/EL-12-2018-0250>
- Maharani, D. O., Laksono, K., & Sukartiningsih, W. (2017). Minat Baca Anak-Anak Di Kampong Baca Kabupaten Jember. *Jurnal Review Pendidikan Dasar*, 3 (1), 320-328. <https://doi.org/10.26740/jrpd.v3n1.p320-328>
- Mashfufah, A., Nurkamto, J., & Sajidan, W. (2020). The effectiveness of inquiry laboratory-based ethnosocioecology learning model to empower environmental literacy in preservice biology teachers. *Periódico Tchê Química*, 17(35), 877–896. [https://doi.org/10.52571/ptq.v17.n35.2020.73\\_mashfufah\\_pgs\\_877\\_896.pdf](https://doi.org/10.52571/ptq.v17.n35.2020.73_mashfufah_pgs_877_896.pdf)
- Nurhaedah, N., Hartoto, H., & Amalia, N. (2022). The effect of problem-based learning model on students' outcomes in learning natural science of 5th grade at SDN 104 Anggeraja District Enrekang Regency. *IJEST*, 2(1), 39. <https://doi.org/10.26858/ijest.v2i1.34005>
- Nursa'ban, E., Masykuri, M., & Yamtinah, S. (2019). Improving student learning outcomes in science subjects through the implementation of PBL-based module. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 5(2), 269–276. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v5i2.7534>
- Oktaria, S., Rahmad, M., & Anwar, L. (2023). Validity of electronic module based on process oriented guided inquiry learning (POGIL) model to train students' science process skills. *Journal of Science Education Research*, 7(1), 46–54. <https://doi.org/10.21831/jser.v7i1.51600>
- Oktaviah, F. (2023). Integrated STEM-based teaching modules with the values of Pancasila student profiles in supporting the implementation of Kurikulum

- Merdeka in primary school. *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 7(3), 469–480. <https://doi.org/10.23887/jisd.v7i3.57198>
- Rahayu, F., Mawarsari, V., & Suprpto, R. (2023). Development of PBL e-modules on polyhedron constructions for geometrical thinking ability. *Kalamatika: Jurnal Pendidikan Matematika*, 8(1), 107–118. <https://doi.org/10.22236/kalamatika.vol8no1.2023pp107-118>
- Razak, A., Ramdan, M., Mahjom, N., Zabit, M., Muhammad, F., Hussin, M., ... & Abdullah, N. (2022). Improving critical thinking skills in teaching through problem-based learning for students: A scoping review. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 21(2), 342–362. <https://doi.org/10.26803/ijlter.21.2.19>
- Schönfelder, M., & Bogner, F. (2020). Between science education and environmental education: How science motivation relates to environmental values. *Sustainability*, 12(5), 1968. <https://doi.org/10.3390/su12051968>
- Schröth, A., Isles, P., Rizzo, D., & Xu, Y. (2015). Quantile regression improves models of lake eutrophication with implications for ecosystem-specific management. *Freshwater Biology*, 60(9), 1841–1853. <https://doi.org/10.1111/fwb.12615>
- Sueb, S., & Damayanti, J. (2021). The effect of macrozoobenthos diversity module based on problem-based learning on junior high school students' environmental attitudes. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 10(3), 400–406. <https://doi.org/10.15294/jpii.v10i3.30766>
- Sukri, A. (2023). Enculturation of Lombok coastal local wisdom in PBL as a conservation learning strategy to improve students' environmental literacy. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(8), 6733–6741. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i8.5744>
- Tidball, K., & Krasny, M. (2010). Urban environmental education from a social-ecological perspective: Conceptual framework for civic ecology education. *Cities and the Environment*, 3(1), 1–20. <https://doi.org/10.15365/cate.31112010>
- Ural, E., & Dadli, G. (2020). The effect of problem-based learning on 7th-grade students' environmental knowledge, attitudes, and reflective thinking skills in environmental education. *Journal of Education in Science, Environment and Health*. <https://doi.org/10.21891/jeseh.705145>
- Wardani, I. (2023). Building critical thinking skills of 21st century students through problem-based learning model. *JPI (Jurnal Pendidikan Indonesia)*, 12(3), 461–470. <https://doi.org/10.23887/jpiundiksha.v12i3.58789>
- Widowati, C., Purwanto, A., & Akbar, Z. (2021). Problem-based learning integration in STEM education to improve environmental literacy. *International Journal of Multicultural and Multireligious Understanding*, 8(7), 374. <https://doi.org/10.18415/ijmmu.v8i7.2836>
- Wondie, A., Yigzaw, T., & Worku, S. (2020). Effectiveness and key success factors for implementation of problem-based learning in Debre Tabor University: A mixed methods study. *Ethiopian Journal of Health Sciences*, 30(5). <https://doi.org/10.4314/ejhs.v30i5.21>
- Yalyn, D., Sari, D., & Widodo, W. (2022). The implementation of student worksheets based on problem-based learning to improve students' science process skill. *Jurnal Pijar MIPA*, 17(5), 569–576. <https://doi.org/10.29303/jpm.v17i5.3710>
- Yuan, M., & Lu, X. (2019). The effectiveness of problem-based learning in pediatric medical education in China. *Medicine*, 98(2), e14052. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000014052>