

**DESAIN MODUL ELEKTRONIK BERBASIS *PROBLEM
BASED LEARNING* MATERI BAKTERI UNTUK
MENINGKATKAN KETERAMPILAN KOLABORASI DAN
KOMUNIKASI MAHASISWA STRATA 1**

SKRIPSI

Oleh:

EFIZA KURNIASARI

NIM. 342021014



**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG**

MEI 2025

**DESAIN MODUL ELEKTRONIK BERBASIS *PROBLEM
BASED LEARNING* MATERI BAKTERI UNTUK
MENINGKATKAN KETERAMPILAN KOLABORASI DAN
KOMUNIKASI MAHASISWA STRATA 1**

**Diajukan kepada
Universitas Muhammadiyah Palembang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
dalam Menyelesaikan Program Sarjana Pendidikan**



Oleh:

EFIZA KURNIASARI

NIM. 342021014

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG**

2025

Skripsi oleh Efiza Kurniasari ini telah diperiksa dan disetujui untuk diuji.

Palembang, 25 April 2025

Pembimbing I,

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'S' followed by a checkmark-like flourish.

Dr. Sri Wardhani, M.Si.

Palembang, 25 April 2025

Pembimbing II,

A handwritten signature in black ink, featuring a stylized 'M' and 'A' with a horizontal line crossing through the middle.

Dr. Meli Astriani, M.Si.

**Skripsi oleh Efiza Kurniasari ini telah dipertahankan di depan penguji
pada tanggal 08 Mei 2025.**

Dewan Penguji,



Dr. Sri Wardhani, M.Si.

Ketua



Dr. Meli Astriani, M.Si.

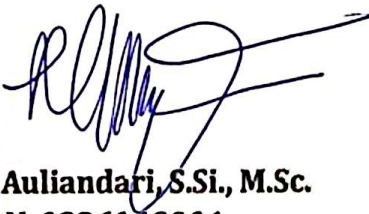
Anggota



Dr. Erni Angraini, M.Si.

Anggota

**Mengetahui
Ketua Program Studi
Pendidikan Biologi,**



**Lia Auliandari, S.Si., M.Sc.
NIDN. 0226048801**

**Mengesahkan
Dekan FKIP UM Palembang,**



**Prof. Dr. Indawan Syahri, M.Pd.
NIDN. 0023036701**

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Efiza Kurniasari
NIM : 342021014
Program Studi : Pendidikan Biologi
Telp/Hp : 081229435850

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

Desain Modul Elektronik Berbasis *Problem Based Learning* Materi Bakteri untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi dan Komunikasi Mahasiswa Strata 1.

Beserta seluruh isinya adalah benar merupakan hasil karya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakkan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan dalam masyarakat ilmiah.

Atas pernyataan ini, saya siap menerima segala sanksi yang berlaku atau yang ditetapkan untuk itu, apabila di kemudian ternyata pernyataan saya tidak benar atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian skripsi saya.

Palembang, 02 Mei 2025
Yang menyatakan,



Efiza Kurniasari
NIM. 342021014

HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto:

- ❖ Hidup itu seperti air yang mengalir, ikuti saja arusnya tetapi jangan sampai terbawa arus. Maknanya kehidupan tidak lepas dari takdir-Nya yang harus disyukuri, dinikmati dan dijalani, tapi adakalanya kita diberi kesempatan untuk memilih takdir yang baik atau buruk dan menempatkan kita dalam keputusan yang akan membawa kita ke dalam kehidupan yang sesungguhnya.
- ❖ Allah mengatakan hidup ini tidak mudah. Tetapi Allah berjanji, bahwa sesungguhnya sesudah kesulitan ada kemudahan.
(QS. Al- Insyirah: 5-6)

Persembahan:

- ❖ Dengan mengucapkan syukur atas Rahmat Allah SWT, yang telah memberikan kelancaran dan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini hingga akhirnya dapat terselesaikan dengan baik.
- ❖ Kepada kedua orang tuaku tercinta, Bapak Hamzah dan Ibu Efit Dewati dengan tulus dan penuh rasa syukur, persembahkan skripsi ini sebagai ungkapan terima kasih atas setiap tetes keringat dalam setiap langkah pengorbanan dan kerja keras yang dilakukan untuk memberikan yang terbaik kepada penulis, mengusahakan segala kebutuhan penulis, mendidik, membimbing, dan selalu memberikan kasih sayang yang tulus, motivasi, serta dukungan dan mendoakan penulis dalam keadaan apapun agar penulis mampu bertahan untuk berani melangkah dalam meraih mimpi di masa depan. Terima kasih sudah berada di sisi penulis dan menjadi alasan bagi penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini hingga memperoleh gelar Sarjana Pendidikan.
- ❖ Kepada kedua adikku Eliza Putri dan Ekiza Efrianda yang selalu memberikan motivasi dan dukungan kalian yang luar biasa. Dan karena kalianlah penulis lebih semangat untuk menyelesaikan skripsi ini, kalian

menjadi tanggung jawab penulis untuk mendidik dan menjaga dalam perjalanan kehidupan.

- ❖ Teman-temanku dalam bangku perkuliahan Widiastuti, Amanda Zahra Luthfiyah, Ria Anggraini, dan Sonia Monica yang telah memberikan dukungan, bantuan, motivasi dalam kesulitan serta mau direpotkan dalam segala hal.
- ❖ Untuk Efiza Kurniasari ya! diri saya sendiri. Apresiasi yang sebesar-besarnya karena sudah bertanggung jawab menyelesaikan apa yang telah dimulai. Terima kasih sudah berjuang menjadi lebih baik, serta senantiasa menikmati setiap prosesnya yang sangat tidak mudah. Terima kasih sudah bertahan dan mewujudkan satu persatu mimpi yang dibangun.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat-Nya maka penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Desain Modul Elektronik Berbasis *Problem Based Learning* Materi Bakteri untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi dan Komunikasi Mahasiswa Strata 1”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat guna mencapai gelar sarjana strata satu (S-1) Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Palembang.

Dalam kesempatan ini, skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan berbagai pihak, maka dengan ini penulis mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Abid Djazuli, SE., M.M., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang.
2. Prof. Dr. Indawan Syahri, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Palembang.
3. Lia Auliandari, S.Si., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Palembang.
4. Dr. Sri Wardhani, M.Si. dan Dr. Meli Astriani, M.Si., selaku pembimbing yang selalu meluangkan waktunya untuk membimbing dan banyak memberikan kemudahan, ilmu serta semangat, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Dr. Erni Angraini, M.Si., yang sudah meluangkan waktunya untuk menguji dan memberikan tambahan ilmu.
6. Teman-teman seperjuangan FKIP Biologi Angkatan 2021 Universitas Muhammadiyah Palembang.
7. Almamater hijau yang aku hormati.

Semoga dukungan, bimbingan dan budi baik yang telah diberikan oleh semua pihak yang turut membantu dalam penelitian ini semoga mendapatkan balasan dan imbalan dari Allah SWT. Penulis menyadari sepenuhnya dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh

sebab itu penulis mengharapkan kritik serta saran yang bersifat membangun dan berguna. Terima Kasih.

Palembang, Mei 2025

Efiza Kurniasari

**Desain Modul Elektronik Berbasis *Problem Based Learning* Materi
Bakteri untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi dan Komunikasi
Mahasiswa Strata 1**

Abstrak

Modul elektronik merupakan bahan ajar yang berbentuk digital dilengkapi dengan fitur-fitur interaktif yang dapat memudahkan mahasiswa dalam memperoleh pengetahuan. Modul ini terdiri dari rangkaian kegiatan pembelajaran yang terstruktur untuk membantu mahasiswa dalam mencapai tujuan pembelajaran secara individual. Kebutuhan akan media pembelajaran inovatif di era digital, serta tuntutan penguasaan keterampilan abad ke-21 seperti kolaborasi dan komunikasi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah modul elektronik berbasis *Problem Based Learning* (PBL) pada materi bakteri untuk meningkatkan keterampilan kolaborasi dan komunikasi mahasiswa strata 1. Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian pengembangan dengan menggunakan model 4D (*Define, Design, Develop, dan Disseminate*), namun hanya dilakukan pada tahap *define* dan *design*. Produk yang dikembangkan berupa modul elektronik yang didesain menggunakan aplikasi *Canva* dan *Heyzine Flipbook*, dengan mencakup lima pokok bahasan, yaitu keanekaragaman, morfologi, reproduksi dan fase pertumbuhan, metabolisme, serta genetika bakteri. Setiap bab terintegrasi model PBL yang dirancang untuk memfasilitasi keterlibatan aktif mahasiswa melalui diskusi, kerja kelompok, dan presentasi, sehingga mendukung pengembangan keterampilan kolaborasi dan komunikasi. Modul ini juga menyajikan media pembelajaran berupa visual, audiovisual, interaktif dan media nyata seperti alat dan bahan praktikum. Hasil validasi awal oleh validator media dan materi menunjukkan bahwa modul ini layak dengan revisi.

Kata kunci: modul elektronik, *problem based learning*, bakteri, kolaborasi, komunikasi, mahasiswa

***Electronic Module Design Based on Problem Based Learning Bacteria
Material to Improve Collaboration and Communication Skills of
Undergraduate Students***

Abstract

An electronic module is a digital learning material equipped with interactive features that can facilitate students in acquiring knowledge. This module consists of structured learning activities to help students achieve learning objectives individually. The need for innovative learning media in the digital era, along with the demand for mastering 21st-century skills such as collaboration and communication, provides the background for this development. This study aims to design an electronic module based on Problem-Based Learning (PBL) on bacteria material to improve undergraduate students' collaboration and communication skills. This research is classified as development research using the 4D model (Define, Design, Develop, and Disseminate), but it was conducted only in the Define and Design stages. The developed product is an electronic module designed using Canva and Heyzine Flipbook applications, covering five main topics: diversity, morphology, reproduction and growth phases, metabolism, and bacterial genetics. Each chapter integrates the PBL model, which is designed to facilitate active student involvement through discussions, group work, and presentations, thus supporting the development of collaboration and communication skills. This module also presents learning media in the form of visual, audiovisual, interactive, and tangible media, such as practical tools and materials. The initial validation results from media and material validators indicate that this module is suitable with revisions.

Keywords: *electronic module, problem-based learning, bacteria, collaboration, communication, students*

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA.....	v
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
ABSTRAK.....	x
<i>ABSTRACT</i>.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Batasan Masalah.....	5
C. Rumusan Masalah.....	5
D. Tujuan dan Manfaat Pengembangan	5
E. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan.....	6
F. Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan.....	6
G. Definisi Istilah.....	7
BAB II. KAJIAN PUSTAKA	8
A. Keterampilan Kolaborasi	8
1. Pengertian Keterampilan Kolaborasi.....	8
2. Manfaat Keterampilan Kolaborasi.....	8
3. Indikator Keterampilan Kolaborasi	8
4. Upaya Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi	9
B. Keterampilan Komunikasi.....	9
1. Pengertian Keterampilan Komunikasi	9
2. Manfaat Keterampilan Komunikasi.....	10

3. Indikator Keterampilan Komunikasi	10
4. Urgensi Meningkatkan Keterampilan Komunikasi	10
C. Modul Elektronik	11
1. Pengertian Modul Elektronik	11
2. Manfaat Modul Elektronik	11
3. Kelebihan dan Kekurangan Modul Elektronik.....	12
4. Karakteristik Modul Elektronik.....	13
5. Komponen-komponen Modul Elektronik.....	13
D. Model Pembelajaran <i>Problem Based Learning</i> (PBL)	14
1. Pengertian PBL	14
2. Kelebihan dan Kekurangan PBL.....	14
3. Sintaks Model PBL	15
4. Implementasi Model PBL dalam Modul Elektronik	16
E. Materi Bakteri.....	17
1. Keanekaragaman Bakteri	17
2. Morfologi Bakteri	18
3. Reproduksi dan Fase Pertumbuhan	22
4. Metabolisme Bakteri	26
5. Genetika Bakteri.....	28
F. Aplikasi <i>Heyzine Flipbook</i>	33
1. Langkah-langkah Membuat Modul Menjadi Elektronik di Aplikasi <i>Heyzine Flipbook</i>	33
2. Kelebihan <i>Heyzine Flipbook</i>	33
G. Kajian Penelitian yang Relevan	34
BAB III METODE PENELITIAN	36
A. Lokasi dan Waktu Penelitian	36
B. Prosedur Penelitian Pengembangan	36
1. Model Pengembangan.....	36
2. Prosedur Pengembangan.....	37
C. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data.....	40
1. Lembar Angket.....	40
2. Lembar Validasi Awal.....	41

D. Teknik Analisis Data.....	42
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	44
A. Hasil Pengembangan	44
1. Tahap <i>Define</i>	44
2. Tahap <i>Design</i>	47
B. Revisi Validasi Produk.....	56
1. Validasi Produk oleh Ahli Media.....	56
2. Validasi Produk oleh Ahli Materi	59
C. Pembahasan	62
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	68
A. Simpulan.....	68
B. Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	77
RIWAYAT HIDUP.....	143

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Implementasi Sintaks Model PBL dalam Modul Elektronik.....	16
Tabel 2.2 Perbandingan Sel Prokariotik dan Sel Eukariotik.....	18
Tabel 3.1 Kisi-kisi Instrumen Penilaian Keterampilan Kolaborasi.....	41
Tabel 3.2 Kisi-kisi Instrumen Penilaian Keterampilan Komunikasi	41
Tabel 3.3 Kisi-kisi Instrumen Penilaian Produk oleh Ahli Media	42
Tabel 3.4 Kisi-kisi Instrumen Penilaian Produk oleh Ahli Materi.....	42
Tabel 3.5 Pedoman Pengambilan Keputusan Revisi Produk	43
Tabel 4.1 Hasil Analisis Pokok Bahasan Bakteri pada RPS.....	45
Tabel 4.2 Penentuan Tujuan Pembelajaran	47
Tabel 4.3 Indikator Penilaian Keterampilan Kolaborasi Mahasiswa	47
Tabel 4.4 Indikator Penilaian Keterampilan Komunikasi Mahasiswa.....	49
Tabel 4.5 Format Rancangan Desain Modul Elektronik.....	50
Tabel 4.6 Hasil Validasi Ahli Media	56
Tabel 4.7 Hasil Validasi Ahli Materi	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bakteri <i>Deinococcus Radiodurans</i> yang Sangat Tahan Radiasi	18
Gambar 2.2 Bentuk Bakteri 1) Kokus; 2) Basil; 3) Vibrio; 4) <i>Spirilla</i> ; dan 5) <i>Spirochaetes</i>	19
Gambar 2.3 Anatomi Sel Bakteri.....	20
Gambar 2.4 Pembelahan Biner pada Prokariota Berbentuk Batang.....	22
Gambar 2.5 Perhitungan Jumlah Sel Mikroskopis	24
Gambar 2.6 Struktur DNA.....	29
Gambar 2.7 Sintesis Protein.....	30
Gambar 3.1 Tahapan <i>Define</i> pada Model Pengembangan 4D	37
Gambar 3.2 Tahapan <i>Design</i> pada Model Pengembangan 4D	39
Gambar 4.1 Peta Konsep pada Modul	46
Gambar 4.2 Komentar dan Saran dari Validator Ahli Media.....	58
Gambar 4.3 Perbaikan pada Kerapian Teks untuk Rata Kiri dan Kanan.....	58
Gambar 4.4 Perbaikan untuk URL Diganti atau Ditambahkan Kode QR.....	59
Gambar 4.5 Saran Perbaikan untuk Menambahkan Fakta Unik Materi dari Modul.....	59
Gambar 4.6 Komentar dan Saran dari Validator Ahli Materi.....	61
Gambar 4.7 Perbaikan untuk Menyajikan Konsep dan Fakta.....	61
Gambar 4.8 Perbaikan Keterkaitan Kolaborasi dan Komunikasi dengan Tahapan PBL.....	62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. RPS Mata Kuliah Mikrobiologi.....	77
Lampiran 2. <i>Storyboard</i> Modul Elektronik	121
Lampiran 3. Instrumen Angket Keterampilan Kolaborasi Mahasiswa	122
Lampiran 4. Instrumen Angket Keterampilan Komunikasi Mahasiswa.....	124
Lampiran 5. Instrumen Validasi Ahli Media	125
Lampiran 6. Instrumen Validasi Ahli Materi	128
Lampiran 7. Surat Permohonan Validasi Media	131
Lampiran 8. Surat Permohonan Validasi Materi.....	132
Lampiran 8. Hasil Validasi Ahli Media	133
Lampiran 9. Hasil Validasi Ahli Materi	137
Lampiran 10. Surat Keputusan Dekan.....	140
Lampiran 11. Laporan Kemajuan Bimbingan Skripsi	141

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pendidikan tinggi di Indonesia saat ini menghadapi tantangan besar dalam mempersiapkan lulusan yang dapat menyesuaikan diri dengan perubahan global, terutama terkait tuntutan keterampilan pada abad 21. Keterampilan seperti berpikir kritis, kreatif, kolaborasi, serta keterampilan komunikasi menjadi semakin penting dalam dunia kerja yang semakin kompleks (Arsanti et al, 2021; Mukarromah & Harapan, 2023). Hal tersebut menunjukkan pentingnya mengembangkan keterampilan kolaborasi dan komunikasi bagi mahasiswa. Di dunia kerja masa depan, keterampilan ini menjadi sangat penting, karena kolaborasi yang efektif dan komunikasi yang baik mampu mendorong peningkatan produktivitas dan inovasi dalam tim

Keterampilan kolaborasi merujuk pada kemampuan individu untuk berinteraksi dan bekerja sama secara efektif dengan orang lain dalam rangka mencapai tujuan bersama. Keterampilan kolaborasi dalam sebuah pembelajaran sangat penting dalam meningkatkan efektivitas proses belajar (Thahir, 2024). Ketika mahasiswa dapat berkolaborasi dalam sebuah kelompok, mereka akan saling mendukung, berbagi ide, dan memecahkan masalah bersama-sama. Keterampilan kolaborasi juga menekankan pada pentingnya hubungan sosial antara mahasiswa. Melalui kerja sama dalam kelompok, mahasiswa belajar menghargai berbagai perspektif dan kebutuhan satu sama lain, sekaligus mengembangkan keterampilan komunikasi dan kolaborasi yang efektif (Dhitasarifa et al, 2023; Pahlevi et al, 2023).

Komunikasi merupakan prinsip dasar dalam proses pembelajaran. Komunikasi sangat penting karena berperan penting dalam membangun interaksi antara dosen dan mahasiswa selama berlangsungnya kegiatan pembelajaran. Merujuk dari Purnamawati (2021), mahasiswa perlu belajar berinteraksi dengan teman sebaya dan dosen sehingga dapat mempraktikkan keterampilan serta pengetahuan yang baru diperoleh, berkomunikasi dengan teman-teman melalui kolaborasi yang dirancang oleh dosen. Interaksi ini

menjadi ciri penting dari keberlanjutan pembelajaran dan bahkan dapat berperan sebagai alat untuk memprediksi hasil belajar (Dewi & Kustiarini, 2022; Fitriah et al, 2020; Purnamawati, 2021).

Salah satu faktor utama yang memengaruhi pengembangan keterampilan kolaborasi dan komunikasi di dalam sistem pendidikan tinggi adalah model pembelajaran penyampaian materi kepada mahasiswa. Merujuk dari Fonna & Nufus (2024), salah satu model pembelajaran yang sering digunakan untuk mendorong peningkatan keterampilan tersebut adalah *Problem-Based Learning* (PBL). *Problem Based Learning* (PBL) merupakan sebuah pendekatan pembelajaran yang menitikberatkan pada penyelesaian masalah di dunia nyata, mahasiswa diharapkan mampu menemukan solusi melalui kerja sama dan pemanfaatan keterampilan berpikir kritis (Ardianti et al, 2021; Katiza et al, 2025). Model pembelajaran PBL menempatkan mahasiswa sebagai peserta aktif dalam proses pembelajaran, yang tidak hanya mencakup pemahaman teori tetapi juga kemampuan untuk bekerja sama dalam tim dan menyelesaikan masalah secara kolaboratif (Lestari, 2021; Suryani, 2021; Wardhani et al, 2025).

Penggunaan teknologi dalam bidang pendidikan di era digital saat ini semakin berkembang. Salah satu inovasi dalam proses pengajaran yaitu penggunaan modul elektronik atau e-modul. Modul elektronik ini memiliki berbagai keunggulan dibandingkan modul konvensional, seperti kemudahan akses, sifat interaktif, serta kemampuan untuk mengintegrasikan berbagai media seperti video, animasi, dan simulasi, yang dapat memperdalam pemahaman mahasiswa terhadap materi yang bersifat abstrak (Maghfiroh et al, 2024).

Pentingnya pengembangan modul elektronik berbasis PBL semakin diperkuat dengan adanya tuntutan Kurikulum Merdeka Belajar yang diterapkan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. Kurikulum ini mendorong penggunaan metode pembelajaran yang lebih fleksibel dan sesuai dengan kebutuhan industri, serta menekankan pengembangan *soft skill* seperti kolaborasi, komunikasi, kreatif dan berpikir kritis, sehingga diharapkannya dengan adanya modul elektronik berbasis PBL dapat

meningkatkan motivasi belajar mahasiswa karena mereka dihadapkan pada masalah dunia nyata yang memerlukan kerja sama untuk menyelesaikannya (Hanipah, 2023; Rizki et al, 2020; Wahyudin et al, 2024). Integrasi PBL dengan modul elektronik dapat menjadi strategi pembelajaran yang efektif dalam mengembangkan keterampilan komunikasi sekaligus meningkatkan keterampilan kolaborasi mahasiswa (Katiza et al, 2025; Rohmaniyah, 2023).

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan yang telah dilakukan Katiza et al (2025), di empat perguruan tinggi yang berada di Kota Palembang, yakni Universitas Muhammadiyah Palembang, Universitas Muhammadiyah Ahmad Dahlan Palembang, Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang dan Universitas Sriwijaya. Mahasiswa yang bersedia menjadi responden sebanyak 149 orang dan dosen pengampu mata kuliah Mikrobiologi Dasar yaitu 5 orang, menunjukkan dalam pembelajaran 48% mahasiswa masih kurang termotivasi dan kurang partisipasi, sehingga diperlukannya bentuk bahan ajar yang sesuai dan menarik minat mahasiswa agar tidak merasa bosan serta dapat menunjang keterampilan di abad 21. Hasil angket untuk kajian materi yang sulit dipahami mahasiswa menunjukkan 73% materi bakteri, 53% materi virus, dan 39% materi fungi. Materi tentang bakteri adalah salah satu topik dalam biologi yang dianggap menantang oleh banyak mahasiswa. Bakteri sebagai mikroorganisme memiliki karakteristik unik yang tidak bisa dilihat langsung tanpa bantuan alat seperti mikroskop, sehingga memerlukan pemahaman abstrak yang mendalam dari mahasiswa.

Masalah ini semakin diperburuk dengan kurangnya media pembelajaran interaktif yang dapat menyederhanakan konsep-konsep yang kompleks. Modul elektronik berbasis PBL tentang bakteri diharapkan dapat menjadi solusi atas tantangan ini. Menurut Sa'idah et al (2017), Fitur interaktif pada modul elektronik, seperti animasi dan simulasi, memungkinkan mahasiswa memvisualisasikan proses biologis yang abstrak dengan lebih jelas. Selain itu, pendekatan PBL memungkinkan mahasiswa mengaitkan teori yang dipelajari dengan masalah dunia nyata, seperti resistensi bakteri terhadap antibiotik, sehingga pembelajaran menjadi lebih kontekstual dan relevan (Ardianti et al, 2021).

Maka berdasarkan latar belakang tersebut peneliti tertarik untuk mendesain modul elektronik sebagai bahan ajar yang akan dipergunakan mahasiswa. Merujuk dari Mulyadi (2012), desain merupakan sebuah proses yang melibatkan perencanaan dan penciptaan sebuah produk, objek, sistem dan proses yang tidak berfokus pada estetika tetapi juga pada fungsional, dan makna bagi penggunaannya. Peneliti tertarik untuk membuat sebuah desain modul elektronik berbasis PBL pada materi bakteri yang sejalan dengan model pengembangan 4D ditahap yang kedua yakni *design*. Tahap desain ini diharapkan dapat dibuat sebuah perencanaan dalam penyusunan bentuk modul elektronik yang akan dikembangkan. Tahap *define* yang sudah dilakukan sebelumnya dengan cara mengidentifikasi permasalahan, karakteristik peserta didik, keterampilan yang dibutuhkan dan mengidentifikasi konsep pokok yang akan dibuat.

Dengan demikian, peneliti akan melakukan desain terhadap modul elektronik berbasis PBL materi bakteri untuk meningkatkan keterampilan kolaborasi dan komunikasi mahasiswa S1. Modul elektronik ini disusun dengan mengikuti prosedur PBL, untuk membantu mahasiswa dalam menemukan minat dan motivasi mereka dalam pembelajaran Mikrobiologi Dasar yang relevan dengan kebutuhan mahasiswa saat ini.

B. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah, penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

1. Penelitian pengembangan ini dibatasi hanya pada tahap desain modul elektronik berbasis PBL pada materi bakteri untuk mahasiswa S1 yang hanya sampai tahapan validasi secara kuantitatif.
2. Produk yang dihasilkan dibatasi pada peningkatan keterampilan kolaborasi dan komunikasi.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu: Bagaimana desain modul elektronik berbasis PBL materi bakteri untuk meningkatkan keterampilan kolaborasi dan komunikasi mahasiswa strata 1?

D. Tujuan dan Manfaat Pengembangan

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah disusun maka penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan desain modul elektronik berbasis PBL materi bakteri untuk meningkatkan keterampilan kolaborasi dan komunikasi mahasiswa strata 1.

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini antara lain:

1. Manfaat Teoritis

Mendapatkan pengetahuan dan memberikan kontribusi melalui ide-ide mengenai modul elektronik sebagai sarana pembelajaran yang mendukung proses pembelajaran di kelas, serta memperkaya pengetahuan di bidang pendidikan biologi, khususnya dalam pengembangan bahan ajar yang lebih inovatif dengan desain modul elektronik berbasis PBL materi bakteri untuk meningkatkan keterampilan kolaborasi dan komunikasi mahasiswa S1.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Mahasiswa

Melalui modul elektronik, mahasiswa dapat terlibat secara aktif dalam pembelajaran, menghubungkan konsep yang dipelajari dengan situasi nyata, yang akan memudahkan mereka dalam memahami materi yang disampaikan

b. Bagi Dosen

Hasil penelitian ini berupa desain modul elektronik berbasis PBL yang diharapkan dapat dimanfaatkan oleh dosen untuk mempermudah penyampaian materi kepada mahasiswa secara lebih interaktif, sehingga dapat meningkatkan kemampuan kolaborasi dan hasil belajar mahasiswa.

c. Bagi Peneliti

Memberikan pengalaman mendesain modul elektronik berbasis *problem based learning* sehingga menjadikan bekal sebagai calon pendidik untuk mengembangkan bahan ajar secara mandiri.

E. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan

Produk yang dikembangkan dalam penelitian memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Proses pembelajaran dilaksanakan dengan mengikuti alur modul elektronik yang terintegrasi model PBL. Salah satunya tahapan awal yaitu orientasi masalah diberikan permasalahan bersumber dari penelitian yang dipublikasikan dari jurnal.
2. Modul elektronik memiliki komponen sebagai berikut: a) bagian awal modul elektronik mencakup pembuka terdapat *cover* modul elektronik yang berisi judul memuat nama pembuat dan nama dosen pembimbing, kata pengantar, daftar isi, peta konsep, dan petunjuk penggunaan modul elektronik; b) Bagian Inti terdapat isi materi yaitu kegiatan pembelajaran yang berdasarkan sintaks PBL, tujuan pembelajaran, rangkuman, latihan soal dan video yang diakses melalui kode QR; dan c) Bagian penutup terdapat kegiatan evaluasi, refleksi diri diakses menggunakan *wordwall*, kunci jawaban, glosarium dan daftar pustaka.
3. Materi di dalam modul elektronik membahas 5 pokok bahasan pada materi bakteri yaitu keanekaragaman, morfologi, reproduksi dan fase pertumbuhan, metabolisme serta genetika bakteri pada mata kuliah Mikrobiologi Dasar.
4. Modul elektronik dibuat menggunakan aplikasi *canva*, dan *heyzine flipbook*.

F. Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan

1. Asumsi Pengembangan
Seseorang validator merupakan seorang dosen berpengalaman yang dipilih berdasarkan keahliannya dalam bidang tertentu.
2. Keterbatasan Pengembangan
 - a. Hasil akhir berupa modul pembelajaran yang mencakup materi bakteri.
 - b. Proses validasi awal melibatkan ahli media dan ahli materi.

G. Definisi Istilah

1. Desain adalah suatu proses yang sistematis, mencakup penelitian, perencanaan, dan pengembangan, dengan tujuan menghasilkan produk, sistem, atau solusi yang inovatif.
2. Modul elektronik (e-modul) adalah suatu bentuk penyajian bahan pembelajaran yang dirancang secara sistematis dalam unit-unit kecil

untuk mencapai tujuan pembelajaran tertentu, disajikan dalam format elektronik yang dilengkapi dengan animasi, audio, dan navigasi, yang memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan lebih baik..

3. *Problem-Based Learning* (PBL) merupakan model pembelajaran yang dalam prosesnya peserta didik dihadapkan pada suatu masalah nyata yang relevan dengan pengalaman mereka.
4. Keterampilan kolaborasi adalah proses pembelajaran yang dilakukan secara bersama-sama untuk menyeimbangkan perbedaan, pandangan, dan pengetahuan, serta berpartisipasi dalam diskusi dengan memberikan saran, mendengarkan, dan saling mendukung
5. Keterampilan komunikasi adalah kemampuan untuk menyampaikan berbagai informasi yang berkaitan dengan materi pembelajaran, baik secara lisan maupun tulisan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, E. A., Balqis, B., & Nurhayati, L. (2023). Peningkatan Keterampilan Komunikasi dan Kolaborasi Melalui Penerapan Model Problem Based Learning pada Pembelajaran Biologi. *Khazanah Pendidikan*, 17(2), 197.
- Ali, A., Maniboey, L. C., Megawati, R., Djarwo, C. F., & Listiani, H. (2024). *Media Pembelajaran Interaktif: Teori Komprehensif dan Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif di Sekolah Dasar*. Jambi: PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Aliyyah, S. R., Pangesthi, L. T., Huda, I., Dewi, P., & Handajani, S. (2025). Pengembangan E-Modul Berbasis Flipbook Materi Pertolongan Pertama pada Kecelakaan Kerja (P3K) untuk Siswa SMK Kuliner. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 10, 232–238.
- Antonius, A., Huda, N., & Suratno, S. (2022). Pengembangan E-Modul Interaktif Pembelajaran Gambar Teknik Berbasis Keterampilan Kreatif untuk Siswa SMK. *Jurnal Manajemen Pendidikan dan Ilmu Sosial*, 3(2), 1090–1102.
- Ardianti, R., Sujarwanto, E., & Surahman, E. (2021). Problem Based Learning, Apa dan Bagaimana. *DIFFRACTION: Journal for Physics Education and Applied Physics*, 3(1), 27–35.
- Arends, R. L. (2009). *Learning to Teach* (9th Editio). New York: McGraw-Hill.
- Arsanti, M., Zulaeha, I., Subiyantoro, S., & Haryati, N. (2021). Tuntutan Kompetensi 4C Abad 21 dalam Pendidikan di Perguruan Tinggi untuk Menghadapi Era Society 5.0. *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana UNNES*, 319–324.
- Ashari, L. S., & Puspasari, D. (2024). Pengembangan E-Modul Berbasis Heyzine Flipbook pada Mata Pelajaran Otomatisasi Humas dan Keprotokolan di SMKN 2 Buduran Sidoarjo. *Journal of Social Science Research*, 4(1), 2568.
- Asri, A. S. T., & Dwiningasih, K. (2022). Validitas E-Modul Interaktif sebagai Media Pembelajaran untuk Melatih Kecerdasan Visual Spasial pada Materi Ikatan Kovalen. *PENDIPA Journal of Science Education*, 6(2), 465–473.
- Asyhari, A., & Silvia, H. (2016). Pengembangan Media Pembelajaran Berupa Buletin Dalam Bentuk Buku Saku untuk Pembelajaran IPA Terpadu. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 5(1), 1–13.
- Boss, S. (2015). *PBL for 21st Century Success: Teaching Critical Thinking*,

- Collaboration, Communication, and Creativity*. Novato: Buck Institute for Education.
- Asyhari, A., & Silvia, H. (2016). Pengembangan Media Pembelajaran Berupa Buletin Dalam Bentuk Buku Saku untuk Pembelajaran IPA Terpadu. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 5(1), 1–13.
- Boss, S. (2015). *PBL for 21st Century Success: Teaching Critical Thinking, Collaboration, Communication, and Creativity*. Novato: Buck Institute for Education.
- Campbell, N. A., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, Steven A., Monorsky, P. V., & Orr, R. B. (2021). *Biology a Global Approach*. United Kingdom: Pearson.
- Dewi, A. P., Putri, A., Anfira, D. K., & Prayitno, B. A. (2020). Profil Keterampilan Kolaborasi Mahasiswa pada Rumpun Pendidikan MIPA. *Pedagogi: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 18(01), 57–72.
- Dewi, E. R., & Kustiarini. (2022). Implementasi Model Pembelajaran Two Stay Two Stray (TSTS) Berbasis Peta Konsep Sebagai Upaya Meningkatkan Keterampilan Komunikasi Mahasiswa. *Jurnal Riset Pendidikan Dasar*, 05(2), 161–173.
- Dhitasarifa, I., Yuliatun, A. D., & Savitri, E. N. (2023). Penerapan Model Problem Based Learning untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi Peserta Didik Pada Materi Ekologi Di SMP Negeri 8 Semarang. *Seminar Nasional IPA*, 684–694.
- Ernawati, T., & Susanti, S. (2021). E-Modul IPA 2 untuk Pembelajaran Mandiri di Masa Pandemi Covid-19. *KoPeN: Konferensi Pendidikan Nasional*, 3(1), 107–114.
- Fahmi, R., Tusa', H., Aswirna, P., & Sabri, A. (2020). Pengembangan Keterampilan Kolaborasi Melalui Penerapan Modul Interaktif Berbasis TTI. *Natural Science: Jurnal Penelitian Bidang IPA Dan Pendidikan IPA*, 6(2), 2477–6181.
- Farawansah, V. Y., & Makmur, T. (2022). E-Modul Berbasis Android dalam Mendukung Aktivitas Belajar Mandiri Peserta Didik. *FACTUM: Journal of History and History Education*, 11(1), 29–34.
- Fauzi, F., & Maksum, H. (2020). the Development of Web Based Learning Media Network and Computer Basic At SMK Negeri 1 Lembah Melintang. *Cyberspace: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 4(2), 129.
- Fitriah, P. I., Yulianto, B., Asmarani, R., & Asy, H. (2020). Meningkatkan Keterampilan Komunikasi Siswa Melalui Penerapan Metode Everyone Is

- A Teacher Here. *Jurnal of Education Action Research*, 4(4), 546–555.
- Fitriyani, D., Jalmo, T., & Yolida, B. (2019). Penggunaan Problem Based Learning untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi Dan Berpikir Tingkat Tinggi. *Jurnal Bioterdidik*, 7(2), 103–111.
- Fonna, M., & Nufus, H. (2024). Pengaruh Penerapan Problem Based Learning (PBL) Terhadap Keterampilan Abad 21. *Ar-Riyadhiyyat: Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(1), 22–30.
- Hafizah, M., Sukmono, T., & M.Haris Efendi Hsb. (2024). Pengembangan E-Modul Berbasis Problem Based Learning pada Materi Sistem Pencernaan Manusia untuk Meningkatkan Kemampuan Berfikir Kreatif Peserta Didik Kelas Xi Ipa SMA. *Inspiratif Pendidikan*, 12(2), 625–639.
- Hamsina, S., Bahri, A., Supriadi, & Nuriani. (2023). Menumbuhkan Keterampilan Berkomunikasi Abad 21 dengan Menggunakan Model Talking Chip Kantong Ajaib Doraemon Di MTs Negeri Barru. *Prosiding Seminar Biologi FMIPA UNM*, 164–180.
- Hanipah, S. (2023). Analisis Kurikulum Merdeka Belajar dalam Memfasilitasi Pembelajaran Abad Ke-21 Pada Siswa Menengah Atas. *Jurnal Bintang Pendidikan Indonesia*, 1(2), 264–275.
- Hendri, G. (2018). Efektivitas Penggunaan E-Modul terhadap Keaktifan dan Hasil Belajar Siswa. *Prosiding Seminar Nasional Program Pascasarjana Universitas PGRI Palembang*, 53(9), 1689–1699.
- Herawati, N. S., & Muhtadi, A. (2020). Pengembangan Modul Elektronik (E-Modul) Interraktif pada Mata Pelajaran Kimia Kelas XII SMA. *Jurnal At-Tadbir STAI Darul Kamal NW Kembang Kerang*, 4(1), 57–69.
- Hogg, S. (2005). *Essential Microbiology*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Idayanti, Z., & Suleman, M. A. (2024). E-Modul sebagai Bahan Ajar Mandiri untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pendidikan*, 8(1), 127–133.
- Istiqoma, M., Nani Prihatmi, T., & Anjarwati, R. (2023). Modul Elektronik Sebagai Media Pembelajaran Mandiri. *Prosiding SENIATI*, 7(2), 296–300.
- Kartikasari, R. D., Sumardi, A., Cahya Kartika, P., & Tanti, S. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Flipbook Mata Kuliah Bahasa Indonesia untuk Perguruan Tinggi. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ*, 3, 1–6.
- Katiza, S., Wardhani, S., & Astriani, M. (2025). Analisis Kebutuhan Bahan Ajar

- Mikrobiologi Dasar untuk Menunjang Aktivitas dan Hasil Belajar. *Diklabio: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Biologi*. 151–155.
- Kemendikbud. (2017). *Panduan Praktis Penyusunan E-Modul*. Jakarta: Direktorat Pembinaan SMA, Ditjen Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Kismawati, R., Ernawati, T., & Winingsih, P. H. (2022). Pengembangan E-Komik Berbasis Heyzine Flipbook pada Materi Sistem Pencernaan bagi Peserta Didik Kelas VIII SMP. *Wacana Akademika: Majalah Ilmiah Kependidikan*, 6(3), 359–370.
- Kumar, S. (2016). *Essentials of Microbiology* (1th Editio). New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publisher.
- Kurniawan, M. W., & Wuryandani, W. (2017). Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Masalah Terhadap Motivasi Belajar dan Hasil Belajar PPKn. *Jurnal Civics: Media Kajian Kewarganegaraan*, 14(1), 10–22.
- Laili, I., Ganefri, & Usmeldi. (2019). Efektivitas Pengembangan E-Modul Project Based Learning pada Mata Pelajaran Instalasi Motor Listrik. *Jurnal Imiah Pendidikan Dan Pembelajaran*, 3(3), 306–315.
- Lastri, N., Hamidah, A., & Hsb, M. H. E. (2019). Pengembangan e-Modul Berbasis Model Experiential Learning pada Materi Pencemaran Lingkungan untuk SMP Kelas VII. *Edu-Sains*, 8(2), 11–17.
- Lastri, Y. (2023). Pengembangan dan Pemanfaatan Bahan Ajar E-Modul dalam Proses Pembelajaran. *Jurnal Citra Pendidikan*, 3(3), 1139–1146.
- Lelasari, M., Setyosari, P., & Ulfa, S. (2017). Pemanfaatan Social Learning Network dalam Mendukung Keterampilan Kolaborasi Siswa. *Prosiding TEP & PDs*, 3(2), 167–172.
- Lestari, S. (2021). Upaya Meningkatkan Aktivitas dan Hasil Belajar Biologi dengan Model Problem Based Learning pada Materi Bakteri. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 9(2), 136–148.
- Madigan, M., Martinko, J., Stahl, D., & Clark, D. (2012). *Brock Biology of Microorganisms 13d Edition* (13th ed.). Benjamin Cummings.
- Maghfiroh, A. M., Munandar, K., & Priantari, I. (2024). E-Modul Berbasis Model Pembelajaran Problem Based Learning untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik. *Indigenous Biologi Jurnal Pendidikan dan Sains Biologi*, 7(1), 12–21.
- Masrinah, E. N., Aripin, I., & Gaffar, A. A. (2023). Problem Based Learning untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis. *JSE: Jurnal Sharia*

Economica, 2(1), 42–49.

- Mukarromah, T. T., & Harapan, E. (2023). Literasi Digital: Pentingnya Keterampilan Abad Ke-21. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*, 2(12), 109–116.
- Mulyadi, M. (2012). Riset Desain dalam Metodologi Penelitian. *Studi Komunikasi Dan Media*, 16(1), 71–80.
- Mumpuni, A., & Nurbaeti, R. U. (2019). Analisa Faktor yang Mempengaruhi Minat Baca Mahasiswa PGSD. *Jurnal Dimensi*, 3(2), 260–269.
- Nabila, S., Adha, I., & Febriandi, R. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Pop Up Book Berbasis Kearifan Lokal pada Pembelajaran Tematik di Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 5(5), 3928–3939.
- Najuah, Lukitoyo, P. S., & Wirianti, W. (2020). Modul Elektronik: Prosedur Penyusunan dan Aplikasinya. Medan: *Yayasan Kita Menulis*.
- Nesri, F. D. P., & Kristanto, Y. D. (2020). Pengembangan Modul Ajar Berbantuan Teknologi untuk Mengembangkan Kecakapan Abad 21 Siswa. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 9(3), 480.
- Novita, E., & Hanggara, G. S. (2022). Urgensi Keterampilan Komunikasi Pada Siswa Introvert. *Prosiding Konseling Kearifan Nusantara (KKN)*, 427–433.
- Pahlevi, M. R. S., Febrianti, A. A., & Ansori, M. I. (2023). Teamship Competance (Kompetensi Kolektif/Kolaborasi). *Jurnal Ilmiah dan Karya Mahasiswa*, 1(4), 215–226.
- Pertiwi, A. P., Wahid, R., & Thoyibah, F. (2024). Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik. *Journal of Professional Elementary Education*, 3(1), 46–60.
- Prescott, L. M., Harley, J. P., & Klein, A. D. (2002). *Introduction of Microbiology 5th Edition* (5th Editio). The McGraw–Hill.
- Priana, A. Y., & Pebryansyah, I. (2023). Peningkatan Keterampilan Kolaborasi dan Hasil Belajar Siswa Melalui Penerapan Model Problem Based Learning (PBL) Berbantu E-Modul. *JGURUKU: Jurnal Penelitian Guru*, 2, 632–639.
- Purnamawati, H. (2021). Mengembangkan Keterampilan Komunikasi dan Kolaborasi Melalui Pembelajaran Aktif dengan Pendekatan MIKiR. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 21(2), 664.

- Purwoko, T. (2007). *Fisiologi Mikroba*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Rahima, R., Kaspul, K., & Putra, A. P. (2022). Validitas dan Keterbacaan Peserta Didik Kelas X SMA Terhadap Pengembangan Modul Elektronik Berbasis Flip Html5 Konsep Protista. *Jurnal Pendidikan UNIGA*, 16(1), 570.
- Rahmi, L. (2019). Perancangan E-Module Perakitan dan Instalasi Personal Komputer Sebagai Media Pembelajaran Siswa SMK. *Ta'dib*, 21(2), 105.
- Rerung, N., Sinon, I. L. ., & Widyaningsih, S. W. (2017). Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik SMA pada Materi Usaha dan Energi. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 6(1), 47–55.
- Riskyniany, H. R., Novita, L., & Windiyani, T. (2024). Pengembangan E-Modul Berbasis Flipbook Materi Manusia dan Lingkungan. *Journal on Education*, 06(03),
- Rizki, S. K., Oka, A. A., & Asih, T. (2020). Pengembangan Modul Pembelajaran Biologi Berbasis Problem Based Learning Terintegrasi Nilai-Nilai Karakter pada Materi Sistem Pencernaan Manusia Kelas XI SMA Negeri 5 Metro. *Bioedukasi : Jurnal Pendidikan Biologi Universitas Muhammadiyah Metro*, 11(1), 33–42.
- Rohmaniyah. (2023). Pengembangan E-Modul Berbasis Problem Based Learning Bermuatan Pendidikan Karakter Pada Materi Virus. *Program Studi Tadris Biologi Fakultas Ilmu Tarbiyah Dan Keguruan Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah*, 1–238.
- Sa'diyah, K. (2021). Pengembangan E-Modul Berbasis Digital Flipbook untuk Mempermudah Pembelajaran Jarak Jauh Di SMA. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 3(4), 1298–1308.
- Sa'idah, N. U., Handoyo, S., Dirwanto, & Akanto, B. (2017). Pengembangan E-Modul Berbasis Problem Based Learning Terintegrasi Wordwall untuk Meningkatkan Kemampuan Kognitif Siswa. *Jurnal ELSE (Elementary School Education Journal)*, 1(2), 340–350.
- Sari, A. P. K., & Mawardi. (2023). Implementasi model pembelajaran berdiferensiasi dalam meningkatkan keterampilan kolaborasi siswa sekolah dasar. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 08(9), 1–24.
- Sholeh, B., Hufad, A., & Fathurrohman, M. (2023). Pemanfaatan E-Modul Interaktif dalam Pembelajaran Mandiri Sesuai Kapasitas Siswa. *Risalah: Jurnal Pendidikan Dan Studi Islam*, 9(2), 2614–3275.

- Suarsana, I. M., & Mahayukti, G. . (2013). Pengembangan E-Modul Berorientasi Pemecahan Masalah untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa. *Jurnal Nasional Pendidikan Indonesia*, 2(2), 193–200.
- Suryani, E. (2021). Peningkatan Hasil Belajar Siswa Menggunakan Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) Pada Materi Ciri dan Peranan Bakteri dalam Kehidupan di Kelas X MIA 3 SMA Negeri 3 Sumbawa Besar Tahun Pelajaran 2017/2018. *Jurnal Kependidikan*, 5(2), 1–7.
- Suryani, & Saparuddin. (2022). Efektivitas Penggunaan E-Modul dalam Meningkatkan Kemampuan Collaborative Peserta Didik Pada Materi Klasifikasi Makhluk Hidup Kelas 10 Sman 9 Makassar. *Jurnal Biogenerasi*, 7(1), 91–98.
- Talaro, K. P., & Talaro, A. (2002). *Foundations in Microbiology* (4th Editio). New York: The McGraw-Hill.
- Taryono, Saepuzaman, D., Dhina, M. A., & Fitriyanti, N. (2019). Penerapan Pembelajaran Berbasis Proyek dan Pembelajaran Berbasis Masalah pada Mata Pelajaran Fisika untuk Meningkatkan Keterampilan Abad 21 (4Cs) Siswa SMP. *WaPFI (Wahana Pendidikan Fisika)*, 4(1), 89.
- Thahir, R. (2024). Analisis Keterampilan Komunikasi dan Keterampilan Kolaborasi Mahasiswa Pendidikan Biologi. *Jurnal Binomial*, 7(1), 33–42.
- Thiagrajan, S. Semmel, D.S & Semmel, M.I .(1974). *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children: A Sourcebook*. Indiana: Indiana University.
- Thieman, W. J., & Palladino, M. A. (2014). *Introduction to Biotechnology*. New York: Pearson.
- Tortora, G. J., Funke, B. R., & Case, C. L. (2019). *Microbiology: An Introduction* (13th Editi). New York: Pearson.
- Wahyudin, D., Subkhan, E., Malik, A., Hakim, M. A., Sudiapermana, E., LeliAlhapip, M., Nur Rofika Ayu Shinta Amalia, L. S., Ali, N. B. V., & Krisna, F. N. (2024). Kajian Akademik Kurikulum Merdeka. Jakarta: *Pusat Kurikulum dan Pembelajaran Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi*.
- Wardhani, S., Yusnita, D., & Astriani, M. (2025). Effectiveness of Electronic LKPD for PBL-Based Practical Work to Improve Critical Thinking Skills. 11(1), 374–381.
- Widyani, A. (2018). Pengembangan Media Pembelajaran Kartu Uno di

Madrasah Aliyah Negeri 3 Jakarta. *Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 6.

Zubaidah, S. (2018). Mengenal 4C: Learning and Innovation Skills Untuk Menghadapi Era Revolusi Industri 4.0. *Prosiding Seminar Science Education National Conference*, 13(2), 1–10.