

**PENGEMBANGAN E-LKPD *ECO ENZYME* BERBASIS
PROJECT BASED LEARNING (PjBL) SEBAGAI
MEDIA PEMBELAJARAN BIOLOGI SMA/MA**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1



Disusun oleh:

Tegar Bagus Nugroho

21104070063

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2025

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 513056 Fax. (0274) 586117 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2834/Un.02/DT/PP.00.9/09/2025

Tugas Akhir dengan judul : PENGEMBANGAN E-LKPD *ECO ENZYME* BERBASIS *PROJECT BASED LEARNING* (PjBL) SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN BIOLOGI SMA/MA

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : TEGAR BAGUS NUGROHO
Nomor Induk Mahasiswa : 21104070063
Telah diujikan pada : Kamis, 28 Agustus 2025
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Sulistiyawati, S.Pd.I., M.Si
SIGNED

Valid ID: 68be84e720526



Penguji I

Runtut Prih Utami, S.Pd., M.Pd
SIGNED

Valid ID: 68bfced82433



Penguji II

Dian Noviar, S.Pd., M.Pd.Si.
SIGNED

Valid ID: 68bfbd0bf80d



Yogyakarta, 28 Agustus 2025
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Prof. Dr. Sigit Purnama, S.Pd.I., M.Pd.
SIGNED

Valid ID: 68c10bea2dc3f

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Tegar Bagus Nugroho
NIM : 21104070063
Program Studi : Pendidikan Biologi
Fakultas : Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Menyatakan dengan sesungguhnya, bahwa skripsi saya yang berjudul:
"Pengembangan E-LKPD Eco Enzyme berbasis Project Based Learning (PjBL) sebagai Media Pembelajaran Biologi SMA/MA" adalah hasil karya pribadi dan sepanjang pengetahuan penyusun tidak berisi materi yang dipublikasikan atau ditulis orang lain, kecuali bagian-bagian tertentu yang penyusun ambil sebagai acuan dengan mengikuti tata penulisan ilmiah yang lazim.

Yogyakarta, 13 Agustus 2025

Yang menyatakan,



Tegar Bagus Nugroho
NIM. 21104070063

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI

Hal : Surat Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir
Lamp. : -

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

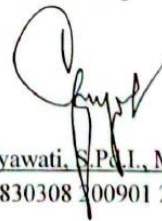
Nama : Tegar Bagus Nugroho
NIM : 21104070063
Judul Skripsi : Pengembangan E-LKPD *Eco Enzyme* berbasis *Project Based Learning* sebagai Media Pembelajaran Biologi SMA/MA

Sudah dapat diajukan kepada Program Studi Pendidikan Biologi Islam Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Pendidikan Biologi.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara/i tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 13 Agustus 2025
Pembimbing



Sulistiyawati, S.Pd.I., M.Si
NIP. 19830308 200901 2 014

PENGEMBANGAN E-LKPD *ECO ENZYME* BERBASIS *PROJECT BASED*

***LEARNING* (PjBL) SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN BIOLOGI**

SMA/MA

Tegar Bagus Nugroho

21104070063

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh rendahnya pemahaman siswa terhadap materi limbah dan bahan alam serta kurangnya media pembelajaran yang dapat mengintegrasikan konsep teoritis dengan aplikasi praktis dalam kehidupan sehari-hari. Pembelajaran biologi masih didominasi oleh metode konvensional yang kurang melibatkan siswa dalam kegiatan eksplorasi dan investigasi, sehingga menyebabkan rendahnya motivasi belajar dan pencapaian kompetensi siswa. Penelitian ini bertujuan untuk: 1) Menghasilkan desain pengembangan E-LKPD *Eco Enzyme* berbasis PjBL sebagai media pembelajaran biologi SMA/MA; 2) Mengetahui kelayakan E-LKPD *Eco Enzyme* berbasis PjBL berdasarkan penilaian ahli materi dan ahli media; dan 3) Mengetahui kepraktisan E-LKPD *Eco Enzyme* berbasis PjBL berdasarkan respon guru dan siswa. Metode penelitian yang digunakan adalah *research and development* dengan model 4D mengadopsi dari Thiagarajan namun terbatas pada tahap *develop*. E-LKPD dikembangkan menggunakan *platform* Canva dalam format situs *website*. Kelayakan produk diuji melalui penilaian oleh 2 orang ahli materi dan 2 orang ahli media. Kepraktisan produk diuji melalui penilaian oleh 2 guru biologi dan 32 siswa. Data diambil melalui angket dengan skala *Likert* 1-5. Hasil pengambilan data yang telah dilakukan yaitu penilaian ahli materi sebesar 88,5%, penilaian ahli media sebesar 94,5%, penilaian guru sebesar 91,5%, dan penilaian siswa sebesar 89,5%. Berdasarkan hasil tersebut, E-LKPD *Eco Enzyme* berbasis *Project Based Learning* yang dikembangkan termasuk dalam kategori sangat layak dan sangat praktis untuk digunakan dalam pembelajaran biologi SMA/MA.

Kata kunci: E-LKPD, *Eco enzyme*, *Project Based Learning*

**DEVELOPMENT OF *ECO ENZYME* ELECTRONIC STUDENT
WORKSHEET BASED ON *PROJECT BASED LEARNING* (PjBL) AS
BIOLOGY LEARNING MEDIA FOR SENIOR HIGH SCHOOL**

Tegar Bagus Nugroho

21104070063

ABSTRACT

This research was motivated by the low level of students' understanding of waste and natural materials, as well as the lack of learning media that integrate theoretical concepts with practical applications in everyday life. Biology learning is still dominated by conventional methods that do not sufficiently engage students in exploration and investigation activities, leading to low learning motivation and poor achievement of student competencies. The objectives of this research are to: 1) Develop a design for a Project-Based Learning (PjBL)-based Eco Enzyme E-LKPD as a learning medium for high school/MA biology; 2) Determine the feasibility of the PjBL-based Eco Enzyme E-LKPD based on evaluations by material experts and media experts; and 3) Assess the practicality of the PjBL-based Eco Enzyme E-LKPD based on teacher and student responses. The research method employed was research and development (R&D) using the 4D model adapted from Thiagarajan, limited to the develop stage. The E-LKPD was developed using the Canva platform in a website format. The product was tested for feasibility by two material experts and two media experts, and for practicality by two biology teachers and 32 students. Data were collected using evaluation questionnaires with a 5-point Likert scale. The results showed that the material expert evaluation reached 88.5%, media expert evaluation 94.5%, teacher evaluation 91.5%, and student evaluation 89.5%. Based on these results, the Project-Based Learning-based Eco Enzyme E-LKPD developed in this study is considered highly feasible and highly practical for use in high school/MA biology learning.

Keywords: Electronic Student Worksheet, Eco enzyme, Project Based Learning

MOTTO

"Sedangkan sebetulnya cara mendapatkan hasil itulah yang lebih penting daripada hasil sendiri"

~ Tan Malaka ~

"Kita harus optimis tapi berhati-hati, dan pesimis namun terus berharap"

"Saatnya mempertemukan imajinasi dengan realita, jangan sampai saya tidak memperjuangkan imajinasi, tapi juga jangan sampai saya tidak cukup peka untuk menangkap apa yang ditawarkan realita"

~ Yandy Laurens ~

"Dan bahwasanya seorang manusia tiada memperoleh selain apa yang telah diusahakannya, dan bahwasanya usahanya itu kelak akan diperlihatkan (kepadanya), kemudian akan diberi balasan kepadanya dengan balasan yang paling sempurna"

~ QS. An-Najm: 39-41 ~

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur dan kerendahan hati, kupersembahkan karya sederhana
ini kepada:

Ayahanda Muhaimin dan Ibunda Malikhah tercinta

yang telah memberikan kasih sayang tak terhingga, doa yang tak pernah putus,
pengorbanan yang tulus, serta dukungan moral dan material dalam setiap langkah
perjalanan hidupku. Semoga karya ini menjadi persembahan kecil atas segala
kebaikan kalian.

Keluarga besar yang kucintai

Mba Salamah, Mas Soleh dan Mba Saidah yang senantiasa memberikan semangat
dan motivasi, serta seluruh keluarga yang selalu mendoakan keberhasilan
perjalanan studiku.

Almamater tercinta

Program Studi Pendidikan Biologi

Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta

yang telah memberiku ilmu, pengalaman berharga, dan membantu mewujudkan
cita-citaku.

Semoga karya ini dapat memberikan manfaat dan menjadi amal jariyah bagi kita
semua.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul ***"Pengembangan E-LKPD Eco Enzyme Berbasis Project Based Learning (PjBL) sebagai Media Pembelajaran Biologi SMA/MA"***. *Shalawat* dan salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan pengikutnya hingga akhir zaman.

Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Penulis menyadari bahwa terselesaikannya skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dukungan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Sigit Purnama, S.Pd.I., M.Pd. selaku Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan izin dan fasilitas untuk menyelesaikan studi.
2. Bapak Dr. Muhammad Ja'far Luthfi, M.Si. selaku Kepala Program Studi Pendidikan Biologi yang telah memberikan arahan dan dukungan selama masa studi.
3. Ibu Dr. Sulistiyawati, S.Pd., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang dengan penuh kesabaran telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Muhaimin dan Ibu Malikah selaku kedua orang tua penulis yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan moral dan material yang tak terhingga kepada penulis.
5. Mba Salamah selaku donatur utama penelitian yang telah membantu membiayai penelitian ini sehingga dapat berjalan dengan lancar.

6. Mas Soleh dan Mba Saidah selaku kakak penulis yang selalu memberikan semangat dan motivasi dalam setiap langkah perjalanan hidup penulis.
7. Bapak Wahyudi, S.Si., M.Sc. dan Ibu Wiwik Ayu Kusuma Arum, S.Pd. selaku guru MAN 3 Bantul yang telah memberikan izin dan bantuan selama pelaksanaan penelitian.
8. Siswa-siswi kelas X-C MAN 3 Bantul yang telah berpartisipasi aktif sebagai subjek penelitian dan memberikan kerjasama yang baik.
9. Sahabat-sahabati Korp Antariksa PMII Rayon Wisma Tradisi yang telah memberikan support dan semangat kepada peneliti dalam proses penyelesaian skripsi ini.
10. Puteri dari Ibu Ika dan Bapak Rois yang cantik dan selalu menemani dalam setiap langkah hidup peneliti, memberikan motivasi dan kebahagiaan yang luar biasa.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi perbaikan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang pendidikan biologi.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 13 Agustus 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
MOTTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	18
A. Latar Belakang Masalah	18
B. Identifikasi Masalah.....	26
C. Pembatasan Masalah.....	27
D. Rumusan Masalah.....	28
E. Tujuan Penelitian.....	28
F. Manfaat Penelitian	29
G. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan	30
H. Asumsi Pengembangan.....	31
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	38
A. Kajian Teori	38
B. Penelitian Relevan.....	65
C. Kerangka Berpikir.....	73
BAB III METODE PENELITIAN	75
A. Model Pengembangan.....	75
B. Prosedur Pengembangan	77
C. Desain Uji Coba Produk	99

BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN	112
	A. Hasil Pembuatan <i>Eco enzyme</i>	112
	B. Hasil Pengembangan Produk Awal	115
	C. Hasil Uji Coba Produk	132
	D. Hasil Revisi Produk	151
	E. Kajian Produk Akhir.....	159
	F. Keterbatasan Penelitian.....	178
BAB V	PENUTUP	182
	A. Kesimpulan	182
	B. Saran.....	183
DAFTAR PUSTAKA.....		185
LAMPIRAN.....		192



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Indikator keberhasilan fermentasi eco enzyme	58
Tabel 2.	Capaian Pembelajaran Kelas X Fase E Biologi	80
Tabel 3.	Capaian Pembelajaran Fase E Berdasarkan Elemen	80
Tabel 4.	Tujuan Pembelajaran dan Indikator Ketercapaian.....	82
Tabel 5.	Hierarki Keterampilan Pembelajaran	83
Tabel 6.	Sintaks <i>Project Based Learning</i> dan Alur Pembelajaran.....	84
Tabel 7.	Keterampilan Proses Sains dalam Pembelajaran Eco Enzyme	85
Tabel 8.	Dimensi dan Elemen Profil Pelajar Pancasila	85
Tabel 9.	Skala <i>Likert</i> angket validasi ahli.....	102
Tabel 10.	Skala <i>Likert</i> angket kepraktisan.....	102
Tabel 11.	Kisi-kisi angket validasi ahli materi	103
Tabel 12.	Kisi-kisi angket validasi ahli media	104
Tabel 13.	Kisi-kisi angket kepraktisan guru	105
Tabel 14.	Kisi-kisi angket kepraktisan siswa	106
Tabel 15.	Kriteria validitas berdasarkan koefisien <i>Aiken's v</i>	108
Tabel 16.	Kriteria reliabilitas berdasarkan koefisien <i>Alpha Cronbach</i>	110
Tabel 17.	Pengamatan proses fermentasi <i>Eco Enzyme</i>	113
Tabel 18.	Hasil uji validitas ahli materi	133
Tabel 19.	Hasil uji reliabilitas ahli materi	133
Tabel 20.	Hasil uji validitas ahli media	137
Tabel 21.	Hasil uji reliabilitas ahli media.....	137
Tabel 22.	Hasil uji validitas kepraktisan guru	142
Tabel 23.	Hasil uji reliabilitas kepraktisan guru.....	142
Tabel 24.	Hasil uji validitas kepraktisan siswa.....	146
Tabel 25.	Hasil uji reliabilitas kepraktisan siswa	147
Tabel 26.	Saran ahli materi.....	151
Tabel 27.	Revisi menurut ahli materi	152
Tabel 28.	Saran Ahli Media	156
Tabel 29.	Revisi Menurut Ahli Media	156

Tabel 30.	Saran Guru.....	158
Tabel 31.	Revisi Menurut Guru.....	158



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Komposisi sampah berdasarkan sumber	19
Gambar 2.	Bagan kerangka berpikir.....	74
Gambar 3.	Diagram alur model pengembangan 4D.....	76
Gambar 4.	Diagram alur pengembangan E-LKPD <i>Eco enzyme</i>	77
Gambar 5.	Pengaturan dimensi dan pembuatan kanvas dasar dalam Canva	95
Gambar 6.	Penyisipan judul halaman di Canva	96
Gambar 7.	Pembuatan tombol dan penyisipan <i>hyperlink</i> di Canva	97
Gambar 8.	Penginputan konten di Canva.....	98
Gambar 9.	Desain produk awal pada bagian <i>Cover</i> /Halaman Utama.....	117
Gambar 10.	Desain produk awal pada bagian Petunjuk Penggunaan	118
Gambar 11.	Desain produk awal pada bagian CP & TP	119
Gambar 12.	Desain produk awal pada bagian materi sub bab A.....	120
Gambar 13.	Desain produk awal pada bagian materi sub bab A lanjutan....	120
Gambar 14.	Desain produk awal pada bagian materi sub bab A lanjutan-2.	121
Gambar 15.	Desain produk awal pada bagian materi sub bab B.....	121
Gambar 16.	Desain produk awal pada bagian materi sub bab B lanjutan....	122
Gambar 17.	Desain produk awal pada bagian materi sub bab C.....	123
Gambar 18.	Desain produk awal pada bagian materi sub bab C lanjutan....	124
Gambar 19.	Desain produk awal pada bagian materi sub bab D	124
Gambar 20.	Desain produk awal pada bagian materi sub bab D lanjutan....	125
Gambar 21.	Desain produk awal pada bagian materi sub bab D lanjutan-2	126
Gambar 22.	Desain produk awal pada bagian materi sub bab D lanjutan-3	126
Gambar 23.	Desain produk awal pada bagian kesimpulan materi	127
Gambar 24.	Desain produk awal pada bagian Eksplorasi	128
Gambar 25.	Desain produk awal pada bagian kegiatan siswa	129
Gambar 26.	Fitur ruang obrolan <i>realtime</i> dalam E-LKPD <i>Eco enzyme</i>	130
Gambar 27.	Desain produk awal pada bagian evaluasi pembelajaran	131
Gambar 28.	Desain produk awal pada bagian refleksi pembelajaran	132
Gambar 29.	Tampilan produk akhir pada bagian <i>cover</i>	161

Gambar 30.	Tampilan produk akhir pada bagian petunjuk penggunaan	162
Gambar 31.	Tampilan produk akhir pada bagian CP & TP	163
Gambar 32.	Tampilan produk akhir pada bagian materi sub bab A	165
Gambar 33.	Tampilan produk akhir pada bagian materi sub bab A lanjutan	166
Gambar 34.	Tampilan produk akhir pada bagian materi sub bab B	167
Gambar 35.	Tampilan produk akhir pada bagian sub bab B lanjutan	168
Gambar 36.	Tampilan produk akhir pada bagian materi sub bab C	169
Gambar 37.	Tampilan produk akhir pada bagian materi sub bab D	170
Gambar 38.	Tampilan produk akhir pada bagian materi sub bab D lanjutan	171
Gambar 39.	Tampilan produk akhir pada bagian materi sub bab D lanjutan-2	171
Gambar 40.	Tampilan produk akhir pada bagian kesimpulan materi	172
Gambar 41.	Tampilan produk akhir pada bagian eksplorasi	173
Gambar 42.	Tampilan produk akhir pada bagian kegiatan	174
Gambar 43.	Tampilan produk akhir pada bagian tanya jawab	175
Gambar 44.	Tampilan produk akhir pada bagian evaluasi	176
Gambar 45.	Tampilan produk akhir pada bagian refleksi	177
Gambar 46.	Tampilan produk akhir pada bagian biodata pengembang	178

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Surat Izin Studi Pendahuluan	193
Lampiran 2.	Surat Izin Penelitian	194
Lampiran 3.	Instrumen Wawancara Guru	195
Lampiran 4.	Instrumen Wawancara Siswa	198
Lampiran 5.	Angket Validasi Ahli Materi	200
Lampiran 6.	Angket Validasi Ahli Media	204
Lampiran 7.	Angket Kepraktisan Guru	208
Lampiran 8.	Angket Kepraktisan Siswa	212
Lampiran 9.	Analisis Data Angket Validasi Ahli Materi	215
Lampiran 10.	Analisis Data Angket Validasi Ahli Media	217
Lampiran 11.	Analisis Data Angket Kepraktisan Guru	219
Lampiran 12.	Analisis Data Angket Kepraktisan Siswa	221
Lampiran 13.	Surat Keterangan Selesai Penelitian	224
Lampiran 14.	Dokumentasi Penelitian	225
Lampiran 15.	Riwayat Hidup	227

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I

PENDAHULUAN

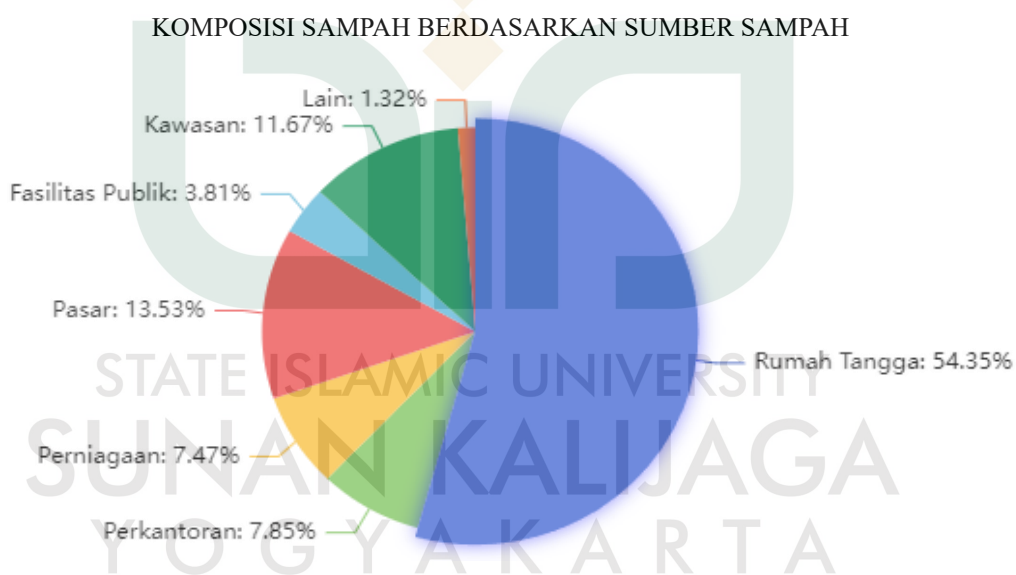
A. Latar Belakang Masalah

Pendidikan merupakan proses fundamental dalam membentuk individu yang berdaya saing, berakhlak mulia, serta mampu memberikan kontribusi terhadap keberlanjutan kehidupan (Choiru S.; Faizah N., 2021). Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional menegaskan bahwa pendidikan nasional bertujuan untuk mengembangkan potensi siswa agar menjadi manusia yang beriman, bertakwa, dan berilmu pengetahuan, serta mampu bertindak kreatif, mandiri, dan bertanggung jawab. Menurut Sudarisman (2015), pendidikan pada abad ke-21 harus menyiapkan siswa tidak hanya dari segi pengetahuan, tetapi juga keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, dan kepedulian terhadap isu-isu global. Hal ini sejalan dengan semangat Profil Pelajar Pancasila dalam Kurikulum Merdeka yang menekankan pada keberpihakan terhadap lingkungan dan nilai-nilai keberlanjutan.

Pendidikan dalam konteks pembelajaran biologi memiliki peran spesifik, yaitu mendorong siswa untuk memahami kehidupan dan dinamika lingkungan secara ilmiah. Menurut Jiyanto et al. (2024), pembelajaran biologi harus berfokus pada pengembangan pengetahuan berbasis pengalaman dan pendekatan saintifik. Pada Kurikulum Merdeka kelas X Fase E, materi “Limbah dan Bahan Alam” menjadi materi penting karena berorientasi pada kesadaran lingkungan dan solusi berbasis sains. Berdasarkan Capaian Pembelajaran, siswa diharapkan mampu

menganalisis berbagai jenis limbah serta cara pengelolaannya. Di dalam Alur Tujuan Pembelajaran (ATP), siswa diarahkan untuk melaksanakan proyek dan menghasilkan produk berbasis pemanfaatan limbah, sehingga tidak hanya memahami secara konseptual tetapi juga memperoleh keterampilan praktik sebagai solusi terhadap permasalahan nyata (KEPKA BSKAP, 2024).

Permasalahan limbah di Indonesia menjadi sangat mendesak untuk ditangani. Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN, 2023), Indonesia menghasilkan lebih dari 68,5 juta ton sampah setiap tahun, dengan lebih dari 54% berasal dari rumah tangga. Lebih jelasnya komposisi limbah tertera pada gambar berikut ini:



Gambar 1. Komposisi sampah berdasarkan sumber sampah (SIPSN, 2025)

Komposisi sampah rumah tangga didominasi oleh sampah organik seperti sisa sayur dan kulit buah. Jika tidak dikelola dengan baik, limbah ini berpotensi menimbulkan pencemaran tanah, air, dan udara. Salah satu solusi inovatif dalam

pengelolaan limbah organik rumah tangga adalah pembuatan *eco enzyme*. *Eco Enzyme* merupakan cairan hasil fermentasi limbah organik, air, dan gula merah selama 90 hari, yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk, disinfektan, dan cairan pembersih alami (Lestari F.; Dewi A. K., 2021). Konsep ini diperkenalkan oleh Dr. Rosukon Poompanvong dari Thailand dan telah terbukti sebagai pendekatan ramah lingkungan untuk mengurangi volume limbah rumah tangga sekaligus menghasilkan produk multifungsi (Octavianti et al., 2024).

Topik pengelolaan limbah sangat kontekstual dan dekat dengan kehidupan siswa. Topik ini dihadirkan dalam pembelajaran biologi kelas X melalui materi limbah dan bahan alam. Namun dalam praktiknya, pembelajaran materi limbah dan bahan alam masih menemui beberapa permasalahan. Permasalahan pembelajaran materi ini yang secara umum dihadapi oleh beberapa sekolah adalah kurangnya inovasi pada media pembelajaran dan model pembelajaran yang digunakan (Mubarok, 2022). Media pembelajaran yang tersedia terbatas pada media pembelajaran tradisional seperti buku teks, dan model pembelajaran yang digunakan oleh guru juga masih konvensional seperti ceramah dan penugasan tertulis.

Hasil studi pendahuluan melalui wawancara guru biologi MAN 3 Bantul yang dilakukan pada 7 Februari 2025 menunjukkan bahwa sebagian besar siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep pengelolaan limbah, terutama dalam membedakan jenis limbah dan proses pengolahan yang tepat, karena media pembelajaran biologi yang tersedia terbatas pada buku paket. Media pembelajaran

buku paket hanya berisikan materi teks dan gambar yang kurang interaktif menyebabkan siswa sulit memahami materi karena siswa sulit memproyeksikan materi dalam pikirannya. Konsep-konsep biologi yang abstrak membutuhkan media penyampaian yang menghadirkan visualisasi dan proyeksi agar dapat mudah dipahami oleh siswa, maka dibutuhkan integrasi teknologi pada media pembelajaran untuk menghadirkan hal tersebut (Choiru S.; Faizah N., 2021). Menurut Mayer (seperti dikutip dalam Kholilur Rohman, 2024) dalam teori pembelajaran multimedia, integrasi teks, gambar, dan audio secara simultan dapat meningkatkan pemahaman siswa hingga 50% dibandingkan metode tekstual semata. Selain itu, model pembelajaran yang monoton juga menyebabkan motivasi belajar siswa menurun, sehingga proses pembelajaran kurang efektif dan ketercapaian tujuan pembelajaran menjadi rendah (Jiyanto et al., 2024). Dibutuhkan inovasi media pembelajaran dan penyegaran model pembelajaran untuk meningkatkan ketercapaian hasil belajar siswa baik dalam aspek pengetahuan maupun keterampilan.

Media pembelajaran di sekolah memiliki berbagai bentuk, salah satunya adalah Lembar Kerja Siswa (LKPD). LKPD konvensional merupakan media pembelajaran berbasis cetak yang umumnya berbentuk buku atau lembar-lembar tugas fisik yang dibagikan kepada siswa sebagai panduan belajar. Namun, meskipun memiliki peran penting dalam membantu siswa mengorganisasi aktivitas belajar, LKPD konvensional memiliki sejumlah keterbatasan. Pertama, LKPD konvensional bersifat statis karena hanya menyajikan teks dan gambar dua dimensi tanpa dukungan elemen multimedia seperti video, animasi, atau simulasi interaktif,

sehingga kurang mampu menggugah ketertarikan dan imajinasi siswa (Anggrayni A.; Kartika D., 2024). Kedua, distribusinya terbatas karena bergantung pada ketersediaan bahan cetak, yang sering kali menjadi kendala di sekolah-sekolah dengan sumber daya minimum. Ketiga, LKPD konvensional tidak mendukung pembelajaran fleksibel karena tidak dapat diakses kapan dan di mana saja; siswa harus membawa dan menggunakan media fisik secara langsung. Keempat, LKPD ini tidak dapat memberikan umpan balik otomatis terhadap jawaban siswa, sehingga interaksi yang terjadi bersifat satu arah dan kurang mendukung pembelajaran mandiri. Menurut Choiru S.; Faizah N. (2021), media pembelajaran yang tidak adaptif terhadap kebutuhan siswa dan perkembangan teknologi akan kehilangan relevansinya dalam konteks pendidikan saat ini. Oleh karena itu, pengembangan media pembelajaran yang lebih dinamis dan interaktif menjadi urgensi dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran di era digital ini.

Inovasi media pembelajaran berbasis digital telah menghadirkan Elektronik Lembar Kerja Siswa (E-LKPD) sebagai jawaban atas tantangan tersebut. E-LKPD memanfaatkan teknologi informasi untuk menyajikan materi pembelajaran secara lebih interaktif, fleksibel, dan menarik. Salah satu keunggulan utamanya adalah kemampuan integrasi multimedia seperti video, animasi, audio, dan simulasi interaktif yang mampu meningkatkan minat belajar dan membantu siswa memahami konsep secara visual dan kontekstual (Yulando N.; Sari I. M., 2019). Selain itu, E-LKPD dapat diakses kapan saja dan di mana saja melalui perangkat elektronik seperti laptop, tablet, maupun *smartphone*, sehingga mendukung pembelajaran yang fleksibel dan mandiri. E-LKPD juga dapat dilengkapi dengan

fitur navigasi interaktif, kuis digital dengan umpan balik otomatis, serta tautan ke sumber belajar eksternal yang memperkaya pemahaman siswa terhadap materi. Menurut Pratama A. D. (2021), penggunaan E-LKPD dalam pembelajaran biologi mampu meningkatkan motivasi dan keterlibatan aktif siswa secara signifikan. Tidak hanya itu, format digitalnya memungkinkan guru untuk dengan mudah memperbarui isi E-LKPD sesuai kebutuhan pembelajaran, menjadikannya media yang adaptif terhadap dinamika kurikulum dan kebutuhan siswa. Dengan berbagai keunggulan tersebut, E-LKPD dapat menjadi solusi dari kebutuhan pengembangan media pembelajaran yang mendukung pemahaman siswa pada materi limbah dan bahan alam. Permasalahan pembelajaran seperti kurangnya pemahaman siswa dengan jenis-jenis limbah karena kurangnya visualisasi dan proyeksi materi dapat teratasi, karena E-LKPD dapat menyajikan visualisasi dan proyeksi materi dengan baik lewat integrasi multimedia di dalamnya.

Permasalahan lain yang ditemukan adalah model pembelajaran pada materi limbah dan bahan alam yang belum optimal. Model pembelajaran konvensional seperti ceramah dan presentasi saja kurang mampu memberikan pemahaman kepada siswa dengan baik (Jiyanto et al., 2024). Pembelajaran biologi materi limbah dan bahan alam membutuhkan aktivitas praktik untuk dapat memberikan pengalaman faktual bagi siswa dalam mengenal jenis-jenis limbah serta mencoba proses pengelolaannya secara langsung (Haryono, 2025). Di MAN 3 Bantul, pembelajaran materi limbah belum ada aktivitas praktik. Siswa hanya belajar konsep di kelas tanpa melakukan *action* untuk mengelola limbah secara langsung, sehingga berimbas pada kurangnya pemahaman siswa terkait jenis-jenis limbah dan

pengelolaannya. Hal ini diperkuat oleh teori belajar kognitivistik yang menyatakan bahwa pemahaman konsep harus melalui tahapan pengorganisasian informasi, elaborasi, dan koneksi dengan pengalaman nyata (Wardani et al., 2023). Tanpa pengalaman langsung, konsep-konsep abstrak yang ada dalam pembelajaran akan sulit dipahami sepenuhnya oleh siswa. Dibutuhkan model pembelajaran yang mendukung aktivitas praktik seperti model *Project Based Learning* (PjBL) untuk mendukung pembelajaran.

Implementasi model *Project-Based Learning* (PjBL) memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi, merancang, dan menghasilkan produk konkret sebagai solusi permasalahan tertentu. Model ini dapat menjadi alternatif untuk mengatasi kurangnya pemahaman siswa dalam pembelajaran ceramah. Selain itu, keunggulan lain dari PjBL adalah kemampuannya dalam membangun keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, kreativitas, kolaborasi, serta tanggung jawab individu dan kelompok (Thomas, 2000). Dalam pembelajaran biologi materi pengelolaan limbah dan bahan alam, PjBL sangat sesuai karena memungkinkan siswa untuk mengalami secara langsung proses pengumpulan data, eksperimen, analisis, dan presentasi hasil proyek.

Mubarok (2022) yang menyatakan bahwa model PjBL mampu meningkatkan keterlibatan aktif siswa serta memberi ruang bagi pengembangan keterampilan ilmiah dan sikap peduli terhadap lingkungan. Selain itu, melalui proyek yang dirancang secara terstruktur, siswa tidak hanya memperoleh pengetahuan konseptual, tetapi juga keterampilan aplikatif. PjBL juga mendorong siswa untuk

belajar secara mandiri dan kolaboratif, menyelesaikan tantangan dunia nyata, serta menumbuhkan rasa tanggung jawab sosial dan ekologis. Oleh karena itu, penerapan PjBL dalam pembelajaran biologi materi limbah dan bahan alam menjadi pendekatan yang strategis dalam membentuk siswa yang kritis, inovatif, dan peduli terhadap isu-isu lingkungan, sebagai solusi untuk menjawab permasalahan pembelajaran yang ada selama ini.

Solusi strategis untuk mengatasi berbagai permasalahan pembelajaran tersebut memerlukan inovasi yang mengintegrasikan model pembelajaran aktif dengan media pembelajaran interaktif. Kombinasi antara model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) dengan media E-LKPD (Elektronik Lembar Kerja Siswa) memberikan pendekatan yang saling melengkapi dan optimal. PjBL memberikan kerangka pembelajaran berbasis proyek yang mendorong eksplorasi dan pemecahan masalah nyata, sementara E-LKPD menyediakan sarana pembelajaran digital yang interaktif, fleksibel, dan mendukung proses belajar secara mandiri maupun kolaboratif. Integrasi keduanya diharapkan mampu menciptakan lingkungan belajar yang lebih menarik, bermakna, dan aplikatif bagi siswa, maka dikembangkanlah E-LKPD *Eco Enzyme* berbasis *Project Based Learning* (PjBL) sebagai media pembelajaran biologi SMA/MA. Produk ini diharapkan dapat mengatasi permasalahan rendahnya pemahaman, kurangnya media interaktif, dan minimnya aktivitas praktik dalam pembelajaran biologi materi limbah dan bahan alam. Melalui integrasi multimedia digital interaktif dalam E-LKPD dan model pembelajaran PjBL, siswa tidak hanya memahami konsep pengelolaan limbah secara teori, tetapi juga mampu menerapkannya dalam proyek

nyata. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan E-LKPD *Eco Enzyme* sebagai media pembelajaran berbasis PjBL untuk meningkatkan kualitas pembelajaran biologi pada materi limbah dan bahan alam di SMA/MA.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan yang dihadapi siswa dalam pembelajaran biologi materi limbah dan bahan alam di MAN 3 Bantul sebagai berikut:

1. Siswa mengalami kesulitan memahami konsep pengelolaan limbah secara komprehensif karena pembelajaran masih didominasi penggunaan media tradisional yang kurang representatif dalam menyajikan kompleksitas permasalahan limbah.
2. Siswa kesulitan memvisualisasikan proses pengelolaan limbah karena keterbatasan media pembelajaran yang kurang interaktif dan minim penggunaan elemen multimedia.
3. Siswa cenderung pasif dan kurang terlibat dalam proses pembelajaran karena keterbatasan model pembelajaran konvensional seperti ceramah dan presentasi oleh guru.
4. Siswa kurang terampil dalam mengelola limbah karena minimnya aktivitas praktik dalam pembelajaran materi limbah dan bahan alam.

C. Pembatasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dipaparkan, penelitian ini dibatasi pada beberapa hal sebagai berikut:

1. Pengembangan media pembelajaran berupa E-LKPD berbasis PjBL untuk materi limbah dan bahan alam kelas X SMA/MA sesuai dengan Capaian Pembelajaran dan Alur Tujuan Pembelajaran Fase E Kurikulum Merdeka.
2. Konten E-LKPD difokuskan pada pemanfaatan limbah rumah tangga untuk pembuatan *Eco Enzyme* sebagai solusi pengelolaan limbah organik.
3. E-LKPD yang dikembangkan mengintegrasikan model pembelajaran PjBL dengan tahapan: penentuan pertanyaan mendasar, menyusun perencanaan proyek, menyusun jadwal, monitoring, menguji hasil, dan evaluasi pengalaman.
4. E-LKPD dikembangkan dengan format digital menggunakan aplikasi Canva yang dapat diakses melalui berbagai perangkat elektronik dan dilengkapi dengan fitur interaktif seperti video, animasi, kuis, dan umpan balik otomatis.
5. Penelitian ini hanya dilakukan sampai tahap pengembangan dan uji kelayakan serta kepraktisan produk, tidak sampai pada tahap pengukuran efektivitas produk terhadap hasil belajar siswa.
6. Uji kelayakan produk dilakukan oleh ahli materi dan ahli media, sedangkan uji kepraktisan dilakukan oleh guru dan siswa kelas X MAN 3 Bantul sebagai subjek penelitian.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi dan batasan masalah yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimanakah desain pengembangan E-LKPD *Eco Enzyme* berbasis PjBL sebagai media pembelajaran biologi SMA/MA?
2. Bagaimanakah kelayakan E-LKPD *Eco Enzyme* berbasis PjBL sebagai media pembelajaran biologi SMA/MA berdasarkan penilaian ahli materi dan ahli media?
3. Bagaimanakah kepraktisan E-LKPD *Eco Enzyme* berbasis PjBL sebagai media pembelajaran biologi SMA/MA berdasarkan respon guru dan siswa?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Menghasilkan desain pengembangan E-LKPD *Eco Enzyme* berbasis PjBL sebagai media pembelajaran biologi SMA/MA.
2. Mengetahui kelayakan E-LKPD *Eco Enzyme* berbasis PjBL sebagai media pembelajaran biologi SMA/MA berdasarkan penilaian ahli materi dan ahli media.
3. Mengetahui kepraktisan E-LKPD *Eco Enzyme* berbasis PjBL sebagai media pembelajaran biologi SMA/MA berdasarkan respon guru dan siswa.

F. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian, diharapkan penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pendidikan baik secara teoritis maupun praktis. Adapun manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Secara teoritis, hasil dari penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk:

- a. Memperkaya literatur mengenai pengembangan media pembelajaran E-LKPD berbasis PjBL.
- b. Menambah sumber informasi bagi peneliti serupa di masa mendatang.
- c. Memberikan kontribusi dalam bidang pendidikan, khususnya terkait pengembangan media pembelajaran biologi.

2. Manfaat Praktis

Secara praktis hasil dari penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk:

a. Bagi Siswa

- 1) Mempermudah pemahaman materi limbah dan bahan alam dengan pembelajaran yang mendukung pengalaman langsung (*hands-on learning*) lewat PjBL.
- 2) Mengembangkan keterampilan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif melalui pembelajaran berbasis proyek.
- 3) Memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna melalui proyek pembuatan *eco enzyme*.

b. Bagi Guru

- 1) Memberikan alternatif media pembelajaran inovatif dalam proses belajar mengajar.
- 2) Memudahkan guru dalam menyampaikan materi limbah dan bahan alam secara kontekstual dan aplikatif.
- 3) Mendukung guru dalam menerapkan model pembelajaran berbasis proyek sesuai Kurikulum Merdeka.

c. Bagi Sekolah

- 1) Memberikan kontribusi dalam memperkaya variasi media pembelajaran biologi yang lebih interaktif.
- 2) Menambah referensi pengembangan media pembelajaran untuk mata pelajaran lainnya.

G. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan

Spesifikasi produk yang dikembangkan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Produk berupa E-LKPD Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga untuk Pembuatan *Eco Enzyme* Berbasis PjBL.
2. Produk berisi materi pendukung dan aktivitas pembelajaran meliputi desain proyek, perencanaan, pelaksanaan, pegujian serta refleksi.
3. Produk diperuntukkan untuk siswa kelas X SMA/MA fase E.
4. Materi yang diangkat dalam produk adalah pokok materi Limbah dan bahan alam pada sub materi Analisis Limbah dan Pemanfaatan Bahan Alam beserta

Cara Pengelolaannya, sesuai dengan CP dan ATP Kelas X SMA/MA Fase E Kurikulum Merdeka.

5. Produk didesain menggunakan aplikasi Canva.
6. Produk dapat diakses menggunakan *smartphone* ataupun komputer dengan koneksi internet.

H. Asumsi Pengembangan

Pengembangan E-LKPD *Eco Enzyme* berbasis PjBL sebagai media pembelajaran biologi SMA/MA didasarkan pada beberapa asumsi sebagai berikut:

1. E-LKPD yang dikembangkan dapat meningkatkan pemahaman konseptual siswa tentang pengelolaan limbah dan bahan alam melalui penyajian konten yang komprehensif, interaktif, dan dilengkapi dengan elemen multimedia.
2. Integrasi model PjBL dalam E-LKPD dapat mengembangkan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, dan kemampuan pemecahan masalah siswa dalam konteks pengelolaan limbah.
3. Format digital E-LKPD memungkinkan siswa untuk mengakses materi pembelajaran secara fleksibel, kapan saja dan di mana saja, sehingga dapat mendukung pembelajaran mandiri dan meningkatkan efisiensi waktu belajar.
4. Implementasi E-LKPD dalam pembelajaran materi limbah dan bahan alam dapat menciptakan suasana belajar yang lebih kolaboratif dan berpusat pada siswa, sehingga meningkatkan kualitas proses pembelajaran secara keseluruhan.

I. Definisi Istilah

<i>Aiken's V</i>	Teknik statistik untuk mengukur validitas isi (content validity) berdasarkan penilaian para ahli terhadap butir instrumen.
<i>Alpha Cronbach</i>	Teknik statistik untuk mengukur reliabilitas instrumen, menunjukkan konsistensi internal jawaban antarbutir pertanyaan.
<i>Authentic Assessment</i>	Penilaian yang dilakukan dalam konteks nyata untuk mengukur keterampilan dan kompetensi siswa secara mendalam.
<i>Bloom's Taxonomy</i>	Kerangka klasifikasi tujuan pembelajaran yang membagi keterampilan kognitif menjadi enam tingkat, mulai dari pengetahuan hingga evaluasi.
<i>Cognitive Load</i>	Beban kognitif yang ditanggung oleh peserta didik saat memproses informasi dalam pembelajaran.
<i>Collaborative Learning</i>	Strategi pembelajaran yang menekankan kerja sama antar peserta didik untuk mencapai tujuan pembelajaran.
<i>Content Validity</i>	Tingkat sejauh mana butir instrumen mencerminkan keseluruhan aspek dari variabel yang diukur.

<i>Construct Validity</i>	Validitas yang menunjukkan apakah instrumen benar-benar mengukur konstruk atau konsep yang dimaksud.
<i>Cronbach's Alpha</i>	Sama dengan Alpha Cronbach, digunakan untuk melihat konsistensi internal instrumen. Nilai $\geq 0,7$ menunjukkan reliabilitas tinggi.
<i>Define</i>	Tahap awal dalam model pengembangan 4D untuk menganalisis kebutuhan dan merumuskan tujuan pengembangan.
<i>Design</i>	Tahap kedua dalam model 4D untuk merancang struktur dan komponen produk yang dikembangkan.
<i>Develop</i>	Tahap ketiga dalam model 4D untuk memproduksi, memvalidasi, dan merevisi produk.
<i>Disseminate</i>	Tahap keempat dalam model 4D untuk menyebarluaskan produk hasil pengembangan yang sudah diuji.
<i>Effect Size</i>	Ukuran statistik yang menunjukkan besar pengaruh suatu perlakuan dalam penelitian.
<i>E-Learning</i>	Pembelajaran berbasis elektronik yang memanfaatkan teknologi digital dan internet.

<i>Expert Judgment</i>	Penilaian yang dilakukan oleh para ahli terhadap kualitas dan kelayakan produk pembelajaran atau instrumen penelitian.
<i>Formative Assessment</i>	Penilaian yang dilakukan selama proses pembelajaran untuk memantau perkembangan siswa dan memperbaiki proses belajar.
<i>Hyperlink</i>	Tautan digital yang menghubungkan antarhalaman, dokumen, atau sumber eksternal.
<i>Interaktivitas</i>	Tingkat keterlibatan pengguna dalam media pembelajaran melalui aktivitas partisipatif dan respon dinamis.
<i>Item Analysis</i>	Analisis yang dilakukan untuk menilai kualitas butir instrumen, menentukan tingkat kesukaran, dan daya pembeda.
<i>Konstruktivisme (Constructivism)</i>	Teori belajar yang menyatakan bahwa pengetahuan dibangun secara aktif oleh peserta didik berdasarkan pengalaman mereka.
<i>Likert Scale</i>	Skala pengukuran yang digunakan untuk menilai sikap atau persepsi responden melalui serangkaian pernyataan.
Media Pembelajaran Digital	Alat bantu pembelajaran berbasis teknologi yang dirancang untuk memfasilitasi proses belajar.

<i>Meta-Analysis</i>	Teknik statistik untuk menggabungkan hasil dari berbagai penelitian guna memperoleh kesimpulan yang lebih kuat.
<i>Mixed Methods</i>	Pendekatan penelitian yang menggabungkan metode kuantitatif dan kualitatif.
Model 4D (Thiagarajan)	Model pengembangan yang terdiri dari empat tahap: Define, Design, Develop, dan Disseminate.
<i>N-Gain</i>	Perhitungan yang digunakan untuk mengukur peningkatan hasil belajar dari sebelum dan sesudah perlakuan pembelajaran.
<i>Norm-Referenced Test</i>	Tes yang membandingkan kemampuan individu dengan kelompok normatif.
<i>Pearson Product Moment</i>	Uji statistik untuk mengukur korelasi antara skor item dengan skor total dalam pengujian validitas.
<i>Performance Assessment</i>	Penilaian berbasis kinerja yang mengukur keterampilan praktis siswa.
<i>PjBL (Project Based Learning)</i>	Model pembelajaran yang menekankan keterlibatan siswa dalam proyek nyata untuk memecahkan masalah dan menghasilkan produk.
<i>Problem-Based Learning</i>	Model pembelajaran yang berpusat pada masalah nyata sebagai langkah awal dalam pembelajaran.

<i>Prototype</i>	Versi awal produk yang dikembangkan untuk diuji sebelum diproduksi dalam versi final.
<i>Quantitative Research</i>	Penelitian yang menggunakan data numerik dan analisis statistik untuk menjawab pertanyaan penelitian.
Reliabilitas	Derajat konsistensi hasil pengukuran ketika instrumen digunakan berulang kali.
<i>Research and Development (R&D)</i>	Metode penelitian yang bertujuan untuk mengembangkan produk pembelajaran dan menguji efektivitasnya.
Rubrik Penilaian	Instrumen yang digunakan untuk menilai kualitas hasil kerja siswa berdasarkan kriteria yang telah ditentukan.
<i>Sampling</i>	Teknik pengambilan sebagian anggota populasi untuk mewakili populasi dalam penelitian.
<i>Scaffolding</i>	Dukungan yang diberikan guru untuk membantu siswa mencapai tingkat pemahaman yang lebih tinggi.
Signifikansi Statistik	Tingkat keyakinan bahwa hasil penelitian bukan terjadi karena kebetulan, biasanya ditentukan melalui p-value.

<i>Stakeholder Pendidikan</i>	Semua pihak yang terlibat dalam proses pendidikan seperti guru, siswa, orang tua, dan pemerintah.
Uji Coba Terbatas	Pengujian produk pada kelompok kecil untuk mengetahui kelayakan dan kepraktisan awal.
Uji Reliabilitas	Pengujian untuk melihat tingkat konsistensi instrumen dalam menghasilkan hasil pengukuran.
Uji Validitas	Pengujian untuk menentukan apakah instrumen benar-benar mengukur aspek yang dimaksudkan.
Validator	Ahli yang menilai kelayakan produk pengembangan atau instrumen penelitian.
<i>Visual Design</i>	Perencanaan tampilan visual media pembelajaran seperti layout, tipografi, dan warna agar menarik dan jelas.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Desain E-LKPD *Eco Enzyme* berbasis *Project Based Learning* (PjBL) dikembangkan menggunakan model pengembangan 4D (*Define, Design, Develop, dan Disseminate* – dibatasi sampai tahap *Develop*). E-LKPD disusun dalam format digital berbasis *website* menggunakan Canva yang terdiri atas 10 bagian utama, meliputi: halaman *cover*, CP & TP, petunjuk penggunaan, materi, eksplorasi, kegiatan, tanya jawab, evaluasi, dan refleksi. Setiap bagian dirancang mengintegrasikan elemen multimedia dan struktur pembelajaran berbasis proyek untuk mendukung pembelajaran yang kontekstual dan partisipatif.
2. Kelayakan produk diuji melalui penilaian oleh ahli materi dan ahli media. Pengambilan data menggunakan angket dengan skala *Likert* 1 – 5. Hasil penilaian oleh 2 orang ahli materi memperoleh skor rata-rata sebesar 88,5% dengan kategori sangat layak. Penilaian kelayakan oleh ahli materi mencakup aspek pendahuluan dan informasi, materi dan konten, kebahasaan, serta evaluasi pembelajaran. Hasil penilaian oleh 2 orang ahli media memperoleh skor rata-rata sebesar 94,5% dengan kategori sangat layak. Penilaian keayakan oleh ahli media mencakup aspek komponen E-LKPD, desain *cover*,

tampilan isi, kegiatan siswa, serta kesesuaian bahasa. Berdasarkan hasil tersebut, E-LKPD dinyatakan **sangat layak** digunakan sebagai media pembelajaran biologi pada materi limbah dan bahan alam.

3. Kepraktisan produk diuji melalui penilaian guru dan siswa. Pengambilan data menggunakan angket dengan skala *Likert* 1 – 5. Hasil penilaian oleh 2 orang guru mendapatkan skor rata-rata sebesar 91,5% dengan kategori sangat praktis. Penilaian kepraktisan oleh guru mencakup aspek kualitas materi, kualitas bahasa, dan kualitas desain. Hasil penilaian oleh 32 siswa kelas X MAN 3 Bantul memperoleh skor rata-rata sebesar 89,5% dengan kategori sangat praktis. Penilaian kepraktisan oleh siswa mencakup aspek konstruksi, teknis, serta isi materi dan penyajian. Berdasarkan hasil tersebut, E-LKPD dinyatakan **sangat praktis** digunakan sebagai media pembelajaran biologi pada materi limbah dan bahan alam.

B. Saran

Berdasarkan pengalaman selama proses pengembangan E-LKPD *Eco Enzyme* berbasis *Project Based Learning* (PjBL), peneliti menyadari bahwa masih terdapat ruang pengembangan lebih lanjut yang dapat dilakukan oleh peneliti lain. Oleh karena itu, peneliti memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya sampai pada tahap pengembangan dan uji kepraktisan, sehingga disarankan kepada peneliti selanjutnya untuk melanjutkan ke tahap uji efektivitas guna mengetahui sejauh mana E-LKPD ini dapat meningkatkan hasil belajar, keterampilan berpikir kritis, atau sikap peduli lingkungan siswa.
2. Pengembangan produk masih terbatas pada materi limbah dan bahan alam kelas X Fase E, sehingga peneliti selanjutnya diharapkan dapat mengembangkan E-LKPD serupa untuk materi atau fase pembelajaran lain dalam kurikulum biologi, agar dapat menjangkau cakupan yang lebih luas.
3. Format E-LKPD yang digunakan dalam penelitian ini berbasis *website* dengan fitur interaktif sederhana. Untuk itu, peneliti selanjutnya dapat mengembangkan E-LKPD dengan platform yang lebih interaktif dan responsif, seperti *Learning Management System (LMS)*, aplikasi Android, atau fitur evaluasi otomatis guna meningkatkan pengalaman belajar siswa secara digital.
4. Penelitian ini menggunakan Canva sebagai *platform* pengembangan, yang memerlukan koneksi internet. Oleh karena itu, pengembangan selanjutnya dapat mempertimbangkan media yang bisa diakses secara *offline* untuk menyesuaikan dengan keterbatasan infrastruktur di sekolah-sekolah tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah, N. R., & Dwiningsih, K. (2018). Pengembangan media pembelajaran permainan ular tangga pada materi pencemaran lingkungan untuk meningkatkan hasil belajar siswa SMP. *JPPS (Jurnal Penelitian Pendidikan Sains)*, 7(1), 1507–1513. <https://doi.org/10.26740/jpps.v7n1.p1507-1513>
- Adilla, T. N., Silitonga, F. S., & Ramdhani, E. P. (2018). Pengembangan electronic lembar kerja peserta didik (E-LKPD) berbasis guided inquiry materi kelarutan dan hasil kali kelarutan. *Universitas Maritim Raja Ali Haji*.
- Agustina, D., & Rofiah, N. H. (2018). Pengembangan media pembelajaran biologi berbasis android pada materi sistem pencernaan manusia untuk siswa kelas XI SMA. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 4(3), 215–224. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v4i3.6470>
- Ahmadi, I. (2018). Pengembangan E-LKPD berbasis praktikum pada materi larutan elektrolit dan non-elektrolit kelas X MIA di SMA Xaverius2 Kota Jambi. *Skipri*, Universitas Jambi. <https://doi.org/10.22236/j.bes/324442>
- Aini, N. (2020). Pengembangan media pembelajaran berbasis android pada materi sel untuk meningkatkan hasil belajar siswa kelas XI SMA. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 6(1), 22–32. <https://doi.org/10.21831/jipi.v6i1.29454>
- Alwis, D. A. Y., Turrohma, M., & Fadriati, F. (2024). Hakikat Belajar dan Pembelajaran dalam Konteks Pendidikan. *Indo-MathEdu Intellectuals Journal*, 5(3), 3707–3715. <https://doi.org/10.54373/imeij.v5i3.1403>
- Ananda, R. F., & Aulia, N. (2020). Pengembangan media pembelajaran berbasis android pada materi sistem pernapasan manusia untuk siswa SMA. *Jurnal Edutic*, 7(1), 15–23. <https://doi.org/10.21107/edutic.v7i1.7139>
- Andrian, Y., & Rusman. (2019). Implementasi pembelajaran abad 21 dalam Kurikulum 2013. *Jurnal Penelitian Ilmu Pendidikan*, 12(1), 14–23.
- Andriani, D., & Putra, D. M. (2019). Pengembangan media pembelajaran berbasis android untuk meningkatkan hasil belajar siswa. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 21(2), 101–113. <https://doi.org/10.21009/jtp.v21i2.10586>
- Anggrayni A.; Kartika D., N. P. ; Y. (2024). Keterbatasan LKPD cetak dan potensi pengembangan media digital dalam pembelajaran IPA. *Jurnal Inovasi Pembelajaran IPA*, 9(2), 78–85. <https://doi.org/10.54373/imeij.v5i3.1435>
- Annisa, R., & Utami, R. (2019). Pengembangan media pembelajaran berbasis android untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa pada materi ekosistem. *Jurnal Bioeduscience*, 3(2), 112–119. <https://doi.org/10.22236/j.bes/324445>

- Arifin, Z, Rofiq, A. A. (2021). Implementasi Kurikulum Darurat Madrasah di MAN I Kota Kediri. *Indonesian Journal of Humanities and Social Sciences*, 2(2), 137-148.
- Arikunto, S., & Jabar, C. S. A. (2023). *Evaluasi Program Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Arsyad, A. (2019). *Media pembelajaran* (Edisi Revisi). PT RajaGrafindo Persada.
- Baidowi, A., & Rahayu, D. A. (2021). Pengembangan media pembelajaran berbasis android untuk materi biologi SMA. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 13(2), 158–166. <https://doi.org/10.17977/um052v13i2p158-166>
- Bombang, V., Fayeldi, T., & Pranyata, Y. I. (2022). Liveworksheet sebagai media interaktif untuk pembelajaran matematika. *Jurnal Cendekia*.
- Budiman, H., & Andriani, R. (2018). Pengembangan media pembelajaran biologi berbasis android untuk meningkatkan hasil belajar siswa. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 6(1), 1–8. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v6i1.10688>
- Choiru S.; Faizah N., M.; L. (2021). Transformasi pendidikan abad 21 dalam kurikulum nasional Indonesia. *Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 26(3), 209–220.
- Choiru, P., Choirul, U. |, Nur, A., Ilmiyah, F., Asisul, |, Ummy, K., Laili, F., Dewi, |, Triani, A., Zaimatus Septiana, N., & Sulistyawati, E. (2021). *Pengantar Pendidikan*. CV. Pustaka Learning Center. www.pustakalearningcenter.com
- Costadena & Suniasih. (2022). Potensi E-LKPD elektronik dalam meningkatkan minat belajar dan membantu guru membimbing siswa. *Jurnal Cendekia*.
- Dahri, N. (2022). *Problem and Project Based Learning (PjBL) Model Pembelajaran Abad 21* (M. Dewi, Ed.). Muharika Rumah Ilmiah. <https://muharikarumahilmiah.com/>
- Daryanto, & Dwicahyono, A. (2022). *Pengembangan Perangkat Pembelajaran*. Yogyakarta: Gava Media.
- Depdiknas. (2022). Dalam Trianto. *Model-Model Pembelajaran Inovatif Berorientasi Konstruktivistik*. Jakarta: Prestasi Pustaka.
- Djamarah, S. B., & Zain, A. (2022). *Strategi Belajar Mengajar*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Fajri, M., & Saputra, R. (2019). Pengembangan media pembelajaran berbasis android untuk meningkatkan hasil belajar siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 11(2), 93–102. <https://doi.org/10.17977/um052v11i2p93-102>

- Fatimah, & Muamar, M. R. (2023). *Anallisis Kebutuhan dan Karakteristik Peserta Didik*. Deepublish.
- Fauzy, A. (2019). *Metode Sampling* (A. Canty, Ed.; Edisi Kedua). Universitas Terbuka.
- Hamdani. (2022). *Strategi Belajar Mengajar*. Bandung: Pustaka Setia.
- Hamid, A., & Rahayu, D. (2019). Pengembangan media pembelajaran berbasis android pada materi biologi untuk siswa SMA. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 21(3), 243–255. <https://doi.org/10.21009/jtp.v21i3.12597>
- Haryanto, L. I., Tanjung, D. D., Sukrianto, Putri, D. I., & Adana, A. H. (2023). *Pengelolaan Limbah Organik: Potensi Ekonomi Agen Biodegradasi Limbah Organik*. Bintang.
- Haryono, R. W. (2025). Pengaruh Model Project Enviromental Learning terhadap Enviromental Literacy and Awareness Peserta Didik pada Materi Pemanfaatan Limbah Domestik. *Jurna Integrasi Dan Harmoni Inovatif Ilmu-Ilmu Sosial*, 5(1), 1–10.
- Hasan, A. M., Nusantara, E., Latjompoh, M., & Nurrijal. (2017). *Strategi Belajar Mengajar Biologi*. UNG Press. www.tcpdf.org
- Hasanah A.; Wulandari T., R. ; S. (2020). Pengaruh *Project Based Learning* terhadap kreativitas dan keterampilan berpikir kritis siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 6(3), 179–188.
- Hemalatha M, & Visantini P. (2020). Potential Use of Eco-Enzyme for the Treatment of Metal Based effluent. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 716(1).
- Hidayat, A., & Susanti, D. (2018). Pengembangan media pembelajaran berbasis android pada materi sistem ekskresi manusia. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 10(2), 78–86. <https://doi.org/10.17977/um052v10i2p78-86>
- Hidayat, R., & Abdillah. (2019). *Ilmu Pendidikan “Konsep, Teori dan Aplikasinya”* (C. Wijaya & Amiruddin, Eds.). Mumtaz Advertising.
- Hikmawati, F. (2020). *Metodologi Penelitian*. Rajagrafindo Persada.
- Hosnan. (2024). *Pendekatan Sainifik dan Kontekstual dalam Pembelajaran Abad 21*. Bogor: Ghalia Indonesia.
- Husamah, H. (2024). *Penggunaan Apikasi Canva dalam Pembelajaran*. Bildung Nusantara.

- Husna, N., & Rahmawati, D. (2020). Pengembangan media pembelajaran berbasis android pada materi biologi SMA. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 6(3), 417–424. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v6i3.12278>
- Ibrahim, A., Alang, A. H., Madi, Baharuddin, Ahmad, M. A., & Darmawati. (2018). *Metodologi Penelitian* (I. Ismail, Ed.). Gunadarma Ilmu.
- Indah, R. A., & Fadilah, M. (2024). Literature Review: Pengaruh Media Pembelajaran Literasi Visual Terhadap Hasil Belajar Biologi Siswa SMA. *BIODIK*, 10(2), 188–198. <https://doi.org/10.22437/biodik.v10i2.33803>
- Ismail, M. I. (2020). *Teknologi Pembelajaran Sebagai Media Pembelajaran*. Cendekia Publisher.
- Izzati, N., Sari, R. P., Rahmadani, L. A., Firmansyah, M. N., & Susapti, P. (2024). Pembuatan eco-enzym sebagai alternatif pengolahan limbah rumah tangga bagi masyarakat Desa Sraten. *Tintamas: Jurnal Pengabdian Indonesia Emas*, 1(1), 92–102. <https://doi.org/10.53088/tintamas.v1i1.1050>
- Jiyanto, Pasopati, R. U., Faqihuddin, A., Ramadhan, F. N., Eijaya, K., Rusdi, W. K., Maryati, S., Boiliu, F. M., Pitra, D. H., Mutiara, Alfaris, L., Syari, S. F., Zuschaiya, D., Ramadhanti, D., & Fakhrunnisaa, N. (2024). *Pendidikan & Pembelajaran Era Society 5.0* (M. Mansyur, Ed.; Edisi Pertama). Alifba Media.
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. (2016). *Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2016 tentang Standar Isi Pendidikan Dasar dan Menengah*.
- Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, Dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Tentang Capaian Pembelajaran Pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, Dan Jenjang Pendidikan Menengah Pada Kurikulum, Pub. L. No. 032/H/Kr/2024 (2024). <https://guru.kemdikbud.go.id/dokumen/74r6Yln0zK?parentCategory=Implementasi%20Kurikulum%20Merdeka>
- Kristiawan, M. (2019). *Analisis Pengembangan Kurikulum dan Pembelajaran* (Wachidi, Riyanto, Badeni, S. Hamzah, & R. Chandra, Eds.). FKIP Unniversitas Bengkulu.
- Lestari F.; Dewi A. K., P. I. ; R. (2021). Pemanfaatan limbah organik rumah tangga menjadi eco enzyme. *Jurnal Bioteknologi Lingkungan*, 3(2), 57–66.
- Lestari, S., & Yuwono, A. A. (2022). *Coaching untuk Meningkatkan Kemampuan Guru dalam Menerapkan Pembelajaran Berbasis Poyek (Project Based Learning)*. Kun Fayakun.

- Majid, A. (2023). *Perencanaan Pembelajaran*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Mesra, R., Salem, V., Polii, M. G. M., Santie, Y. D. A. S., Wisudariani, N. M. R., Sarwandi, Sari, R. P., Yulianti, R., Nasar, A., Yenita, Y., & Santiari, N. P. L. (2023). *Research & Development dalam Pendidikan* (Miftahul Jannah, Ed.). Mifandi mandiri Digital.
- Mubarok, H. (2022). *DIKTAT Media Pembelajaran Biologi*. Tadris Biologi FITK UIN KHAS Jember.
- Mulyasa. (2022). *Pengembangan dan Implementasi Kurikulum 2013*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Munandar, A., & Yuliani, N. (2018). Pengembangan media pembelajaran berbasis android untuk meningkatkan hasil belajar biologi. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 10(1), 34–42. <https://doi.org/10.17977/um052v10i1p34-42>
- Octavianti, C. T., Oktavia Wulandari, Y., Khasanah, F., & Rahayuningsih, S. (2024). Sosialisasi Pembuatan Eco-Enzyme dari Sampah Organik pada Warga Desa Ngawonggo. *Jurnal PEDAMAS (Pengabdian Kepada Masyarakat)*, 2(1).
- Prasetyo, A. R., Kaloeti, D. V. S., Rahmandani, A., Salma, & Ariati, J. (2020). *Buku Ajar Metodologi Penelitian Eksperimen*. Fak. Psikologi UNDIP.
- Prastowo, A. (2021). *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Yogyakarta: Diva Press.
- Pratama A. D., A. P. ; S. (2021). Pengaruh penggunaan E-LKPD terhadap motivasi belajar siswa SMA. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, 14(2), 99–106.
- Puspita & Dewi. (2021). Dampak penggunaan E-LKPD digital terhadap proses belajar yang interaktif. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*.
- Rachman, A., Yochanan, E., Samanlangi, A. I., & Purnomo, H. (2024). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D* (B. Ismaya, Ed.). CV Saba Jaya Publisher.
- Rahayu, N., & Rahman, M. (2019). Pengembangan media pembelajaran berbasis android untuk meningkatkan hasil belajar siswa pada materi biologi. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 11(1), 56–65. <https://doi.org/10.17977/um052v11i1p56-65>
- Rochyani, N., Utpalasari, R. L., & Dahliana, I. (2020). Analisis Hasil Konversi *Eco enzyme* Menggunakan Nenas (*Ananas comosus*) dan Pepaya (*Carica papaya* L.). *Jurnal Redoks*, 5(2), 135–140. <https://doi.org/10.31851/redoks.v5i2.5060>
- Rusman. (2023). *Model-Model Pembelajaran*. Jakarta: Rajawali Pers.

- Sa'adah, R. N., & Wahyu. (2020). *Metode Peneitian R&D (Research and development): Kajian Teoritis dan Aplikatif*. Literasi Nusantara Abadi.
- Sadiman, A. S., dkk. (2022). *Media Pendidikan: Pengertian, Pengembangan, dan Pemanfaatannya*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Salirawati, D. (2022). *Pengembangan Media dan Sumber Belajar Kimia*. Yogyakarta: UNY Press.
- Sanjaya, W. (2021). *Perencanaan dan Desain Sistem Pembelajaran*. Jakarta: Kencana.
- Seftiani et al. (2022). E-LKPD memudahkan pemahaman konsep abstrak. *Jurnal Cendekia*. 4(4), 242–247.
- Situmorang, M. V., Silalahi, M. V., Siagian, G., & Pematangsiantar, N. (2024). Pendampingan dan Pelatihan dalam Pembuatan Eco-Enzyme dengan Memanfaatkan Limbah Organik di Kecamatan Hatonduhan. *Journal of Human And Education*, 4(4), 242–247.
- Slamet, F. A. (2022). *Model Penelitian Pengembangan (RnD)* (R. Risdiantoro, Ed.). Institut Agama Islam Sunan Kalijogo Malang.
- Slameto. (2021). *Belajar dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Sudarisman, S. (2015a). Memahami Hakikat dan karakteristik Pembelajaran Biologi dalam Upaya Menjawab Tantangan Abad 21 Serta Optimalisasi Implementasi Kurikulum 2013. *Jurnal Florea*, 2(1), 29–35.
- Sudarisman, S. (2015b). Pendidikan sains berbasis karakter dan keterampilan abad 21. *Cipta Media Edukasi*.
- Sudjana, N. (2022). *Dasar-Dasar Proses Belajar Mengajar*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian pendidikan: Pendekatan kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sukmadinata, N. S. (2023). *Pengembangan Kurikulum: Teori dan Praktek*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Sundari, E. (2024). Transformasi Pembelajaran di Era Digital: Mengintegrasikan Teknologi dalam Pendidikan Modern. *Sindoro: Cendekia Pendidikan*, 4, 50–54.
- Suprijono, A. (2016). *Cooperative learning: Teori dan aplikasi PAIKEM*. Pustaka Pelajar.

- Suryani, N., & Agung, L. (2021). *Strategi Pembelajaran di Era Digital*. Yogyakarta: UNY Press.
- Suryaningsih, S., & Nurlita, R. (2021). Pentingnya Lembar kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) Inovatif dalam Proses Pembelajaran Abad 21. *Jurnal Pendidikan Indonesia (Japendi)*, 2(7).
- Sutrisno, A., & Haryanto, E. (2018). Pengembangan media pembelajaran berbasis android pada materi sistem peredaran darah manusia. *Jurnal Bioeduscience*, 2(1), 15–22. <https://doi.org/10.22236/j.bes/212233>
- Trianto. (2017). *Model pembelajaran terpadu: Konsep, strategi, dan implementasinya dalam Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP)*. Bumi Aksara.
- Uno, H. B., & Mohamad, N. (2024). *Belajar dengan Pendekatan PAIKEM*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Wardani, I. R. W., Zuani, M. I. P., & Kholis, N. (2023). Teori Belajar Perkembangan Kognitiv Lev Vygotsky dan Implikasinya dalam Pembelajaran. *Dimar: Jurnal Pendidikan Islam*, 4(2), 332–346.
- Widjajanti, D. B. (2021). *Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika*. Yogyakarta: UNY Press.
- Widoyoko, E. P. (2024). *Evaluasi Program Pembelajaran*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Widya, N. (2023). Sumber dan Teknik Pengumpulan Data. In *Buku Ajar Metode Penelitian* (pp. 151–163). Science Techno Direct.
- Wulandari, S., & Suryani, N. (2019). Pengembangan media pembelajaran berbasis android pada materi sistem reproduksi manusia. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 11(3), 212–220. <https://doi.org/10.17977/um052v11i3p212-220>
- Yulando N.; Sari I. M., A.; D. (2019). Pengembangan E-LKPD berbasis android untuk meningkatkan hasil belajar. *Jurnal Edukasi Dan Teknologi Pembelajaran*, 4(2), 110–117.
- Yuliana, I., & Pramono, H. (2020). Pengembangan media pembelajaran berbasis android untuk meningkatkan hasil belajar siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 6(2), 345–352. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v6i2.12098>