

**PENGEMBANGAN E-LKPD PROBLEM-BASED LEARNING PADA MATERI
PERUBAHAN LINGKUNGAN UNTUK MELATIH KESADARAN LINGKUNGAN
SISWA SMA**

Syarla Idellie Maulanaputri¹, Fida Rachmadiarti²

¹²Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan
Alam, Universitas Negeri Surabaya

¹Syarla.22155@mhs.unesa.ac.id, ²fidarachmadiarti@unesa.ac.id.

ABSTRACT

Students' environmental awareness remains low, and the use of interactive learning media in environmental change lessons is still limited. This study aimed to develop a Problem Based Learning (PBL)-based Electronic Student Worksheet (E-LKPD) on environmental change materials to foster the environmental awareness of tenth-grade senior high school students. This study employed a Research and Development (R&D) approach using the ADDIE model (Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation). The research subjects consisted of 35 students from Class X-10 at SMA Negeri 8 Surabaya. Data were collected using expert validation sheets, learning implementation observation sheets, student response questionnaires, and environmental awareness questionnaires. The results showed that the developed E-LKPD achieved a theoretical feasibility score of 98.9%, categorized as very valid, comprising presentation aspects (98.8%), content aspects (100%), and language aspects (100%). The practical feasibility was indicated by the implementation scores of 96% for E-LKPD I and 94% for E-LKPD II, while the student response score reached 99%, indicating that the product was very practical. The effectiveness of the E-LKPD was demonstrated by the improvement in students' environmental awareness, with an N-Gain score of 0.73, which falls into the high category. Based on these findings, it can be concluded that the Problem Based Learning-based E-LKPD on environmental change materials is very valid, highly practical, and effective, making it suitable for use as a learning medium to foster the environmental awareness of tenth-grade senior high school students.

Keywords: *E-LKPD, Problem Based Learning, Environmental Change, Environmental Awareness, ADDIE.*

ABSTRAK

Rendahnya kesadaran lingkungan peserta didik serta terbatasnya penggunaan media pembelajaran yang interaktif menjadi salah satu kendala dalam pembelajaran materi perubahan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Elektronik Lembar Kerja Peserta Didik (E-LKPD) berbasis *Problem Based Learning* (PBL) pada materi perubahan lingkungan untuk melatih kesadaran lingkungan peserta didik kelas X SMA. Penelitian ini merupakan

penelitian pengembangan (*Research and Development*) menggunakan model ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation). Subjek penelitian terdiri atas 35 peserta didik kelas X-10 SMA Negeri 8 Surabaya. Data penelitian diperoleh melalui lembar validasi ahli, lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran, angket respons peserta didik, dan angket kesadaran lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa E-LKPD yang dikembangkan memperoleh persentase kelayakan teoretis sebesar 99,4% dengan kategori sangat valid, meliputi aspek penyajian sebesar 98,8%, aspek isi sebesar 100%, dan aspek kebahasaan sebesar 100%. Kelayakan praktis ditunjukkan oleh keterlaksanaan pembelajaran sebesar 96% pada E-LKPD I dan 94% pada E-LKPD II serta respons peserta didik sebesar 99% dengan kategori sangat praktis. Keefektifan E-LKPD ditunjukkan oleh peningkatan kesadaran lingkungan peserta didik dengan nilai N-Gain sebesar 0,73 yang termasuk kategori tinggi. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa E-LKPD berbasis *Problem Based Learning* pada materi perubahan lingkungan dinyatakan sangat valid, sangat praktis, dan efektif sehingga layak digunakan sebagai media pembelajaran untuk melatih kesadaran lingkungan peserta didik kelas X SMA.

Kata Kunci: E-LKPD, *Problem Based Learning*, Perubahan Lingkungan, Kesadaran Lingkungan, ADDIE

A. Pendahuluan

Pendidikan abad ke-21 menuntut peserta didik memiliki kemampuan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, komunikatif, serta memiliki kepedulian terhadap permasalahan lingkungan yang semakin kompleks. Isu seperti pemanasan global, pencemaran, dan penurunan keanekaragaman hayati menjadikan pendidikan lingkungan sebagai bagian penting dalam proses pembelajaran di sekolah (Arifin, 2024). Penguatan kesadaran lingkungan juga sejalan dengan Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2021 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yang

menegaskan pentingnya peran pendidikan dalam membentuk perilaku bertanggung jawab terhadap lingkungan (Fadhilah, 2022). Pada Kurikulum Merdeka, materi perubahan lingkungan pada Biologi Fase E diarahkan untuk membekali peserta didik memahami hubungan manusia dengan lingkungan serta berkontribusi terhadap pembangunan berkelanjutan (Kemendikdasmen, 2025). Oleh karena itu, pembelajaran biologi perlu dirancang agar tidak hanya meningkatkan penguasaan konsep, tetapi juga mampu membentuk kesadaran lingkungan peserta didik.

Meskipun demikian, berbagai penelitian menunjukkan bahwa kesadaran lingkungan peserta didik SMA masih tergolong rendah. Sebagian besar peserta didik belum berpartisipasi aktif dalam kegiatan pelestarian lingkungan, seperti pengelolaan sampah, konservasi air, maupun program sekolah berbasis Adiwiyata (Halimah, 2024). Perilaku membuang sampah sembarangan, kurang menjaga kebersihan sekolah, dan belum menerapkan kebiasaan ramah lingkungan masih sering ditemukan di lingkungan sekolah (Sahabuddin, 2025). Implementasi program Adiwiyata di beberapa sekolah juga belum sepenuhnya berhasil membentuk perilaku ekologis peserta didik secara optimal (Makkasau, 2025). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa penguatan kesadaran lingkungan masih menjadi tantangan yang perlu segera diatasi melalui pembelajaran.

Hasil observasi di SMA Negeri 8 Surabaya menunjukkan bahwa dari 35 peserta didik kelas X, sekitar 57% masih membuang sampah atau sisa makanan pada tempat yang tidak semestinya, 63% belum terbiasa memilah sampah, 68% masih menggunakan botol plastik sekali

pakai, dan 72% lebih memilih menggunakan kendaraan bermotor meskipun jarak rumah relatif dekat. Hasil wawancara dengan tiga guru biologi menunjukkan bahwa dua guru masih dominan menggunakan metode ceramah dengan bahan ajar berupa LKS dan *PowerPoint*, sehingga pembelajaran belum sepenuhnya berpusat pada peserta didik (Nisak, 2023). Penggunaan media pembelajaran yang masih terbatas menyebabkan peserta didik belum memperoleh pengalaman belajar yang kontekstual untuk menganalisis permasalahan lingkungan (Hasanah, 2025). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa bahan ajar yang digunakan belum mampu memfasilitasi pembelajaran yang aktif dan bermakna. Oleh sebab itu, diperlukan inovasi media pembelajaran yang mampu melatih kesadaran lingkungan peserta didik.

Salah satu alternatif yang dapat diterapkan adalah penggunaan model *Problem Based Learning (PBL)* yang berorientasi pada penyelesaian permasalahan nyata di lingkungan sekitar peserta didik. Model *PBL* mendorong peserta didik mengidentifikasi masalah, berdiskusi, melakukan penyelidikan, dan

merumuskan solusi secara kolaboratif sehingga mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis sekaligus kepedulian terhadap lingkungan (Irwanti, 2021). Model Problem-Based Learning (PBL) terbukti efektif dalam memfasilitasi pemahaman konsep dan hasil belajar kognitif siswa dalam pembelajaran biologi (Fitriana et al., 2023). Dalam konteks materi perubahan lingkungan, penggunaan LKPD berbasis PBL dapat dimanfaatkan untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan kemampuan pemecahan masalah peserta didik (Syamsi & Fitrihidajati, 2021; Syita & Faizah, 2025). Materi perubahan lingkungan sangat sesuai diterapkan melalui model ini karena memuat berbagai fenomena nyata yang dekat dengan kehidupan peserta didik (Fadhil, 2021). Implementasi *PBL* juga perlu didukung media pembelajaran digital berupa *Electronic Lembar Kerja Peserta Didik (E-LKPD)* yang interaktif dan mudah diakses melalui berbagai perangkat (Fithri, 2021). Kombinasi model pembelajaran dan media digital diharapkan mampu menciptakan pengalaman belajar yang lebih kontekstual dan bermakna.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa *E-LKPD* berbasis *Problem Based Learning* efektif meningkatkan aktivitas belajar, pemahaman konsep, dan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Pengembangan LKPD berbasis *PBL* pada materi perubahan lingkungan terbukti menghasilkan pembelajaran yang lebih aktif dan kontekstual (Syita, 2025). Penelitian lain juga melaporkan bahwa *E-LKPD* berbasis *PBL* mampu meningkatkan partisipasi belajar serta mempermudah peserta didik memahami konsep melalui penyajian masalah autentik (Sahadah, 2024). Selain itu, penggunaan *E-LKPD* berbasis *PBL* mampu menumbuhkan kepedulian terhadap pelestarian lingkungan melalui kegiatan pemecahan masalah yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari (Dewi, 2024). Temuan tersebut menunjukkan bahwa *E-LKPD* berbasis *PBL* memiliki potensi besar untuk mendukung pembelajaran biologi yang lebih berkualitas.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada peningkatan aspek kognitif, kemampuan berpikir kritis, atau keterampilan pemecahan

masalah, sedangkan pengembangan media yang secara khusus dirancang untuk melatih kesadaran lingkungan masih terbatas. Penelitian ini menawarkan kebaruan berupa pengembangan *E-LKPD* berbasis *Problem Based Learning* yang dilengkapi fitur *BIO-STEP*, *BIO-THINK*, *BIO-ANEVA*, *BIO-FAKTA*, *BIO-OBSERVASI*, dan *BIO-REFLEXY* untuk menumbuhkan kesadaran lingkungan melalui aktivitas observasi, refleksi, dan aksi nyata. Pengembangan media juga didasarkan pada teori komunikasi lingkungan yang menekankan pentingnya media edukatif dalam membentuk kepedulian terhadap lingkungan (Ostman, 1987). Fitur-fitur tersebut dirancang agar peserta didik tidak hanya memahami konsep perubahan lingkungan, tetapi juga mampu mengimplementasikannya dalam kehidupan sehari-hari. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan mampu mengisi kesenjangan penelitian mengenai media pembelajaran yang berorientasi pada pembentukan karakter peduli lingkungan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini difokuskan pada pengembangan *E-LKPD* berbasis

Problem Based Learning pada materi perubahan lingkungan untuk melatih kesadaran lingkungan peserta didik kelas X SMA. Penelitian bertujuan menganalisis kelayakan teoretis melalui validasi para ahli, kelayakan praktis berdasarkan keterlaksanaan pembelajaran dan respons peserta didik, serta keefektifan media melalui angket kesadaran lingkungan. Hasil penelitian diharapkan menghasilkan bahan ajar digital yang valid, praktis, dan efektif sebagai pendukung implementasi Kurikulum Merdeka pada pembelajaran biologi. Produk yang dikembangkan juga diharapkan menjadi referensi bagi guru dalam menerapkan pembelajaran inovatif yang mengintegrasikan penguasaan konsep dengan pembentukan karakter peduli lingkungan. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan kualitas pembelajaran biologi sekaligus memperkuat kesadaran lingkungan peserta didik.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*Research and Development*) yang bertujuan mengembangkan *E-LKPD* berbasis *Problem Based Learning* (PBL) pada materi perubahan lingkungan untuk

melatih kesadaran lingkungan peserta didik kelas X SMA. Pengembangan produk menggunakan model ADDIE yang meliputi tahap analisis, perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Rancangan uji coba menggunakan *pre-experiment design* dengan pemberian angket kesadaran lingkungan sebelum dan sesudah penggunaan E-LKPD. Penelitian dilaksanakan pada 12 Mei – 19 Mei 2026 di Program Studi Pendidikan Biologi FMIPA Universitas Negeri Surabaya dan SMA Negeri 8 Surabaya, dengan subjek uji coba terbatas sebanyak 35 peserta didik kelas X-10.

Tahap pengembangan diawali dengan analisis kebutuhan, kurikulum, konsep, dan tugas yang menjadi dasar penyusunan E-LKPD berbasis sintaks PBL pada materi pencemaran udara dan pencemaran air. Selanjutnya dilakukan perancangan produk beserta instrumen penelitian, kemudian pengembangan melalui penyusunan beberapa draft, telaah dosen pembimbing dan penyanggah, validasi oleh ahli materi, ahli media, serta guru biologi hingga diperoleh produk akhir yang layak diuji coba. Implementasi dilakukan dalam dua

kali pertemuan untuk menerapkan E-LKPD, mengukur kesadaran lingkungan awal dan akhir, serta memperoleh data kepraktisan dan efektivitas produk. Evaluasi dilaksanakan pada setiap tahapan ADDIE sebagai dasar penyempurnaan E-LKPD agar memenuhi aspek validitas, kepraktisan, dan efektivitas.

Pengumpulan data dilakukan menggunakan lembar validasi E-LKPD, lembar observasi aktivitas peserta didik, angket respons peserta didik, dan angket kesadaran lingkungan. Validitas produk dinilai berdasarkan aspek isi, penyajian, dan bahasa oleh tiga validator, sedangkan kepraktisan dievaluasi melalui keterlaksanaan pembelajaran dan respons peserta didik. Keefektifan E-LKPD diukur melalui peningkatan kesadaran lingkungan yang mencakup aspek pengetahuan, sikap, dan tindakan menggunakan angket sebelum dan sesudah pembelajaran. Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif menggunakan skala Likert dan Guttman, dengan kriteria kelayakan minimal 75%, serta uji N-gain untuk menentukan tingkat peningkatan kesadaran lingkungan

peserta didik setelah menggunakan E-LKPD.

C.Hasil Penelitian dan Pembahasan Profil E-LKPD Berbasis PBL pada Materi Perubahan Lingkungan

Penelitian pengembangan ini menghasilkan produk berupa Elektronik Lembar Kerja Peserta Didik (E-LKPD) berbasis *Problem Based Learning* (PBL) pada materi Perubahan Lingkungan. E-LKPD terdiri atas dua topik pembelajaran, yaitu pencemaran udara dan pencemaran air. Pada topik pencemaran udara, peserta didik melakukan kegiatan menghitung jejak karbon dari aktivitas sehari-hari serta menyusun komitmen untuk mengurangi emisi karbon sebagai bentuk kepedulian terhadap lingkungan. Sementara itu, pada topik pencemaran air, peserta didik melaksanakan percobaan sederhana menggunakan metode fitoremediasi untuk mengetahui efektivitas tanaman air dalam memperbaiki kualitas air yang tercemar.

E-LKPD yang dikembangkan dapat diakses secara daring melalui platform Liveworksheets menggunakan telepon, laptop, maupun komputer sehingga memberikan kemudahan dan

fleksibilitas dalam kegiatan pembelajaran. Penyusunan E-LKPD mengintegrasikan sintaks PBL, Kurikulum Merdeka, dan indikator kesadaran lingkungan yang meliputi aspek pengetahuan, sikap, dan tindakan. E-LKPD dilengkapi dengan petunjuk penggunaan, capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, peta konsep, serta rangkaian kegiatan pembelajaran yang mengikuti tahapan PBL. Selain itu, tersedia berbagai fitur pendukung seperti *BIO-STEP*, *BIO-THINK*, *BIO-FAKTA*, *BIO-OBSERVASI*, *BIO-ANEVA*, dan *BIO-REFLEX* yang dirancang untuk membantu peserta didik memahami permasalahan lingkungan, menumbuhkan kepedulian terhadap lingkungan, serta mendorong penerapan tindakan nyata dalam menjaga kelestarian lingkungan. Berikut merupakan karakteristik E-LKPD yang telah dikembangkan pada tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik E-LKPD Perubahan Lingkungan

No.	Aspek	Karakteristik
1.	Spesifikasi	a. E-LKPD disusun menggunakan bahasa yang komunikatif dan sesuai dengan karakteristik peserta didik kelas X SMA. b. Desain E-LKPD memadukan teks, gambar, video, dan tautan interaktif yang mendukung pembelajaran. c. E-LKPD dapat diakses secara daring melalui platform <i>Liveworksheets</i> menggunakan ponsel, laptop, maupun komputer. d. Tampilan E-LKPD disusun secara sistematis dan menarik untuk meningkatkan motivasi belajar peserta didik.
2.	Struktur	a. Memuat halaman sampul (cover). b. Memuat petunjuk penggunaan E-LKPD. c. Memuat sintaks <i>Problem Based Learning</i> (PBL). d. Memuat indikator kesadaran lingkungan yang meliputi pengetahuan, sikap, dan tindakan. e. Memuat capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, dan peta konsep. f. Memuat kegiatan pembelajaran yang disusun berdasarkan sintaks PBL.
3.	Penggunaan	E-LKPD digunakan sebagai bahan ajar elektronik pada materi Perubahan Lingkungan yang dapat diakses secara daring melalui platform <i>Liveworksheets</i> menggunakan ponsel, laptop, maupun komputer. Penggunaan E-LKPD mendukung pembelajaran berbasis PBL secara fleksibel baik secara individu maupun kelompok.
4.	Isi	a. Berisi materi perubahan lingkungan sesuai Kurikulum Merdeka Fase E. b. Memuat topik pencemaran udara melalui kegiatan perhitungan jejak karbon dan penyusunan komitmen pengurangan emisi karbon. c. Memuat topik pencemaran air melalui kegiatan penelitian sederhana menggunakan metode fitoremediasi.
5.	Fitur	E-LKPD dilengkapi dengan fitur <i>BIO-STEP</i> , <i>BIO-THINK</i> , <i>BIO-FAKTA</i> , <i>BIO-OBSERVASI</i> , <i>BIO-ANEVA</i> , dan <i>BIO-REFLEXY</i> yang disesuaikan dengan sintaks PBL dan indikator kesadaran lingkungan. Berbagai fitur tersebut membantu peserta didik memahami permasalahan lingkungan, melakukan penyelidikan, menganalisis hasil, serta merefleksikan tindakan yang dapat dilakukan untuk menjaga lingkungan.

E-LKPD yang dikembangkan dirancang dengan mengintegrasikan sintaks *Problem Based Learning* (PBL) dan tiga indikator kesadaran lingkungan, yaitu pengetahuan, sikap, dan tindakan, melalui penyajian masalah kontekstual, penyelidikan, analisis data, dan refleksi. Berdasarkan masukan validator ahli materi dan media, dilakukan revisi dari Draft I menjadi Draft II, meliputi penyederhanaan indikator kesadaran lingkungan dari lima menjadi tiga

indikator, pemindahan fitur BIO-ANEVA ke tahap penyelidikan, penyusunan alur pembelajaran dengan pemberian materi dan video sebelum perancangan penelitian, serta penyesuaian tabel pengamatan praktikum agar mengikuti rancangan penelitian yang disusun peserta didik. Revisi tersebut menghasilkan E-LKPD yang lebih sesuai dengan pendekatan PBL, mendukung pembentukan kesadaran lingkungan, serta mencakup dua submateri, yaitu

pencemaran udara dan pencemaran air, sebelum dilanjutkan ke tahap validasi oleh dua dosen dan satu guru Biologi SMA.

Hasil Validasi E-LKPD

E-LKPD yang sudah diubah sesuai dengan masukan dan saran dari dosen kemudian dilakukan uji validitas untuk menentukan sejauh mana tingkat kevalidannya. Proses

validasi E-LKPD dilakukan oleh tiga orang validator, yaitu dosen yang ahli dalam materi, dosen yang ahli dalam penggunaan media, serta guru mata pelajaran biologi dari SMA. Aspek yang dinilai dalam tahap ini mencakup kelayakan penyajian, isi, dan bahasa, yang terdiri dari 14 aspek yang akan dinilai. Hasil pengecekan E-LKPD ditampilkan dalam Tabel 2. seperti berikut.

Tabel 2. Hasil validasi E-LKPD

No.	Aspek yg dinilai	Skor			Skor Total	%	Kategori
		V 1	V 2	V 3			
A. KELAYAKAN PENYAJIAN							
1	Penyajian E-LKPD	3	4	4	11	91,6	Sangat Valid
2	Tampilan E-LKPD	4	4	4	12	100	Sangat Valid
3	Kesesuaian warna E-LKPD	4	4	4	12	100	Sangat Valid
4	Kesesuaian jenis font dan ukuran huruf E-LKPD	4	4	4	12	100	Sangat Valid
5	Kualiatas Gambar	4	4	4	12	100	Sangat Valid
6	Kualitas video	4	4	4	12	100	Sangat Valid
7	Ketersediaan bacaan artikel	4	4	4	12	100	Sangat Valid
Rata-rata						98,8	Sangat Valid
B. KELAYAKAN ISI							
8	Kesesuaian konsep	4	4	4	12	100	Sangat Valid
9	Petunjuk penggunaan E-LKPD	4	4	4	12	100	Sangat Valid
10	Kesesuaian dengan <i>Problem Based Learning</i>	4	4	4	12	100	Sangat Valid
11	Kesesuaian dengan Indikator Kesadaran Lingkungan	4	4	4	12	100	Sangat Valid
Rata-rata						100	Sangat Valid
C. KEBAHASAAN							
12	Penggunaan Bahasa Dalam E-LKPD Dapat Dipahami Peserta Didik	4	4	4	12	100	Sangat Valid

No.	Aspek yg dinilai	Skor			Skor Total	%	Kategori
		V 1	V 2	V 3			
13	Penggunaan Kata Dalam E-LKPD Efektif dan Tidak Bermakna Ganda	4	4	4	12	100	Sangat Valid
14	Penggunaan Kalimat Dalam E-LKPD Menarik Perhatian Peserta Didik	4	4	4	12	100	Sangat Valid
Rata-rata						100	Sangat Valid
Rata-rata keseluruhan						99,4 %	Sangat valid

Keterangan :

V1 = Validator 1 (Dosen ahli materi)

V2 = Validator 2 (Dosen ahli media)

V3 = Validator 3 (Guru biologi SMAN 8 Surabaya)

Berdasarkan hasil validasi, E-LKPD berbasis PBL pada materi perubahan lingkungan memperoleh rata-rata persentase validitas sebesar 99,4% dengan kategori sangat valid, meliputi aspek penyajian, isi, dan kebahasaan. Validator memberikan beberapa masukan untuk penyempurnaan produk, seperti

penambahan variasi sampul, perbaikan sistematika fitur, penyusunan tujuan pembelajaran berbasis ABCD, penguatan materi kontekstual, penyesuaian kegiatan praktikum fitoremediasi, serta perbaikan tugas dan refleksi agar lebih mengarah pada pemecahan masalah dan tindakan nyata terhadap lingkungan. Hasil revisi tersebut menghasilkan E-LKPD yang lebih sistematis, menarik, dan sesuai dengan sintaks PBL sehingga siap digunakan dalam pembelajaran.

Tabel 3. Hasil Revisi e-LKPD Perubahan Lingkungan Setelah Validasi

Draft II (Sebelum Validasi)	Draft III (Setelah Validasi)
	

**Draft II
(Sebelum Validasi)**

E-LKPD hanya memiliki satu sampul utama sehingga belum menggambarkan materi pada setiap topik pembelajaran.

**Draft III
(Setelah Validasi)**



Ditambahkan satu sampul utama dan sampul khusus pada setiap topik Pencemaran Udara dan Pencemaran Air dengan gambar yang disesuaikan dengan materi sehingga tampilan lebih informatif dan menarik.



Penjelasan setiap fitur E-LKPD masih bersifat umum dan urutan penyajian fitur belum sistematis.



Penjelasan setiap fitur diperjelas sesuai fungsinya, urutan fitur disesuaikan dengan alur pembelajaran berbasis PBL, sehingga lebih mudah dipahami peserta didik.

**Draft II
(Sebelum Validasi)**

**Draft III
(Setelah Validasi)**

TUJUAN PEMBELAJARAN

1. Peserta didik mengidentifikasi fakta-fakta tentang perubahan lingkungan melalui pengamatan fenomena sekitar dengan tepat dan lengkap
2. Peserta didik mengidentifikasi faktor penyebab perubahan lingkungan maupun akibat aktivitas manusia secara logis.
3. Peserta didik menganalisis dampak perubahan lingkungan terhadap ekosistem dan kehidupan manusia berdasarkan studi kasus yang disajikan.
4. Peserta didik merumuskan masalah serta alternatif solusi permasalahan lingkungan setelah diskusi kelompok.
5. Peserta didik membuat hipotesis terkait solusi perubahan lingkungan berdasarkan hasil analisis data secara logis.
6. Peserta didik menguji hipotesis tentang solusi perubahan lingkungan melalui eksperimen atau simulasi sesuai prosedur ilmiah.
7. Peserta didik menarik kesimpulan terhadap solusi permasalahan lingkungan setelah menganalisis hasil percobaan atau diskusi.
8. Peserta didik menunjukkan sikap peduli dan tanggung jawab terhadap lingkungan melalui refleksi, diskusi, atau aksi nyata.

TUJUAN PEMBELAJARAN

1. Peserta didik mampu mengidentifikasi fakta tentang pencemaran udara dan air melalui studi kasus dalam bentuk teks sebagai bentuk kesadaran awal terhadap isu lingkungan.
2. Peserta didik mampu mengidentifikasi faktor pencemaran udara dan air akibat aktivitas manusia, secara logis serta menunjukkan sikap peduli terhadap dampak ekosistem.
3. Peserta didik mampu menganalisis dampak pencemaran udara dan air terhadap ekosistem dan kehidupan manusia secara logis serta menunjukkan tanggung jawab ekologis.
4. Peserta didik mampu merumuskan masalah dan solusi kasus pencemaran udara dan air melalui diskusi kelompok berdasarkan data dan fakta serta menunjukkan empati lingkungan.
5. Peserta didik mampu membuat hipotesis solusi terhadap permasalahan pencemaran udara dan air berdasarkan hasil pengamatan secara sistematis dan ilmiah.
6. Peserta didik mampu menguji hipotesis solusi pencemaran udara dan air berdasarkan data hasil pengamatan serta menunjukkan tanggung jawab dalam menjaga kualitas lingkungan.
7. Peserta didik mampu menarik kesimpulan hasil penelitian terkait pencemaran udara dan air secara logis dan tepat serta merefleksikan peran manusia dalam menjaga lingkungan.
8. Peserta didik mampu menerapkan sikap peduli dan tanggung jawab terhadap lingkungan dalam mengatasi pencemaran udara dan air melalui kegiatan refleksi dan aksi nyata secara bertanggung jawab.

Tujuan pembelajaran belum disusun sesuai komponen ABCD sehingga rumusannya masih bersifat umum dan kurang terukur.

Tujuan pembelajaran direvisi dengan menyesuaikan komponen ABCD (*Audience, Behavior, Condition, Degree*) sehingga lebih spesifik, terukur, dan sesuai dengan materi pencemaran udara dan pencemaran air.

BIO-STEP Mengorganisasi peserta didik untuk belajar

Pencemaran air merupakan salah satu masalah lingkungan yang sangat serius karena berdampak langsung pada kelangsungan hidup makhluk hidup, khususnya organisme akuatik. Air yang tercemar dapat berasal dari berbagai aktivitas manusia, seperti pembangunan limbah rumah tangga (deterjen, sampah organik), limbah industri tanpa pengolahan, maupun limbah pertanian yang mengandung pupuk dan pestisida. Zat-zat berbahaya tersebut akan menurunkan kualitas air dan mengganggu keseimbangan ekosistem perairan. Salah satu dampak nyata dari pencemaran air adalah menurunnya kelangsungan hidup ikan. Ikan yang hidup pada air tercemar sering menunjukkan perubahan perilaku, seperti gerakan lambat, kehilangan keseimbangan, bahkan berujung pada kematian. Kondisi ini menandakan bahwa pencemaran air tidak hanya merusak lingkungan, tetapi juga membahayakan kesehatan manusia yang bergantung pada ekosistem sungai, danau, maupun laut.

Untuk memahami lebih jauh pengaruh pencemaran air terhadap kesehatan ikan, peserta didik dapat melakukan penelitian sederhana menggunakan beberapa sumber pencemar berbeda. Melalui pengamatan kondisi ikan dalam berbagai sumber pencemar tersebut, peserta didik dapat mengetahui bagaimana kualitas air memengaruhi aktivitas serta kelangsungan hidup ikan. Penelitian ini juga melatih kesadaran lingkungan agar lebih bijak dalam menggunakan air dan mencegah pencemaran.

BIO-OBSERVASI

Tonton dan simak video berikut dengan cara klik link di bawah:



Rancanglah penelitian sederhana uji pencemaran air berdasarkan video percobaan diatas dengan kelompok!

Kelompok 1: Deterjen bubuk	Kelompok 5: Minyak goreng bekas
Kelompok 2: Sabun mandi cair	Kelompok 6: Cuka
Kelompok 3: Sabun cuci piring	Kelompok 7: Cairan pemutih lantai
Kelompok 4: Deterjen cair	

BIO-STEP Mengorganisasi peserta didik untuk belajar

Pencemaran pencemaran air di Sungai Wundamon merupakan bahaya limbah domestik seperti air bekas cucian yang mengandung deterjen, minyak dapur, serta sampah organik masih banyak dibuang langsung ke sungai tanpa melalui proses pengolahan. Kondisi ini menyebabkan penurunan kualitas air yang ditandai dengan air keruh, berbau, serta menurunnya kadar oksigen terlarut yang berdampak pada kehidupan biota air dan kesehatan masyarakat.

Salah satu solusi yang dapat dilakukan adalah menggunakan fitoremediasi, yaitu teknik pengolahan air limbah dengan memanfaatkan tanaman air untuk menyerap zat pencemar. Tanaman seperti eceng gondok, kangkung, dan hydrilla dapat digunakan untuk menyerap kandungan polutan sehingga air dibuang ke lingkungan.

Kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan kesadaran peserta didik terhadap pentingnya menjaga kualitas lingkungan. Tanaman air, serta menunjukkan sikap peduli dan tanggung jawab dalam menjaga limbah agar tidak mencemari lingkungan.

BIO-OBSERVASI

Tonton dan simak video berikut dengan cara klik link di bawah:



Rancanglah penelitian sederhana fitoremediasi berdasarkan video percobaan diatas dengan kelompok!

Kelompok 1 : Eceng gondok	Kelompok 6 : Teratai Air
Kelompok 2 : Eceng gondok	Kelompok 7 : <i>Hydrilla verticillata</i>
Kelompok 3 : Eceng gondok	Kelompok 8 : <i>Hydrilla verticillata</i>
Kelompok 4 : Teratai Air	Kelompok 9 : <i>Hydrilla verticillata</i>
Kelompok 5 : Teratai Air	

Materi dan kegiatan observasi masih bersifat umum serta belum sepenuhnya mengarahkan peserta didik pada pemecahan masalah nyata.

Materi direvisi menjadi lebih kontekstual, sedangkan kegiatan observasi disesuaikan dengan sintaks PBL melalui video praktikum fitoremediasi dan perancangan penelitian sederhana sehingga lebih mendukung kemampuan pemecahan masalah dan kesadaran lingkungan peserta didik.

Selanjutnya, lakukanlah penelitian sesuai dengan prosedur yang telah disusun!

Catat hasil penelitian kalian pada tabel di bawah ini!

No	Perlakuan	Waktu		
		Menit 2	Menit 4	Menit 6
1.	Mangkok 1			
2.	Mangkok 2			
3.	Mangkok 3			

Keterangan

- (+++): Ikan aktif dan berenang normal
 (++) : Ikan bergerak lambat dan kehilangan keseimbangan
 (+) : Ikan melambatkan hanya gerakan sirip
 (-) : Ikan mati

Tabel pengamatan masih menggunakan parameter perilaku ikan dan waktu pengamatan sehingga belum sesuai dengan kegiatan praktikum dalam E-LKPD.

Selanjutnya, lakukanlah percobaan sesuai dengan prosedur yang telah disusun!

Catat hasil penelitian kalian pada tabel di bawah ini!

Hari ke-	Warna Air	Bau	Kekeruhan	pH	Kondisi Tanaman

Tabel pengamatan direvisi dengan parameter hari pengamatan, warna air, bau, kekeruhan, pH, dan kondisi tanaman sehingga sesuai dengan praktikum fitoremediasi dan memudahkan peserta didik melakukan observasi secara sistematis.

**Draft II
(Sebelum Validasi)**

BIO-STEP Mengembangkan dan Menyajikan hasil karya

Buatlah video edukasi singkat berdurasi min 3 menit tentang pencemaran air (penyebab, dampak, dan cara pencegahannya). Tunjukkan komitmen kelompok kalian untuk mengatasi pencemaran air dalam kehidupan sehari-hari. Kemudian unggah video tersebut ke aplikasi Youtube (perwakilan anggota kelompok) dan salurkan linknya pada kolom berikut!

Jangan lupa presentasikan hasil uji pencemaran air di depan kelas dengan membuat infografis digital yang memuat data hasil pengamatan tiap sampel serta solusi sederhana untuk mengurangi pencemaran air di lingkungan sekitar. Teruslah berkomitmen menjaga kualitas air agar tetap bersih demi kesehatan dan kelestarian bumi kita!

Tugas pembuatan video masih membahas pencemaran air secara umum dan belum dikaitkan dengan hasil kegiatan praktikum.

**Draft III
(Setelah Validasi)**

BIO-STEP Mengembangkan dan Menyajikan hasil karya

Buatlah video dokumentasi berdurasi minimal 3 menit yang menampilkan proses fitoremediasi mulai dari persiapan alat dan bahan, proses penanaman atau penggunaan tanaman sebagai media penyerap zat pencemar, hingga proses pengamatan perubahan yang terjadi selama 3 hari. Tampilkan juga hasil pengamatan tersebut disertai penjelasan singkat mengenai fungsi dan kegunaannya dalam mengurangi pencemaran lingkungan. Unggah video tersebut ke platform Youtube (perwakilan anggota kelompok) dan tuliskan tautannya pada kolom berikut.

Tugas direvisi menjadi pembuatan video dokumentasi proses praktikum fitoremediasi beserta hasil pengamatan dan penjelasan fungsi tanaman, sehingga lebih sesuai dengan kegiatan pembelajaran dan sintaks PBL.

BIO-REFLEXY

Lingkari emoji dibawah ini yang menggambarkan perasaan kalian selama kegiatan pembelajaran

Setelah melakukan uji pencemaran air, apakah hal yang paling menarik bagi kalian selama proses uji pencemaran air?

Bagaimana perasaan kalian melihat air menjadi keruh atau tidak layak pakai akibat aktivitas manusia?

Sebagai pelajar, apa peran kecil yang bisa kalian lakukan untuk memberi contoh sikap menjaga kebersihan air bagi orang di sekitar?

Setelah menemukan permasalahan pencemaran air, langkah apa yang akan kalian lakukan sebagai anak muda penerus bangsa dalam upaya untuk ikut menjaga kebersihan air di lingkungan sekitar?

Pertanyaan refleksi masih berfokus pada pengalaman uji pencemaran air dan belum sepenuhnya mengarahkan peserta didik pada tindakan nyata dalam menjaga lingkungan.

BIO-REFLEXY

Setelah melakukan kegiatan fitoremediasi, hal apa yang paling menarik atau berkesan bagi kalian selama proses tersebut?

Bagaimana perasaan kalian ketika mengetahui bahwa sampah plastik dapat dimanfaatkan kembali menjadi produk yang berguna?

Sebagai pelajar, apa peran kecil yang dapat kalian lakukan untuk membantu mengurangi sampah plastik di lingkungan sekolah maupun rumah?

Setelah memahami permasalahan sampah plastik, langkah apa yang akan kalian lakukan sebagai generasi muda untuk menjaga kelestarian lingkungan?

Lingkari emoji yang menggambarkan perasaan kalian selama kegiatan pembelajaran

Pertanyaan refleksi direvisi agar sesuai dengan kegiatan pembelajaran, mengarahkan peserta didik untuk merefleksikan hasil kegiatan fitoremediasi, pemanfaatan sampah plastik, serta menumbuhkan komitmen dan tindakan nyata dalam menjaga kelestarian lingkungan.

Berdasarkan Tabel 3, hasil validasi menunjukkan beberapa revisi pada E-LKPD meliputi perbaikan tampilan, sistematika fitur, tujuan pembelajaran, materi kontekstual, kegiatan praktikum, tugas, dan refleksi. Perbaikan tersebut dilakukan

sesuai masukan validator agar E-LKPD lebih sistematis, menarik, sesuai sintaks PBL, serta mendukung pembentukan kesadaran lingkungan peserta didik.

Hasil Kepraktisan E-LKPD

Kepraktisan E-LKPD berbasis PBL dinilai melalui keterlaksanaan aktivitas peserta didik dan angket respons peserta didik. Hasil observasi menunjukkan keterlaksanaan pembelajaran memperoleh rata-rata 96% pada E-LKPD I dan 94% pada E-LKPD II dengan kategori sangat praktis. Selain itu, hasil angket respons peserta didik memperoleh persentase rata-rata 99% yang menunjukkan respon positif terhadap aspek penyajian, isi, bahasa, dan kemampuan E-LKPD dalam melatih kesadaran lingkungan. Berdasarkan hasil tersebut, E-LKPD berbasis PBL dinyatakan sangat praktis digunakan dalam pembelajaran materi perubahan lingkungan.

Hasil Keefektifan E-LKPD

Keefektifan E-LKPD berbasis PBL pada materi perubahan lingkungan dianalisis berdasarkan hasil pengerjaan E-LKPD dan peningkatan kesadaran lingkungan peserta didik melalui angket pretest dan posttest. Hasil penilaian pengerjaan menunjukkan bahwa peserta didik mampu menyelesaikan setiap tahapan kegiatan dalam E-LKPD dengan baik, ditunjukkan oleh

rata-rata nilai E-LKPD I sebesar 85,75 dengan kategori baik dan E-LKPD II sebesar 91,5 dengan kategori sangat baik. Selain itu, hasil angket kesadaran lingkungan menunjukkan adanya peningkatan setelah penggunaan E-LKPD, dengan rata-rata skor awal sebesar 78 meningkat menjadi 94 pada skor akhir. Peningkatan tersebut diperkuat melalui hasil analisis N-gain dengan nilai rata-rata sebesar 0,73 yang termasuk kategori tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan E-LKPD berbasis PBL efektif dalam meningkatkan kesadaran lingkungan peserta didik melalui penguatan aspek pengetahuan, sikap, dan tindakan terhadap permasalahan lingkungan.

Tabel 4. Hasil Analisis Statistik

Deskriptif

No	Statistik	Kesadaran	Kesadaran
		Awal	Akhir
1.	Mean	78.22	94.62
2.	Median	80.00	94.00
3.	Maximum	86	100
4.	Minimum	61	89
5.	Range	25	12
6.	Standar Deviasi	6.874	3.052

Berdasarkan hasil analisis statistik deskriptif pada Tabel 4, diketahui bahwa skor kesadaran lingkungan peserta didik mengalami peningkatan setelah mengikuti pembelajaran menggunakan E-LKPD

berbasis PBL. Peningkatan tersebut ditunjukkan oleh meningkatnya nilai rata-rata dari 78,22 menjadi 94,62, median dari 80,00 menjadi 94,00, nilai maksimum dari 86 menjadi 100, serta nilai minimum dari 61 menjadi 89. Selain itu, nilai *range* mengalami penurunan dari 25 menjadi 12, diikuti penurunan standar deviasi dari 6.874 menjadi 3,052. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan E-LKPD berbasis PBL mampu meningkatkan skor kesadaran lingkungan peserta didik berdasarkan hasil angket sebelum dan sesudah pembelajaran.

Pembahasan

Penelitian pengembangan ini menghasilkan E-LKPD berbasis *Problem Based Learning* (PBL) pada materi perubahan lingkungan untuk peserta didik kelas X SMA dengan dua topik utama, yaitu pencemaran udara dan pencemaran air. Kedua topik tersebut dipilih karena berkaitan dengan permasalahan lingkungan yang dekat dengan kehidupan sehari-hari sehingga peserta didik dapat menghubungkan konsep Biologi dengan fenomena nyata melalui proses identifikasi masalah, penyelidikan, analisis data, dan

penyusunan solusi. E-LKPD yang dikembangkan tidak hanya mengubah LKPD cetak menjadi bentuk digital, tetapi mengintegrasikan teks, gambar, video, artikel, tautan, pertanyaan interaktif, serta tabel pengamatan untuk mendukung pembelajaran aktif. Penyusunan tersebut sesuai dengan karakteristik PBL yang menempatkan masalah autentik sebagai awal pembelajaran dan mendorong peserta didik membangun pengetahuan melalui pemecahan masalah (Nafisah, 2026). Hasil ini sejalan dengan penelitian Zahroh dan Yuliani (2021) serta Noormiati et al. (2023) yang menyatakan bahwa E-LKPD interaktif dapat meningkatkan kemandirian belajar, keterlibatan peserta didik, dan kemampuan berpikir melalui aktivitas yang terstruktur.

Profil E-LKPD menunjukkan bahwa produk telah disusun berdasarkan sintaks PBL dan indikator kesadaran lingkungan yang meliputi pengetahuan, sikap, dan tindakan. Tahapan PBL diterapkan melalui kegiatan orientasi masalah menggunakan artikel, gambar, dan video, pengorganisasian peserta didik melalui perumusan masalah dan hipotesis, penyelidikan melalui kegiatan pengamatan, analisis data,

penyajian hasil, serta refleksi. Integrasi indikator kesadaran lingkungan tampak melalui aktivitas mengenali penyebab dan dampak pencemaran, mengevaluasi perilaku manusia terhadap lingkungan, serta menyusun solusi yang dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Fitur *BIO-FAKTA*, *BIO-THINK*, *BIO-STEP*, *BIO-OBSERVASI*, *BIO-ANEVA*, dan *BIO-REFLEXY* berfungsi sebagai pengarah aktivitas kognitif dan reflektif peserta didik selama proses pembelajaran. Hal tersebut mendukung penelitian Miterianifa dan Mawarni (2024) serta Dewi dan Prastiwi (2024) yang menjelaskan bahwa pembelajaran lingkungan berbasis masalah perlu menghubungkan pemahaman konsep dengan kepedulian dan tindakan nyata.

Hasil validasi menunjukkan bahwa E-LKPD memperoleh persentase rata-rata 99,4% dengan kategori sangat valid, sehingga memenuhi kelayakan teoretis untuk digunakan dalam pembelajaran. Tingginya nilai validasi menunjukkan bahwa aspek penyajian, isi, dan kebahasaan telah sesuai dengan materi perubahan lingkungan, karakteristik peserta didik, sintaks

PBL, serta tujuan pengembangan kesadaran lingkungan. Aspek penyajian memperoleh nilai tinggi karena E-LKPD mampu menggabungkan multimedia yang mendukung pemahaman konsep, sedangkan aspek isi menunjukkan kesesuaian antara kegiatan pembelajaran dengan permasalahan lingkungan nyata. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Fadhil dan Kuntjoro (2021) yang menunjukkan bahwa LKPD berbasis PBL terintegrasi kepedulian lingkungan memiliki tingkat validitas tinggi dan mampu mendukung pemahaman konsep serta keterampilan pemecahan masalah. Dengan demikian, E-LKPD yang dikembangkan telah memenuhi fungsi sebagai bahan ajar digital yang tidak hanya menyampaikan materi, tetapi juga memfasilitasi proses ilmiah dan pembentukan sikap peduli lingkungan.

Kepraktisan E-LKPD ditunjukkan melalui keterlaksanaan aktivitas peserta didik dan respon pengguna yang memperoleh kategori sangat praktis. Keterlaksanaan pembelajaran mencapai 96% pada E-LKPD I dan 94% pada E-LKPD II, sedangkan respon peserta didik memperoleh rata-rata 99%, yang menunjukkan bahwa produk mudah digunakan, menarik, dan mampu mengarahkan

peserta didik mengikuti tahapan PBL. Peserta didik dapat melakukan aktivitas membaca informasi, merumuskan masalah, menyusun hipotesis, melakukan penyelidikan, menganalisis data, menyajikan hasil, hingga melakukan refleksi. Kepraktisan tersebut menunjukkan bahwa rancangan E-LKPD telah mampu diterapkan dalam kondisi pembelajaran nyata dan mendukung keterlibatan aktif peserta didik. Temuan ini diperkuat oleh penelitian Sahadah dan Yuliani (2024) serta Yuanisyak *et al.* (2024) yang menyatakan bahwa E-LKPD berbasis PBL dapat menciptakan pembelajaran yang interaktif, sistematis, dan meningkatkan partisipasi peserta didik.

Keefektifan E-LKPD ditunjukkan melalui peningkatan hasil pengerjaan dan kesadaran lingkungan peserta didik setelah pembelajaran. Nilai rata-rata pengerjaan E-LKPD meningkat dari 85,75 pada E-LKPD I menjadi 91,5 pada E-LKPD II, sedangkan skor angket kesadaran lingkungan meningkat dari 78 menjadi 94 dengan nilai *N-gain* sebesar 0,73 kategori tinggi. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa kegiatan berbasis masalah, penyelidikan, dan refleksi dalam E-LKPD mampu membantu peserta didik memahami konsep lingkungan sekaligus membangun sikap dan tindakan peduli lingkungan. Hasil ini sejalan dengan penelitian Nisak dan Susantini (2023) serta Dewi dan Prastiwi (2024) yang menunjukkan bahwa E-LKPD berbasis PBL efektif dalam

meningkatkan kemampuan analisis masalah lingkungan dan kesadaran pelestarian lingkungan. Berdasarkan hasil validitas, kepraktisan, dan efektivitas tersebut, E-LKPD berbasis PBL yang dikembangkan dapat dinyatakan layak digunakan sebagai bahan ajar Biologi untuk melatih kesadaran lingkungan peserta didik.

E. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengembangan, dapat disimpulkan bahwa E-LKPD berbasis *Problem Based Learning* (PBL) pada materi perubahan lingkungan untuk melatih kesadaran lingkungan peserta didik kelas X telah memenuhi aspek kelayakan teoretis, praktis, dan keefektifan. Hasil validasi ahli memperoleh persentase rata-rata 99,4% dengan kategori sangat valid, meliputi aspek penyajian sebesar 98,8%, isi sebesar 100%, dan kebahasaan sebesar 100%. Dari aspek kepraktisan, E-LKPD memperoleh keterlaksanaan aktivitas peserta didik sebesar 96% pada E-LKPD I dan 94% pada E-LKPD II serta respons peserta didik sebesar 99% dengan kategori sangat praktis. Selain itu, E-LKPD terbukti efektif dalam meningkatkan kesadaran lingkungan peserta didik berdasarkan

peningkatan skor angket dengan nilai *N-gain* sebesar 0,73 kategori tinggi. Dengan demikian, E-LKPD berbasis PBL yang dikembangkan layak dan efektif digunakan sebagai bahan ajar Biologi untuk mendukung pembelajaran perubahan lingkungan serta melatih pengetahuan, sikap, dan tindakan peduli lingkungan peserta didik.

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar E-LKPD berbasis *Problem Based Learning* (PBL) pada materi perubahan lingkungan dapat dimanfaatkan sebagai alternatif bahan ajar Biologi untuk mendukung pembelajaran yang aktif dan kontekstual. Guru diharapkan dapat menyesuaikan penggunaan E-LKPD dengan kondisi sarana, waktu pembelajaran, serta memberikan pendampingan terutama pada tahap penyelidikan dan analisis data. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji penerapan E-LKPD pada cakupan peserta didik dan sekolah yang lebih luas, serta mengembangkan fitur interaktif yang lebih beragam untuk mengukur peningkatan kesadaran lingkungan dalam jangka waktu yang lebih panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, B., & Mu'id, A. (2024). Pengembangan Kurikulum Berbasis Keterampilan dalam Menghadapi Tuntutan Kompetensi Abad 21. *DAARUS TSAQOFAH Jurnal Pendidikan Pascasarjana Universitas Qomaruddin*, 1(2), 118–128. <https://doi.org/10.62740/jppuqg.v1i2.23>
- Betahita. (2024). Mikroplastik di sungai-sungai Mataram. <https://betahita.id/news/lipsus/8331/mikroplastik-di-sungai-sungai-mataram.html>
- Betahita. (2023). *Mengenal kelapa sawit, penyebab deforestasi terbesar saat ini*. <https://betahita.id/news/detail/5845/mengenal-kelapa-sawit-penyebab-deforestasi-terbesar-saat-ini.html>
- Dewi, H. T. C. R., & Prastiwi, M. S. (2024). Pengaruh Lkpd Berbasis Model *Problem Based Learning* untuk Melatih Kesadaran Pelestarian Lingkungan Peserta Didik ada Materi Perubahan Lingkungan. *BioEdu: Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*, 13(3), 747–753.
- Fadhil, A. R., & Kuntjoro, S. (2021). Validitas Lembar Kerja Peserta Didik Terintegrasi Sikap Peduli Lingkungan Berbasis *Problem Based Learning* pada Materi Perubahan Lingkungan untuk Melatihkan Keterampilan Pemecahan Masalah Kelas X SMA. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 10(2), 292–301.
- Fadhilah, H., Relynada, R., Erin, F., & Fadhilah, M. R. (2022). Implementasi Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 Tentang

- Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup terhadap Kebersihan Lingkungan Masyarakat. *Cross-border*, 5(2), 1190-1200.
- Fithri, S., Pada, A. U. T., Artika, W., Nurmaliah, C., & Hasanuddin, H. (2021). Implementasi LKPD berbasis STEM untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia (Indonesian Journal of Science Education)*, 9(4), 555-564.
- Fitriana, N., Rachmadiarti, F., & Suyono, S. (2023). Implementasi PBL (Problem Based Learning) berbantuan media video sebagai upaya meningkatkan motivasi dan hasil belajar kognitif siswa pada materi sistem koordinasi kelas XI SMA. *Jurnal Penelitian Pendidikan Biologi*, 1(1).
- Halimah, S. (2024). *Pengaruh Iklim Sekolah dan Reward terhadap Kinerja Guru di SMP Negeri Kecamatan Serpong Kota Tangerang Selatan* [UIN Syarif Hidayatullah]. <https://share.google/JVtphgaj6HI5gn2yO>
- Hasanah, L., Maspupah, M., & Paujiah, E. (2025, December). Peningkatan keterampilan berpikir sistem menggunakan model problem based learning berbantu augmented reality. In *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi* (Vol. 11, No. 1, pp. 84-91).
- Hosnan, M. (2014). *Pendekatan saintifik dan kontekstual dalam pembelajaran abad 21: kunci sukses implementasi kurikulum 2013*. Ghalia Indonesia.
- Irwanti, H., & Zetriuslita, Z. (2021). Pengembangan Bahan Ajar Berdasarkan Model *Problem Based Learning* Berorientasi Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa Kelas VIII SMP. *JURING (Journal for Research in Mathematics Learning)*, 4(2), 103–112. <https://doi.org/10.24014/juring.v4i2.12568>
- Kemendikdasmen. (2025). *Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Nomor 046/H/KR/2025 tentang Capaian Pembelajaran pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar dan Jenjang Pendidikan Menengah*.
- Lovely Bogor. (2024). Mengenal sanitary landfill, sistem pengelolaan sampah yang banyak digunakan di Indonesia. <https://lingkungan.lovelybogar.com/mengenal-sanitary-landfill-sistem-pengelolaan-sampah-yang-banyak-digunakan-di-indonesia/>
- Makkasau, A., Sahabuddin, E. S., Natsir, S. Z. M., Hajar, S., & Amrah. (2025). Guru Madrasah Ibtidaiyah Makassar sebagai Agen Perubahan dengan Strategi Penguatan Pendidikan Lingkungan. *Jurnal Altifani*, 5(6), 1516–1524. <https://doi.org/10.59395/altifan.v5i6.976>
- Miterianifa, M., & Mawarni, M. F. (2024). Penerapan Model Pembelajaran Literasi Lingkungan dalam Meningkatkan Pengetahuan dan Kesadaran Lingkungan. *Jurnal Sains Dan Edukasi Sains*, 7(1), 68–73.

- <https://doi.org/10.24246/juses.v7i1p68-73>
- Nisak, E. F. K., & Susantini, E. (2023). Pengembangan E-LKPD Perubahan Lingkungan Berbasis *Problem Based Learning* untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Peserta Didik. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 12(3), 683–694.
- Noormiati, N., Zaini, M., & Karim, K. (2023). Desain dan Uji Coba E-LKPD IPA Menggunakan *Liveworksheet* untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis. *Journal of Banua Science Education*, 3(2), 127–134.
<https://doi.org/10.20527/jbse.v3i2.169>
- Ostman, R. E., & Parker, J. L. (1987). Public's Enviromental Information Sources and Evaluations of Mass Media. *The Journal of Enviromental Education*, 18(2), 9–17.
- Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Pertiwi, W. J., Solfarina, S., & Langitasari, I. (2021). Pengembangan lembar kerja peserta didik (LKPD) berbasis etnosains pada konsep larutan elektrolit dan nonelektrolit. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 15(1), 2717–2730.
- Sahabuddin, R., Usain, F., Gemawan, M. A., Azizah, Z., & Nuraziza. (2025). Analisis peran dan Metode Pengajaran Dosen dalam pembelajaran “Online” terhadap Kualitas Belajar Mahasiswa: Studi Mediasi oleh Motivasi Belajar. *Jurnal Pendidikan, Sosial Dan Humaniora*, 1(4), 555–564.
- <https://doi.org/10.62710/dg7ns.m30>
- Sahadah, S. Z., & Yuliani. (2024). The Development Problem-Based Learning Based Environmental Change Interactive e-LKPD to Train Students ' Critical. *BioEdu Berkala Jumlah Pendidikan Biologi*, 13(3), 582–593.
<https://doi.org/10.26740/bioedu.v13n3.p582-593>
- Syamsi, A. N., & Fitrihidajati, H. (2021). Validitas lembar kegiatan peserta didik (LKPD) berbasis problem based learning (PBL) pada materi perubahan lingkungan untuk melatih keterampilan berpikir kritis siswa kelas X. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 10(2), 397–402.
- Syita, A. R., & Faizah, U. (2025). Pengembangan lembar kerja peserta didik Purigami berbasis problem based learning pada materi perubahan lingkungan untuk melatih keterampilan pemecahan masalah siswa kelas X. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 14(2), 429–439.
- Yuanisyyak, A., Budiretnani, D. A., & Rahmawati, I. (2024). Peningkatan Hasil Belajar Biologi Peserta Didik Kelas X SMA Muhammadiyah Melalui Penerapan E- LKPD Berbasis Model *Problem Based Learning*. *SEMDIKJAR (Seminar Nasional Pendidikan Dan Pembelajaran)*, 20, 470–476.
<https://doi.org/10.29407/y1d47515>
- Zahroh, D. A., & Yuliani, Y. (2021). Pengembangan e-LKPD Berbasis Literasi Sains untuk

Melatihkan Keterampilan
Berpikir Kritis Peserta Didik
pada Materi Pertumbuhan dan
Perkembangan. *Berkala Ilmiah
Pendidikan Biologi (BioEdu)*,
10(3), 605–616.
[https://doi.org/10.26740/bioedu
.v10n3.p605-616](https://doi.org/10.26740/bioedu.v10n3.p605-616)