

**PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS *PROBLEM BASED LEARNING* (PBL)
MENDUKUNG *EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT* (ESD) PADA
MATERI EKOSISTEM KELAS X SMA**

Kinanti Dwi Pratiwi¹, Sri Wulandari², LN Firdaus³

^{1,2,3}Program Studi Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Riau

¹kinanti.dwi3399@student.unri.ac.id, ²sri.wulandari@lecturer.unri.ac.id,

³firdausln@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

Sonneratia caseolaris (L.) Engl. is a mangrove species with high ecological and economic value; however, its propagation remains constrained by several limitations. Plant tissue culture offers an alternative method for producing large quantities of uniform seedlings, with growth success largely influenced by the application of plant growth regulators. This study aimed to determine the effect of combinations of 2,4-D and BAP on the *in vitro* growth of pedada seed explants. The research employed an experimental method using a factorial Completely Randomized Design (CRD) consisting of various concentrations of 2,4-D and BAP. The observed parameters included explant emergence time, explant growth percentage, explant height, and number of leaves. Data were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA) followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at a 5% significance level. The results showed that the combination of 2,4-D and BAP significantly affected all growth parameters of the explants. The treatment consisting of 5 mg/L 2,4-D and 1.5 mg/L BAP produced the best response, with the fastest explant emergence time of 2 days after culture initiation, a 100% explant growth rate, the greatest explant height of 2.76 cm, and the highest number of leaves, reaching 4 leaves per explant. Therefore, the combination of 5 mg/L 2,4-D and 1.5 mg/L BAP was the most effective treatment for promoting the *in vitro* growth of pedada seed explants.

Keywords: *Sonneratia caseolaris*, Plant tissue culture, 2,4-D, BAP, Explant growth.

ABSTRAK

Perkembangan teknologi pendidikan menuntut adanya bahan ajar digital yang mampu mendukung pembelajaran abad ke-21 serta menanamkan nilai-nilai keberlanjutan. Namun, penggunaan bahan ajar digital berbasis *Problem Based Learning* (PBL) yang terintegrasi dengan *Education for Sustainable Development* (ESD) pada materi ekosistem masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan e-modul berbasis PBL yang mendukung ESD pada materi ekosistem kelas X SMA serta menguji tingkat validitas dan praktikalitasnya. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE yang dibatasi sampai tahap *development*. Produk yang dikembangkan divalidasi oleh ahli materi dan ahli media, kemudian diuji kepraktisannya pada mahasiswa, guru, dan peserta didik. Data dikumpulkan menggunakan lembar validasi dan angket praktikalitas yang dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan memperoleh skor validitas rata-rata 3,71 dengan kategori sangat

valid. Uji praktikalitas tahap I memperoleh skor rata-rata 3,54 dengan kategori sangat praktis. E-modul yang dikembangkan terintegrasi dengan sintaks PBL dan nilai-nilai ESD sehingga mampu mendukung pembelajaran yang kontekstual, meningkatkan keterampilan berpikir kritis, serta menumbuhkan kesadaran peserta didik terhadap keberlanjutan lingkungan. Dengan demikian, e-modul berbasis PBL mendukung ESD pada materi ekosistem layak digunakan sebagai bahan ajar digital dalam pembelajaran biologi.

Kata Kunci: e-modul, *Problem Based Learning* (PBL), *Education for Sustainable Development* (ESD), Ekosistem, Bahan ajar digital.

A. Pendahuluan

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi menuntut peserta didik memiliki keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, literasi digital, serta kepedulian lingkungan dan sosial (Sitorus et al., 2023). Pada materi ekosistem, pembelajaran masih sering bersifat teoritis sehingga pemahaman dan kemampuan analisis peserta didik belum berkembang secara optimal (Tambingon et al., 2025; Simbolon, 2019).

Rendahnya literasi lingkungan siswa (Rijal et al., 2025) menunjukkan perlunya pembelajaran yang berorientasi pada keberlanjutan. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah *Education for Sustainable Development* (ESD), yang membekali peserta didik dengan pemahaman tentang keterkaitan aspek lingkungan, sosial,

dan ekonomi serta mendorong tindakan yang bertanggung jawab (UNESCO, 2025). Nilai-nilai ESD seperti *critical thinking*, *participation in decision making*, dan *systemic thinking* relevan diterapkan pada materi ekosistem (Listiawati, 2011; Tahmid et al., 2024).

Penerapan ESD dapat dipadukan dengan model *Problem Based Learning* (PBL) yang terbukti efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa (Umami Murdilah et al., 2024; Meiyasa & Ardiansyah, 2025). Untuk mendukung implementasinya, diperlukan bahan ajar digital seperti e-modul yang memungkinkan pembelajaran lebih fleksibel dan mandiri serta mampu meningkatkan hasil belajar (Wicaksono & Wiratama, 2024). Namun, penggunaan bahan ajar digital di beberapa SMA di Pekanbaru masih belum optimal dan pembelajaran masih didominasi

bahan ajar konvensional (Rahman et al., 2019).

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan pengembangan e-modul berbasis PBL yang mendukung ESD pada materi ekosistem guna menciptakan pembelajaran yang lebih interaktif, kontekstual, serta mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kepedulian lingkungan peserta didik.

B. Metode Penelitian

1. Jenis dan Model Pengembangan

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE yang meliputi tahap *analyze*, *design*, *development*, *implementation*, dan *evaluation*. Namun, penelitian hanya dilakukan sampai tahap *development* melalui validasi ahli dan uji praktikalitas terbatas untuk menilai kelayakan produk yang dikembangkan.

2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Januari – Mei 2026. Tahap pengembangan dilakukan di Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Riau, sedangkan uji coba tahap I melibatkan mahasiswa Pendidikan Biologi FKIP Universitas

Riau dan uji coba tahap II melibatkan guru biologi SMA serta siswa kelas X SMAN 17 Pekanbaru.

3. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data digunakan untuk menilai kualitas e-modul berbasis PBL yang mendukung ESD pada materi ekosistem kelas X SMA. Analisis meliputi penilaian hasil validasi oleh ahli untuk menentukan kelayakan e-modul, serta analisis hasil uji coba terbatas untuk menilai kepraktisan, daya tarik, dan efektivitas e-modul dalam mendukung pembelajaran.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

1. Hasil Tahapan Pengembangan e-Modul Berbasis *Problem Based Learning* (PBL) Mendukung *Education for Sustainable Development* (ESD) Pada Materi Ekosistem

a. Analyze (Analisis)

Tahap *analyze* merupakan tahap awal dalam pengembangan e-modul berbasis *Problem Based Learning* (PBL) yang mendukung *Education for Sustainable Development* (ESD) pada materi ekosistem. Tahap ini meliputi analisis

kebutuhan, analisis kurikulum, dan analisis materi.

1) Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan melalui wawancara dengan guru biologi kelas X SMA menunjukkan bahwa pembelajaran masih didominasi buku paket dan bahan ajar cetak, sementara penggunaan bahan ajar digital interaktif belum optimal. Selain itu, peserta didik masih kesulitan mengaitkan materi ekosistem dengan permasalahan lingkungan dalam kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, diperlukan e-modul yang lebih menarik, kontekstual, dan mudah dipahami.

2) Analisis Kurikulum

Analisis kurikulum dilakukan dengan menelaah Kurikulum Merdeka, khususnya Capaian Pembelajaran (CP) dan Tujuan Pembelajaran (TP) pada materi ekosistem kelas X SMA. Hasil analisis digunakan sebagai dasar penyusunan materi dan kegiatan pembelajaran dalam e-modul agar sesuai dengan kompetensi yang harus dicapai peserta didik. Hasil analisis kurikulum dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. Hasil analisis kurikulum

Komponen	Hasil Anlisis
Kurikulum	Kurikulum Merdeka
Capaian Pembelajaran (CP)	Menerapkan prinsip klasifikasi dan strategi pelestarian keanekaragaman hayati; mendeskripsikan peranan virus, bakteri, dan jamur dalam kehidupan; menganalisis interaksi antar komponen ekosistem dan pengaruhnya terhadap keseimbangan ekosistem; dan menerapkan konsep IPA untuk mengatasi permasalahan berkaitan dengan perubahan iklim.
Tujuan Pembelajaran (TP)	• Peserta didik mampu mengidentifikasi komponen biotik dan abiotik dalam ekosistem. • Peserta didik mampu menganalisis interaksi antar komponen ekosistem. • Peserta didik mampu menjelaskan aliran energi, piramida ekologi, dan daur biogeokimia dalam ekosistem. • Peserta didik mampu menjelaskan upaya pelestarian ekosistem untuk menjaga keseimbangan lingkungan.

3) Analisis Materi

Analisis materi dilakukan untuk menentukan materi yang akan dimuat dalam e-modul sesuai dengan Capaian Pembelajaran (CP) dan Tujuan Pembelajaran (TP). Materi disusun secara sistematis agar memudahkan peserta didik memahami konsep ekosistem. Materi yang dikembangkan mencakup komponen ekosistem, aliran energi dan piramida ekologi, produktivitas ekosistem, serta daur biogeokimia

dan pelestarian ekosistem. Hasil analisis materi disajikan pada tabel berikut.

Tabel 6. Analisis Materi

Materi Pokok	Sub Materi	Pertemuan
Ekosistem	Komponen ekosistem dan interaksi antar komponen ekosistem	1
Ekosistem	Aliran energi dan piramida ekologi	2
Ekosistem	Produktivitas ekosistem	3
Ekosistem	Daur biogeokimia dan pelestarian ekosistem	4

b. Design (Desain)

Tahap desain meliputi perancangan perangkat pembelajaran, e-modul, serta lembar validasi dan angket responden.

1) Perancangan Perangkat Pembelajaran

Perangkat pembelajaran yang dirancang meliputi Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) dan modul ajar berbasis PBL yang mendukung ESD pada materi ekosistem kelas X SMA. ATP disusun berdasarkan CP dan memuat materi pokok, tujuan pembelajaran, kegiatan pembelajaran, profil lulusan, penilaian, serta sumber belajar. Modul ajar dikembangkan berdasarkan CP, TP, dan ATP, serta

memuat informasi umum, kompetensi awal, profil lulusan, topik pembelajaran, kerangka pembelajaran, sintaks PBL, asesmen diagnostik dan formatif, pengayaan, remedial, serta refleksi peserta didik dan guru.

2) Perancangan e-Modul

Perancangan e-modul diawali dengan penyusunan storyboard sebagai rancangan pengembangan untuk empat pertemuan materi ekosistem sesuai model PBL yang mendukung ESD. E-modul terdiri atas tiga bagian, yaitu bagian awal (cover, kata pengantar, daftar isi, glosarium, pendahuluan, petunjuk penggunaan, sintaks PBL, indikator ESD, dan peta konsep), bagian inti (tujuan pembelajaran, materi, aktivitas berbasis PBL dan ESD, serta latihan soal), dan bagian penutup (self assessment, evaluasi, kunci jawaban, daftar pustaka, dan lampiran). Pengembangan e-modul didukung oleh Microsoft Word, Canva, Heyzine Flipbook, dan Liveworksheet.

3) Perancangan Lembar Validasi dan Angket Respon

Lembar validasi dan angket responden disusun untuk memperoleh data kelayakan dan kepraktisan e-modul. Validasi

dilakukan oleh ahli materi dan ahli media dari Pendidikan Biologi Universitas Riau sebagai dasar revisi produk. Angket responden digunakan pada uji coba terbatas yang melibatkan 10 mahasiswa Pendidikan Biologi Universitas Riau, 2 guru Biologi SMA, dan 20 peserta didik kelas X SMAN 17 Pekanbaru untuk menilai kemudahan penggunaan, pemahaman materi, dan keterpakaian e-modul dalam pembelajaran.

c. Development (Pengembangan)

Tahap pengembangan dilakukan dengan mengembangkan perangkat pembelajaran dan e-modul yang telah dirancang sebelumnya.

1) Alur Tujuan Pembelajaran (ATP)

ATP dikembangkan berdasarkan Capaian Pembelajaran (CP) dan Tujuan Pembelajaran (TP) materi ekosistem sesuai Kurikulum Merdeka. Penyusunannya disesuaikan dengan model Problem Based Learning (PBL) yang mendukung Education for Sustainable Development (ESD).

2) Modul Ajar dan Penilaian

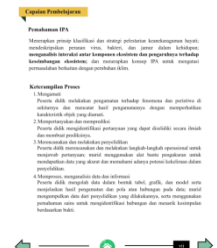
Modul ajar dikembangkan berdasarkan ATP untuk empat pertemuan materi ekosistem kelas X

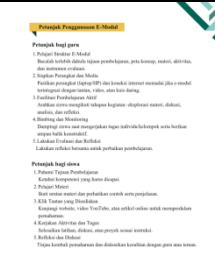
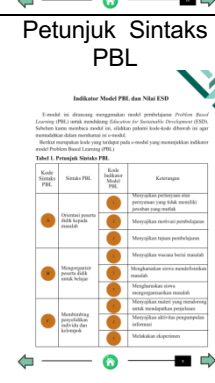
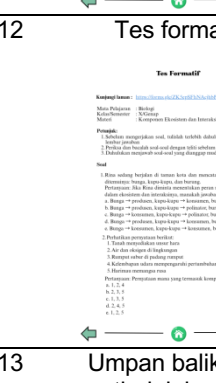
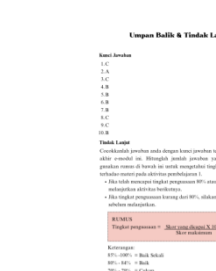
SMA. Kegiatan pembelajaran disusun sesuai sintaks PBL, yaitu orientasi masalah, pengorganisasian peserta didik, penyelidikan, pengembangan dan penyajian hasil karya, serta evaluasi pemecahan masalah. Pembelajaran diarahkan pada pengembangan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan kesadaran keberlanjutan melalui artikel, video, diskusi, analisis kasus, presentasi, dan refleksi. Nilai-nilai ESD juga diintegrasikan ke dalam materi melalui penanda khusus. Modul ajar menerapkan pendekatan meaningful learning, joyful learning, dan mindful learning, serta memuat asesmen diagnostik, formatif, dan sumatif untuk mengukur perkembangan belajar peserta didik.

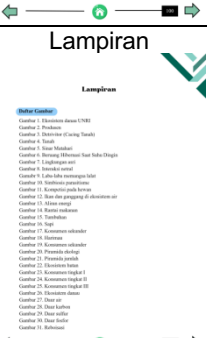
3) E-Modul

Tahap selanjutnya adalah mengembangkan e-modul berdasarkan rancangan yang telah dibuat. E-modul disusun sesuai sintaks PBL dan memuat indikator-indikator ESD untuk mendukung pembelajaran yang kontekstual, interaktif, dan berorientasi pada keberlanjutan. Adapun gambaran e-modul yang telah dikembangkan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 7. Hasil pengembangan e-modul berbasis PBL mendukung ESD pada materi ekosistem

No	Tampilan e-Modul Elektronik	Deskripsi
1	Cover utama e-modul 	Cover secara umum terdiri atas judul e-modul, kelas, materi yang dipelajari, nama penyusun, nama dosen pembimbing, logo atau identitas institusi, serta gambar atau ilustrasi yang sesuai dengan isi materi.
2	Cover setiap pertemuan 	Cover setiap pertemuan terdiri dari sub materi: • Pertemuan 1: Komponen ekosistem & interaksi antar komponen ekosistem • Pertemuan 2: aliran energi & piramida ekologi • Pertemuan 3: Produktivitas ekosistem • Pertemuan 4 : Daur biogeokimia dan pelestarian ekosistem
3	Kata pengantar 	Kata pengantar yang dibuat berisi ucapan terimakasih penulis atas terselesainya bahan ajar e-modul berbasis PBL mendukung ESD pada materi ekosistem kelas X SMA.
4	Daftar isi 	Daftar isi berisi kumpulan daftar judul-judul pada e-modul dan halamannya disusun berdasarkan urutan bagian-bagiannya.
5	Glosarium 	Glosarium memuat istilah-istilah biologi beserta artinya yang terdapat dalam materi pada e-modul.
6	Pendahuluan 	Pendahuluan memuat Capaian Pembelajaran (CP) yang ingin dicapai peserta didik, keterampilan proses, serta petunjuk penggunaan e-modul.

			dan tugas yang disusun sesuai sintaks PBL serta dilengkapi dengan nilai-nilai ESD.
7 Petunjuk Sintaks PBL 	Petunjuk sintaks memuat kode-kode sintaks model PBL beserta keterangannya	12 Tes formatif 	Tes formatif memuat soal-soal yang dirancang untuk mengukur pemahaman peserta didik setelah mempelajari seluruh materi pada bab yang dipelajari.
8 Indikator Nilai ESD 	Indikator nilai ESD memuat kode-kode nilai keberlanjutan yang ingin dikembangkan dalam proses pembelajaran	13 Umpan balik dan tindak lanjut 	Umpan balik dan tindak lanjut memuat kunci jawaban serta rumus penilaian yang digunakan peserta didik untuk mengetahui tingkat pemahamannya terhadap materi.
9 Peta Konsep 	Peta konsep memuat topik-topik materi ekosistem sesuai dengan bagiannya di setiap pertemuan	14 Refleksi 	Refleksi memuat pertanyaan terkait pemahaman peserta didik terhadap materi yang dipelajari dengan mengisi ceklis pada kolom "ya" atau "tidak".
10 Uraian Materi 	Uraian materi memuat penjelasan konsep dan materi secara sistematis dan runtut dan dilengkapi dengan tes awal dan apersepsi setiap awal pembelajaran.	15 Evaluasi 	Evaluasi memuat soal-soal yang diberikan setelah peserta didik menyelesaikan seluruh bab untuk mengukur pemahaman terhadap materi ekosistem. Pada bagian ini juga disediakan umpan balik dan tindak lanjut berupa kunci jawaban serta pedoman penskoran untuk
11 Aktivitas pembelajaran	Aktivitas pembelajaran memuat kegiatan peserta didik dalam mengerjakan soal		

		membantu peserta didik mengetahui hasil belajarnya.
16	Daftar pustaka 	Daftar pustaka memuat referensi yang digunakan dalam penyusunan e-modul.
17	Lampiran 	Lampiran memuat daftar gambar dan daftar tabel yang digunakan dalam e-modul
18	Riwayat penulis 	Riwayat penulis memuat identitas singkat pengembang, latar belakang pendidikan, serta informasi mengenai penyusunan e-modul

Berdasarkan hasil pengembangan, e-modul tidak hanya memuat komponen pembelajaran, tetapi juga mengintegrasikan nilai-nilai ESD dalam setiap kegiatan. Integrasi tersebut diterapkan melalui aktivitas berbasis PBL, seperti penyajian masalah, analisis kasus, diskusi kelompok, dan penyelesaian tugas kontekstual yang berkaitan dengan isu lingkungan. Adapun implementasi nilai-nilai ESD dalam e-modul berbasis PBL pada materi

ekosistem dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 8. Integrasi Nilai ESD dalam E-Modul

Nilai ESD	Bentuk Implementasi dalam E-Modul	Komponen E-Modul
<i>Envisioning</i>	Peserta didik diarahkan untuk membayangkan kondisi ekosistem di masa depan jika terjadi keseimbangan atau gangguan dalam ekosistem.	Stimulus pada uraian materi dan kegiatan PBL
	Peserta didik menganalisis berbagai masalah lingkungan yang mempengaruhi ekosistem, serta dampaknya terhadap komponen dan interaksi dalam ekosistem berdasarkan artikel atau kasus yang diberikan.	Stimulus dan pertanyaan analisis pada kegiatan PBL
<i>Critical thinking</i>		
<i>Participation in decision making</i>	Peserta didik menentukan solusi terbaik dari beberapa alternatif pemecahan masalah lingkungan yang diberikan.	Diskusi kelompok dan tugas pemecahan masalah
<i>Partnership</i>	Peserta didik bekerja sama dalam kelompok untuk menyelesaikan studi kasus ekosistem dan mendiskusikan hasil analisis.	Aktivitas diskusi kelompok pada setiap pertemuan
<i>Systemic thinking</i>	Peserta didik menghubungkan keterkaitan komponen biotik dan abiotik, aliran energi, serta dampak aktivitas manusia terhadap keseimbangan ekosistem secara menyeluruh.	Uraian materi ekosistem dan pembahasan konsep

Integrasi nilai ESD dalam e-modul menunjukkan bahwa pembelajaran tidak hanya berfokus pada penguasaan konsep ekosistem, tetapi juga pada pengembangan berpikir kritis, pemahaman keberlanjutan lingkungan, dan kemampuan mengambil keputusan berdasarkan permasalahan nyata. Hal ini sejalan dengan karakteristik PBL yang menekankan pemecahan masalah kontekstual dan pengembangan keterampilan abad ke-21. Dengan demikian, e-modul berbasis PBL yang mendukung ESD pada materi ekosistem telah tersusun secara sistematis, kontekstual, dan terintegrasi dengan nilai keberlanjutan sehingga layak digunakan pada tahap uji coba selanjutnya.

2. Hasil Validasi e-Modul Berbasis *Problem Based Learning* (PBL) Mendukung *Education for Sustainable Development* (ESD) Pada Materi Ekosistem

Setelah tahap desain selesai dilakukan, tahap selanjutnya yaitu validasi e-modul. Validasi dilakukan oleh 1 dosen Pendidikan Biologi sebagai ahli materi dan 1 dosen Pendidikan Biologi sebagai ahli media. Hasil rata-rata validasi e-

modul pada keseluruhan aspek disajikan pada tabel berikut.

Tabel 9. Hasil skor e-modul pada keseluruhan aspek

No	Aspek	Rerata	Kategori
1	Kelayakan isi	3,50	SV
2	Kebahasaan	3,42	SV
3	Penyajian	3,55	SV
Rerata		3,49	SV

Keterangan: SV = Sangat Valid

Berdasarkan tabel tersebut hasil rata-rata keseluruhan aspek menunjukkan skor 3,49 dengan kategori sangat valid. Hal ini menunjukkan bahwa skor yang didapatkan dari keseluruhan aspek menandakan bahwa e-modul yang dikembangkan dapat digunakan dan dilanjutkan ke tahap berikutnya yaitu uji coba terbatas.

b. Hasil validasi ahli media

Validasi ahli media dilakukan oleh 1 orang dosen Pendidikan Biologi FKIP Universitas Riau. Validasi ini bertujuan untuk menilai tampilan desain layar, kemudahan penggunaan, konsistensi, kemanfaatan, dan kegrafikan pada e-modul yang dikembangkan. Hasil rata-rata validasi e-modul pada keseluruhan aspek disajikan pada tabel berikut.

Tabel 10. Hasil validasi pada keseluruhan aspek

No	Aspek	Rerata	Kategori
1	Tampilan Desain Layar	4,00	SV
2	Kebahasaan	4,00	SV
3	Konsistensi	4,00	SV
4	Kemanfaatan	3,71	SV
5	Kegrafikan	3,89	SV
Rerata		3,92	SV

Keterangan: SV = Sangat Valid

Berdasarkan tabel tersebut hasil rata-rata keseluruhan aspek menunjukkan skor 3,92 dengan kategori sangat valid. Hal ini menunjukkan bahwa skor yang didapatkan dari keseluruhan aspek menandakan bahwa e-modul yang dikembangkan dapat digunakan dan dilanjutkan ke tahap berikutnya yaitu uji coba terbatas.

c. Rekapitulasi Hasil Validasi Ahli

Berdasarkan hasil validasi ahli, diperoleh rekapitulasi penilaian terhadap e-modul sebagaimana disajikan pada tabel berikut.

Tabel 11. Rekapitulasi hasil validasi ahli terhadap e-modul

No	Validator	Rerata	Kategori
1	Ahli Materi	3,49	SV
2	Ahli Media	3,92	SV
Rerata		3,71	SV

Keterangan: SV = Sangat Valid

Berdasarkan hasil validasi ahli materi dan ahli media diperoleh rata-rata total sebesar 3,71 dengan kategori sangat valid, sehingga e-modul berbasis PBL mendukung ESD

pada materi ekosistem layak digunakan dalam pembelajaran.

3. Hasil Praktikalitas e-Modul Berbasis *Problem Based Learning* (PBL) Mendukung *Education for Sustainable Development* (ESD) Pada Materi Ekosistem

a. Uji Coba Terbatas I

Uji coba tahap I dilakukan oleh 10 mahasiswa Pendidikan Biologi Universitas Riau. Uji coba ini bertujuan untuk mengetahui kepraktisan e-modul dalam proses pembelajaran. Hasil uji coba tahap I dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 12. Hasil uji coba terbatas tahap I

No	Aspek Penilaian	Skor				Rata-Rata	Ket
		P1	P2	P3	P4		
1	Tampilan e-modul	3,60	3,55	3,53	3,58	3,57	SP
2	Materi e-modul	3,65	3,60	3,45	3,35	3,51	SP
3	Bahasa e-modul	3,45	3,55	3,60	3,60	3,55	SP
4	Aspek e-modul berbasis PBL mendukung ESD	3,63	3,52	3,45	3,42	3,51	SP
Rata-rata		3,58	3,56	3,51	3,49	3,54	SP

Keterangan: SP = Sangat Praktis

Berdasarkan tabel 20 dapat diketahui bahwa rata-rata hasil uji coba terbatas mahasiswa terhadap e-modul berbasis PBL mendukung ESD pada materi ekosistem memperoleh skor rata-rata sebesar 3,54 dengan kategori sangat praktis. Nilai tertinggi diperoleh pada aspek tampilan e-

modul dengan skor 3,57 dan kategori sangat praktis. Hasil tersebut menunjukkan bahwa e-modul memiliki tampilan yang menarik, tata letak yang rapi, serta jenis dan ukuran huruf yang mudah dibaca oleh pengguna. Aspek materi e-modul memperoleh skor sebesar 3,51 dengan kategori sangat praktis. Hal tersebut menunjukkan bahwa materi, gambar, video, dan soal latihan yang disajikan pada e-modul sudah sesuai dan membantu mahasiswa memahami materi pembelajaran.

Selanjutnya aspek bahasa e-modul memperoleh skor sebesar 3,55 dengan kategori sangat praktis. Hasil ini menunjukkan bahwa bahasa yang digunakan dalam e-modul jelas, mudah dipahami, dan mampu mendorong minat baca mahasiswa dalam proses pembelajaran. Selain itu aspek e-modul berbasis PBL mendukung ESD memperoleh 3,51 dengan kategori sangat praktis. Hasil ini menunjukkan bahwa e-modul mampu mendorong kemampuan berpikir kritis, aktif mencari solusi permasalahan, serta memahami pentingnya menjaga lingkungan dan keberlanjutan. Berdasarkan hasil uji coba terbatas mahasiswa, e-modul berbasis PBL mendukung ESD pada

materi ekosistem yang dikembangkan telah memenuhi kriteria sangat praktis dan layak digunakan dalam proses pembelajaran.

b. Hasil Uji Coba Terbatas Tahap II

Uji coba tahap II dilakukan oleh 2 orang guru biologi tingkat SMA dan 20 orang peserta didik SMA Negeri 17 Pekanbaru. Uji coba ini bertujuan untuk mengetahui kepraktisan e-modul dalam proses pembelajaran. Hasil uji coba tahap II dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 13. Hasil uji praktikalitas oleh guru

No	Komponen yang Diamati	Skor		Rata-Rata	Ket
		RG1	RG2		
1	Aspek format e-modul	4,00	4,00	4,00	SP
2	Aspek isi e-modul	4,00	3,94	3,97	SP
3	Aspek bahasa e-modul	4,00	3,83	3,92	SP
4	Aspek e-modul berbasis PBL mendukung ESD	4,00	3,88	3,94	SP
Rata-Rata		4,00	3,91	3,96	SP

Keterangan: RG = Respon Guru ; SP = Sangat Praktis

Berdasarkan tabel hasil praktikalitas guru dapat diketahui bahwa rata-rata keseluruhan penilaian guru terhadap e-modul berbasis PBL mendukung ESD pada materi ekosistem memperoleh skor sebesar 3,96 dengan kategori sangat praktis. Nilai rata-rata tertinggi diperoleh pada aspek format e-modul

dengan skor sebesar 4,00 dan kategori sangat praktis. Aspek isi e-modul memperoleh skor 3,97 dengan kategori sangat praktis, aspek e-modul berbasis PBL mendukung ESD memperoleh skor sebesar 3,94 dengan kategori sangat praktis, dan aspek bahasa e-modul memperoleh skor sebesar 3,92 dengan kategori sangat praktis. Hasil tersebut menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan memiliki tingkat praktikalitas yang sangat baik sehingga layak digunakan dalam proses pembelajaran biologi kelas X SMA.

Tabel 14. Hasil uji praktikalitas oleh peserta didik

No	Komponen yang Diamati	Rata-Rata	Ket
1	Aspek tampilan e-modul	3,67	SP
2	Aspek materi e-modul	3,61	SP
3	Aspek bahasa e-modul	3,62	SP
4	Aspek e-modul berbasis PBL mendukung ESD	3,55	SP
Rata-Rata		3,61	SP

Keterangan: SP = Sangat Praktis

Berdasarkan tabel hasil praktikalitas peserta didik dapat diketahui bahwa rata-rata keseluruhan uji coba peserta didik terhadap e-modul berbasis PBL mendukung ESD pada materi ekosistem memperoleh skor sebesar 3,61 dengan kategori sangat praktis. Nilai rata-rata tertinggi diperoleh pada

aspek tampilan e-modul dengan skor sebesar 3,67 dan kategori sangat praktis. Aspek bahasa e-modul memperoleh skor sebesar 3,61 dengan kategori sangat praktis, dan aspek e-modul berbasis PBL mendukung ESD memperoleh skor sebesar 3,55 dengan kategori sangat praktis. Hasil tersebut menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan memiliki tingkat praktikalitas yang sangat baik sehingga layak digunakan dalam proses pembelajaran biologi kelas X SMA.

Tabel 15. Rekapitulasi rata-rata hasil praktikalitas e-modul

No	Indikator	Rata-Rata	Ket
1	Uji Terbatas I	3,54	SP
2	Uji Terbatas II	3,79	SP
Rata-Rata Keseluruhan		3,67	SP

Keterangan: SP = Sangat Praktis

Berdasarkan tabel dapat diketahui bahwa hasil uji coba terbatas tahap I memperoleh rata-rata sebesar 3,54 dengan kategori sangat praktis, sedangkan uji coba terbatas II memperoleh rata-rata sebesar 3,79 dengan kategori sangat praktis. Selanjutnya rata-rata keseluruhan dari kedua uji coba tersebut adalah sebesar 3,67 dengan kategori sangat praktis. Hasil ini menunjukkan bahwa e-modul berbasis PBL yang mendukung ESD

pada materi ekosistem memiliki tingkat kepraktisan yang sangat baik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan memiliki tingkat praktikalitas yang sangat baik sehingga layak digunakan dalam proses pembelajaran biologi kelas X SMA.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan e-modul berbasis *Problem Based Learning* (PBL) yang mendukung *Education for Sustainable Development* (ESD) pada materi ekosistem, dapat disimpulkan bahwa kualitas e-modul yang dikembangkan ditinjau dari aspek validitas dan praktikalitas berada pada kategori sangat baik. Hal ini ditunjukkan melalui hasil validasi ahli materi sebesar 3,49 dan ahli media sebesar 3,92 yang keduanya berada pada kategori sangat valid. Temuan tersebut menunjukkan bahwa e-modul telah memenuhi kelayakan dari aspek isi, kebahasaan, penyajian, tampilan, serta kemudahan penggunaan sebagai bahan ajar elektronik pada materi ekosistem. Selain itu hasil praktikalitas menunjukkan konsistensi pada uji coba terbatas tahap I dan

tahap II dengan rata-rata masing-masing sebesar 3,54 dan 3,79 yang berada pada kategori sangat praktis. Temuan ini mengindikasikan bahwa e-modul mudah digunakan serta mampu mendukung proses pembelajaran, baik dalam pembelajaran mandiri maupun pembelajaran di kelas. Peningkatan hasil pada tahap II menunjukkan bahwa revisi berdasarkan masukan pengguna berkontribusi terhadap peningkatan kesesuaian e-modul dengan kebutuhan di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardelia, A. M., Nurazisa, Y. L., Ashary, A. P. K., Nazaryanto, H., Kinanthi, A., & Syafa'ah, E. L. (2022). Modul berbasis education for sustainable development pada konsep ekologi untuk siswa kelas X SMA. *Jurnal Pendidikan Profesi Guru*, 3(3), 118-126.
- Listiawati, N. (2011). Relevansi Nilai-Nilai ESD dan Kesiapan Guru Dalam Mengimplementasikannya di Sekolah. *Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 17(2), 135–152.
- Meiyasa, A. L., & Ardiansyah, H. (2025). Penerapan Problem Based Learning untuk Meningkatkan Berpikir Kritis Siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 9(2), 15560–15567.
- Purnamasari, S., & Hanifah, A. N. (2021). Education for Sustainable Development (ESD) dalam Pembelajaran IPA. *Jurnal Kajian Pendidikan IPA*, 1(2), 69-74.

- Rahman, A., Heryanti, L. M., & Ekanara, B. (2019). Pengembangan Modul Berbasis Education for Sustainable Development pada Konsep Ekologi untuk Siswa Kelas X SMA. *Jurnal Eksakta Pendidikan (Jep)*, 3(1), 1–8.
- Rijal, A. S., Rasyid, A., & Jannati, E. D. (2025). Analisis Literasi Lingkungan Siswa Menengah Atas: Literature Review. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Biologi*, 3(2), 9–18.
- Simbolon, P. (2019). Pengaruh Penggunaan Modul Ekosistem Berbasis Problem Based Learning Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas X SMA Negeri 1 Pinangsori. *Jurnal Education and Development*, 7(3), 348–351.
- Sitorus, R. F., Waruwu, K. K., Salim, & Febry, A. (2023). Analisis Penerapan Kurikulum Merdeka Belajar Pada Tingkat Sekolah Menengah Atas. *Jurnal Pendidikan West Science*, 01(06), 328–334.
- Sugiyono (2016). *Metode Penelitian Pendidikan (Kuantitatif, Kualitatif, Kombinasi, R&D dan Penelitian Pendidikan)*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono (2019). *Metode Penelitian Pendidikan (Kuantitatif, Kualitatif, Kombinasi, R&D dan Penelitian Pendidikan)*. Bandung: Alfabeta.
- Tahmid, T., Nurkhoiri, N., & Syaiful, M. (2024). Implementasi Perangkat Belajar Sains Berbasis ESD pada Materi Pencemaran Lingkungan untuk Peningkatan Literasi dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Diklabio: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Biologi*, 8(2), 235-245.
- Tambingon, L. M., Arrijani, & Rukmana, M. (2025). Problem Based Learning sebagai Strategi Pembelajaran Kontekstual pada Materi Ekosistem. *Jurnal Cakrawala Pendidikan Dan Biologi*, 2(3), 250-271.
- Trimulyono, D. P. A. G. (2025). Pengembangan E-Modul Berbasis Problem Based Learning (Pbl) Untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik Pada Materi Virus Kelas X SMA. *Bioedu (Berkala Ilmiah Dalam Dikan Biologi)*, 14(2), 316–325.
- UNESCO. (2025). *Pendidikan Untuk Pembangunan Berkelanjutan: Apa yang Perlu Anda Ketahui Tentang Pendidikan untuk Pembangunan Berkelanjutan*.
<https://www.unesco.org/en/sustainable-development/education/need-know>
- Umni Murdilah, Mira Mira, & Oman Farhurohman. (2024). Implementasi Pembelajaran Berbasis Problem Based Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Berfikir Kritis Siswa. *Jurnal Nakula : Pusat Ilmu Pendidikan, Bahasa Dan Ilmu Sosial*, 3(1), 90-98.
- Wicaksono, S. A., & Wiratama, R. (2024). Pemanfaatan Media Digital Interaktif dalam Pembelajaran Biologi untuk Meningkatkan Motivasi Siswa. *Jurnal Cakrawala Pendidikan Dan Biologi*, 1(3), 25-34.
- Zairin, Karman, W. S., Supriyono, Alfi, M., & Yunita, M. (2022). Jasa Ekosistem dalam Isu-Isu Kritis Lingkungan. *Jurnal Georafflesia*, 7(2), 212–223.