

**PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS STEM
TERINTEGRASI PROYEK LINGKUNGAN UNTUK
MENSTIMULASI KETERAMPILAN BERPIKIR
KRITIS DAN KREATIF SISWA SMA**

TESIS



OLEH:

**METIA VINLIANI
NPM: 2484105004**

**PROGRAM STUDI MAGISTER PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH BENGKULU
TAHUN 2026**

**PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS STEM
TERINTEGRASI PROYEK LINGKUNGAN UNTUK
MENSTIMULASI KETERAMPILAN BERPIKIR
KRITIS DAN KREATIF SISWA SMA**

TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat
Memperoleh Gelar Magister Pendidikan Biologi
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Muhammadiyah Bengkulu**



OLEH:

**METIA VINLIANI
NPM: 2484105004**

**PROGRAM STUDI MAGISTER PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH BENGKULU
TAHUN 2026**

HALAMAN PENGESAHAN
PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS STEM TERINTEGRASI
PROYEK LINGKUNGAN UNTUK MENSTIMULASI KETERAMPILAN
BERPIKIR KRITIS DAN KREATIF SISWA SMA

TESIS



OLEH :

Metia Vinliani
NPM. 2484105004

Disetujui Oleh:

Pembimbing Utama

Dr. Jayanti Syahfitri, M.Pd.
NP. 199001292017012127

Pembimbing Pendamping

Dr. Kashardi, M.Pd.
NP. 196111121987041003

Mengetahui,
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Muhammadiyah Bengkulu



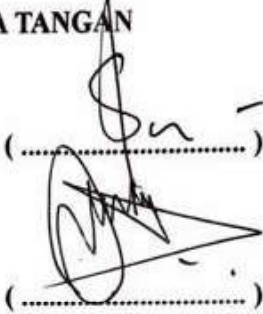
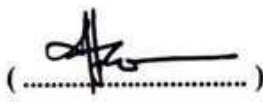

Dr. Santoso, M. Si
NIP. 196706151993031004

HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI TESIS

**DIPERTAHANKAN DIDEPAN TIM PENGUJI TESIS
PROGRAM STUDI MAGISTER PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITA MUHAMMADIYAH BENGKULU**

**Hari : Sabtu
Tanggal : 07 Maret 2026
Tempat : Ruang Ujian Lantai III Kampus I
Universitas Muhammadiyah Bengkulu**

TIM PENGUJI

NAMA	TANDA TANGAN
1. Dr. Siti Darwah Suryani, M.Si NIP. 196802201993032003 (Ketua penguji)	()
2. Dr. Tomi Hidayat, M.Pd NP. 198510032013011111 (Penguji I)	()
3. Dr. Jayanti Syahfitri, M.Pd NP. 199001292017012127 (Penguji II)	()
4. Dr. Kashardi, M. Pd NP. 196111121987041003 (Penguji III)	()

Mengetahui,

Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Muhammadiyah Bengkulu


Dr. Santoso, M. Si

NIP. 196706151993031004

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama : Metia Vinliani
NPM : 2484105004
Program Studi : Pendidikan Biologi (S-2)
Angkatan : 2024
Jenjang : Magister (S-2)

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Pengembangan E-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan Untuk Menstimulasi Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri.

Saya tidak melakukan penjiplakan atau mengutip dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini saya siap menanggung resiko/sanksi apabila dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terdapat keaslian karya tesis saya ini.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Bengkulu, Maret 2026
Yang Buat Pernyataan



Metia Vinliani
NPM. 2484105004

ABSTRAK

Metia Vinliani, 2026 "Pengembangan E-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan Untuk Menstimulasi Keterampilan Berpikir Kritis Dan Kreatif Siswa SMA". Tesis Jurusan Magister Pendidikan Biologi FKIP Universitas Muhammadiyah Bengkulu. Pembimbing: Dr. Jayanti Syahfitri, M.Pd dan Dr. Kashardi, M.Pd.

Penelitian ini bertujuan mengembangkan E-Modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan untuk menstimulasi keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa SMA pada materi pencemaran lingkungan. Metode menggunakan *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE. Subjek melibatkan 104 siswa dari tiga SMA Negeri di Kota Bengkulu. Data dikumpulkan melalui validasi ahli dan angket respon. Hasil menunjukkan E-Modul memiliki kevalidan sangat tinggi dengan persentase ahli konten 92% dan ahli media 98%. Kepraktisan berdasarkan respon peserta didik memperoleh 97% (uji coba I) dan 93% (uji coba II), sedangkan respon guru 96% (uji coba I) dan 97% (uji coba II), semuanya kategori sangat praktis. E-Modul mengintegrasikan proyek *eco-enzyme* sebagai aplikasi nyata STEM. Disimpulkan bahwa E-Modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan memenuhi kriteria valid dan praktis, sehingga layak digunakan untuk menstimulasi keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa SMA dalam pembelajaran Biologi.

Kata Kunci: E-Modul, STEM, Proyek Lingkungan, Berpikir Kritis, Berpikir Kreatif.

ABSTRACT

Metia Vinliani, 2026 "*Development of STEM-Based E-Modules Integrated with Environmental Projects to Stimulate Critical and Creative Thinking Skills in High School Students.*" Master's Thesis, Department of Biology Education, Faculty of Teacher Training and Education, Muhammadiyah University of Bengkulu. Supervisors: Dr. Jayanti Syahfitri, M.Pd. and Dr. Kashardi, M.Pd.

This study aims to develop a STEM-based E-Modul integrated with environmental projects to stimulate high school students' critical and creative thinking skills on environmental pollution materials. The method used Research and Development (R&D) with the ADDIE model. Subjects involved 104 students from three Senior High Schools in Bengkulu City. Data were collected through expert validation and response questionnaires. Results showed the E-Modul had very high validity with content expert percentages of 92% and media experts 98%. Practicality based on student responses obtained 97% (trial I) and 93% (trial II), while teacher responses obtained 96% (trial I) and 97% (trial II), all in the very practical category. The E-Modul integrates the eco-enzyme project as a real STEM application. It is concluded that the developed STEM-based E-Modul integrated with environmental projects meets valid and practical criteria, making it suitable for stimulating critical and creative thinking skills of high school students in Biology learning.

Keywords: *E-Modul, STEM, Environmental Project, Critical Thinking, Creative Thinking.*

MOTO DAN PERSEMBAHAN

MOTO:

- Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya (Q.S. Al-Baqarah:286).
- Setiap takdir yang membuat Anda menangis pasti memiliki hasil yang menyenangkan di akhir. Setiap perjuangan yang sulit pasti membawa hasil yang luar biasa. Jangan berhenti berkembang; tidak ada hidup tanpa masalah, tidak ada perjuangan tanpa lelah.

PERSEMBAHAN:

Alhamdulillah, sebuah ungkapan rasa syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kasih sayang dan cintanya kepada penulis atas semua nikmat yang diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir (tesis) ini. Penulis selalu mengucapkan sholawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW.

Penulis persembahkan karya ini sebagai tanda bukti, hormat dan rasa terimakasih kepada:

- Kedua orang tua Ayahanda Refnizal, S.Ag dan Ibunda Heli Marwati yang selalu memberikan dukungan motivasi, semangat, nasihat serta do'a yang tanpa henti. Kemudian untuk seluruh keluarga besar, terutama Abang Rendra Revaldi, S.Pd, Adik Indira Zilvilia, Ipar Rahmandini Oksyantia, S.Ak, Ponakan Ratiah Afanda Dira, terima kasih atas semua dukungan dan do'a selama proses perkuliahan.

- Terima kasih kepada teman-teman spesial Halimatussakdiyah, Riska Amelia, Siti Nuriya Safitri, Puput Marsela, Mareta Putri Sari dan Tresia Budia Suci Erlanda yang sudah memberi motivasi dan support.
- Terima kasih juga sahabatku yang telah berpulang ke rahmatullah Almh. Siti patimah dan Almh. Riskyanti Amelia Sari yang semasa masih ada selalu memberi dukungan motivasi dan semangat, semoga kalian di tempatkan di sisi Allah yang paling terbaik, Aamiin.
- Terima kasih kepada teman-teman seperjuangan Genny Angriani, Mentari Ezatalopa, Elta Resmawati, Yeyen Angraini, Ricce Oktasari, Erlin Puspita Sari, Mika Yulianti, Desi Patmawati dan Mice Agustin yang sudah memberi motivasi, support, wawasan, bertukar pikiran selama masa perkuliahan dan rela membantu selama penelitian ini berlangsung.
- Terima kasih Ibu Dr. Jayanti Syahfitri, M.Pd selaku pembimbing utama dan Bapak Dr. Kashardi, M.Pd selaku pembimbing pendamping yang telah meluangkan waktu dan perhatiannya untuk membimbing dalam penyelesaian tesis ini. Sungguh suatu kehormatan dan rasa bangga, penulis berkesempatan menjadi mahasiswa bimbingan bapak dan ibu.

Tesis ini telah dibantu dan dilaksanakan oleh semua pihak yang terlibat. Semoga Allah SWT selalu memberikan rahmat, kemudahan, dan keberkahan pada setiap langkah kita.. *Aamiin Ya Rabbal'alamin.*

KATA PENGANTAR

Kami bersyukur kepada Allah SWT, yang telah memberi kita nikmat dan rahmat-Nya untuk menyelesaikan tesis ini dengan baik. Kami juga mengucapkan sholawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW.

Tesis ini saya tulis sebagai syarat guna memperoleh gelar Magister pada program studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Bengkulu, dengan judul ” **Pengembangan e-modul Berbasis STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan Untuk Menstimulasi Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif Siswa SMA**”.

Penulis sadar bahwa dalam penulisan tesis ini masih banyak kekhilafan dan terdapat kelemahan. Terdapatnya dukungan dan dorongan serta bantuan yang diperoleh dari berbagai pihak lain secara moral dan material, pada akhirnya tesis ini dapat terselesaikan. Pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada Yth:

1. Bapak Dr. Susiyanto, M.Si., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Bengkulu.
2. Bapak Drs. Santoso, M.Si., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Bengkulu.
3. Ibu Dr. Nopriyeni, M.Pd., selaku Ketua Program Studi Pascasarjana Pendidikan Biologi Universitas Muhammadiyah Bengkulu.
4. Ibu Dr. Jayanti Syahfitri, M.Pd., dan Bapak Dr. Kashardi, M.Pd selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan semangat dalam menyelesaikan tesis ini.

5. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Pascasarjana Pendidikan Biologi Universitas Muhammadiyah Bengkulu yang telah memberikan ilmu yang berharga sepanjang perjalanan akademik ini.
6. Bapak/Ibu guru di SMA Negeri 7 Kota Bengkulu, SMA Negeri 4 Kota Bengkulu, dan SMA Negeri 2 Kota Bengkulu atas bantuan dan kerjasama yang baik selama proses penelitian berlangsung.
7. Teman-teman Seperjuangan Program Studi Magister Pendidikan Biologi Universitas Muhammadiyah Bengkulu Angkatan tahun 2024.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tesis ini masih belum sempurna. Untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan Tesis ini. Penulis berharap tesis ini akan membantu kemajuan ilmu pengetahuan dan menjadi referensi bermanfaat bagi pembaca di masa depan.

Bengkulu, Maret 2025

Penulis

Metia Vinliani

2484105004

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iv
MOTO DAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Batasan Masalah	8
C. Rumusan Masalah.....	8
D. Tujuan	9
E. Manfaat Penelitian	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	11
A. Deskripsi Teoritis	11
1. Pembelajaran Biologi	11
2. Pembelajaran Biologi di SMA	12
3. Bahan Ajar.....	13
4. E-Modul	17
5. STEM	19
6. E-Modul dengan Pendekatan STEM.....	25
7. STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan.....	26
8. Pencemaran Lingkungan.....	27
9. Berpikir Kritis	29
10. Berpikir kreatif	32
B. Penelitian relevan	34
C. Kerangka berpikir.....	35
BAB III METODE PENELITIAN	37
A. Jenis Penelitian	37
B. Waktu dan Tempat.....	37
C. Subjek dan Objek Penelitian	37
D. Prosedur Penelitian.....	38
E. Teknik Pengumpulan Data	45

F. Instrumen Pengumpulan Data	46
G. Teknik Analisis Data	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	50
A. Hasil Penelitian	50
1. Tahap <i>Analyze</i> (Analisis).....	51
2. Tahap <i>Design</i> (Perancangan).....	55
3. Tahap <i>Develope</i> (Pengembangan).....	74
B. Pembahasan Hasil Penelitian	96
1. Proses dan Hasil Pengembangan E-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan	96
2. Kepraktisan Tingkat Kevalidan E-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan	99
3. Tingkat Kepraktisan E-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan	103
4. Kepraktisan E-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Kreatif Peserta Didik	106
BAB V PENUTUP	112
A. Kesimpulan	112
B. Saran.....	113
C. Implikasi.....	115
DAFTAR PUSTAKA.....	116

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Relevan.....	34
Tabel 3.1 Lembar Validasi Konten.....	46
Tabel 3.2 Lembar Validasi Media	46
Tabel 3.3 Angket Respon Siswa.....	47
Tabel 3.4. Kategori Kevalidan E-Modul	48
Tabel 3.5 Kategori Kepraktisan E-modul.....	49
Tabel 4.1 Capaian Pembelajaran (CP) Biologi Materi Pencemaran Lingkungan Fase F (SMA).....	54
Tabel 4.2 Storyboard E-Modul Berbasis Eco-STEM pada Materi Penemaran Lingkungan.....	58
Tabel 4.3 Hasil Validasi I Konten.....	75
Tabel 4.4 Validasi II Konten.....	78
Tabel 4.5 Rekapitulasi Hasil Validasi Konten oleh Dua Ahli	80
Tabel 4.6 Hasil Validasi I Media	81
Tabel 4.7 Hasil Validasi II Media.....	83
Tabel 4.8 Hasil Validasi III Media	86
Tabel 4.9 Rekapitulasi Hasil Validasi Media	88
Tabel 4.10 Hasil Penilaian Angket Respons Peserta Didik Uji Coba I.....	89
Tabel 4.11 Hasil Penilaian Angket Respons Peserta Didik Uji Coba II.....	91
Tabel 4.12 Hasil Penilaian Angket Respons Guru Uji Coba I	92
Tabel 4.13 Hasil Penilaian Angket Respons Guru Uji Coba II.....	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Cover	59
Gambar 2. Kata Pengantar	61
Gambar 3. Materi I.....	63
Gambar 4. Materi II.....	64
Gambar 5. Proyek Eco-Enzyme	65
Gambar 6. Prosedur Eco-Enzyme	66
Gambar 7. Lembar Aktivitas dan Diskusi	67
Gambar 8. Lembar Aktivitas dan Diskusi	68
Gambar 9. Refleksi Pembelajaran.....	69
Gambar 10. Refleksi Diri	69
Gambar 11. Evaluasi Akhir	71
Gambar 12. Daftar Pustaka	72
Gambar 13. Sebelum di perbaiki dari validator I.....	76
Gambar 14. Setelah perbaikan dari validator I.....	77
Gambar 15. Indikator berpikir kritis dan kreatif.....	79
Gambar 16. Perbaikan dari validator media I	82
Gambar 17. Perbaikan dari validator media II.....	84
Gambar 18. Perbaikan dari validator media III.....	87

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Izin Penelitian dari Kampus	124
Lampiran 2 Surat Izin Penelitian DPMTSP	130
Lampiran 3 Surat Izin Penelitian Dikbud.....	131
Lampiran 4 E-Modul.....	132
Lampiran 5 Angket Validasi Konten	172
Lampiran 6 Angket Validasi Media.....	178
Lampiran 7 Analisis Data Validasi	187
Lampiran 8 Angket Respon Siswa	188
Lampiran 9 Angket Respon Guru	194
Lampiran 10 Rekapitulasi Respon Siswa.....	200
Lampiran 11 Rekapitulasi Respon Guru	208
Lampiran 12 Dokumentasi Penelitian.....	209
Lampiran 13 Surat Selesai Penelitian	213

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pada abad ke-21 telah membawa perubahan besar dalam pola kehidupan masyarakat modern. Kemajuan tersebut tidak hanya memengaruhi cara manusia berkomunikasi dan bekerja, tetapi juga mengubah cara individu memperoleh informasi, belajar, dan mengembangkan pengetahuan. Dunia pendidikan sebagai salah satu pilar utama pembangunan sumber daya manusia turut mengalami transformasi yang signifikan seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi digital. Integrasi teknologi dalam proses pembelajaran menjadi kebutuhan penting untuk meningkatkan kualitas pendidikan, memperluas akses terhadap sumber belajar, serta menciptakan pengalaman belajar yang lebih inovatif dan relevan dengan tuntutan zaman.

Perkembangan era teknologi yang terus berlanjut telah memberikan dampak signifikan terhadap berbagai bidang kehidupan manusia, seperti peradaban, budaya, sektor bisnis, pemerintahan, hingga dunia pendidikan (Sriyanti, 2021). Menurut (Yulianti & Saputra, 2019), era revolusi industri 4.0 saat ini telah memengaruhi pendidikan sains dan mempersiapkan individu untuk menghadapi tantangan masa depan. anak-anak perlu memiliki kecakapan berpikir dan belajar. Teknologi komunikasi dan informasi yang cepat dapat berkembang berkat integrasi global. Pendidikan digital adalah ide atau metode untuk mengajar siswa dengan menggunakan media multimedia seperti smartphone, komputer, notebook, video, audio, dan visual (Verdinandus & Taufik, 2019). Dengan menggunakan materi pembelajaran yang semakin menarik secara visual, pendidikan telah berubah secara signifikan seiring dengan kemajuan teknologi (Melati *et al.*, 2023). Transformasi digital telah membawa perubahan signifikan dalam

bidang pendidikan, khususnya dalam penyediaan bahan ajar digital yang lebih interaktif, adaptif, dan dapat diakses secara fleksibel memungkinkan personalisasi pembelajaran serta peningkatan keterlibatan peserta didik di berbagai jenjang (Khalid & Owusu-Boateng, 2024).

Bahan ajar merupakan seperangkat materi pembelajaran yang disusun secara sistematis untuk membantu peserta didik memahami konsep secara mendalam dan terstruktur. Bahan ajar tidak hanya berfungsi sebagai sumber informasi, tetapi juga sebagai sarana untuk menumbuhkan pemahaman konseptual melalui aktivitas belajar yang terarah. Rabbani & Muftianti, (2020) menyatakan bahwa bahan ajar dirancang berdasarkan prinsip pembelajaran agar dapat memfasilitasi peserta didik dalam memecahkan masalah sesuai dengan kompetensi yang ditetapkan. Secara umum, bahan ajar dibedakan menjadi bahan ajar cetak dan bahan ajar digital. Bahan ajar cetak memuat ide, fakta, konsep, prinsip, dan teori yang disusun untuk mencapai tujuan pembelajaran (Laila *et al.*, 2019), sedangkan bahan ajar digital memanfaatkan teknologi seperti internet dan perangkat elektronik guna menciptakan lingkungan belajar yang lebih fleksibel dan interaktif (Tasruddin, 2020). Sejalan dengan itu, (Elmiana & Kashardi, 2016) menegaskan bahwa bahan ajar yang dirancang dengan model pembelajaran yang tepat mampu meningkatkan pemahaman konsep peserta didik.

Peserta didik dapat memperoleh keterampilan proses sains dan kemampuan berpikir yang lebih baik (Lawe *et al.*, 2021). Menurut (Rindaryati, 2021) Bahan ajar digital lebih praktis, tahan lama, dan mudah diakses, sementara bahan ajar yang memiliki fitur seperti link, simulasi, animasi, gambar, dan audio dianggap lebih interaktif dan menarik (Sriwahyuni *et al.*, 2019). Dengan kemajuan teknologi pendidikan, bahan ajar cetak telah berubah menjadi media digital yang lebih interaktif dan mudah diakses. Salah satu contohnya adalah e-modul, bentuk digital dari bahan

ajar yang dirancang secara sistematis untuk pembelajaran mandiri dan berpotensi meningkatkan motivasi dan hasil belajar siswa (Idayanti, 2024).

Menurut (Laili, 2019) mengatakan bahwa modul yang disediakan dalam bentuk elektronik memiliki kemampuan untuk menampilkan teks, gambar, video, dan animasi melalui perangkat elektronik. Menurut (Sunaryo, 2020) e-modul berfungsi sebagai alat bantu pendidik dalam menyampaikan materi ajar secara efektif, sehingga memudahkan pemahaman siswa (Wulandari *et al.*, 2023). E-modul, atau modul elektronik, adalah materi digital yang dirancang secara berkala dan dapat digunakan secara mandiri oleh siswa. Modul disajikan dalam format elektronik, sehingga lebih mudah diakses dan membantu siswa belajar dengan cepat (Seruni *et al.*, 2019). Untuk membuat bahan ajar digital yang tidak hanya menarik secara visual, tetapi juga berguna dan interaktif untuk mendukung proses pembelajaran, kombinasi aplikasi Canva dan Flipbook digunakan untuk membuat modul digital menjadi buku digital interaktif yang mudah digunakan dan diakses oleh siswa (Ismail, 2024).

Oleh karena itu, e-modul ini tidak hanya dapat digunakan sebagai bahan ajar mandiri, tetapi juga dapat dimasukkan ke dalam pendekatan STEM untuk meningkatkan kemampuan siswa dalam *Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Dalam kehidupan nyata, e-modul berbasis STEM mengajarkan peserta didik pemikiran kritis dan keterampilan berpikir kreatif dengan menentukan tujuan masalah dan menemukan solusi. Ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya (Adipan & Asrizal, 2024). Studi yang dilakukan oleh Le *et al.* (2022), yang menekankan bahwa jika mata pelajaran STEM dimasukkan ke dalam kurikulum sekolah, itu akan meningkatkan kemampuan akademik dan non-akademik siswa. Ilmuwan Ilmi *et al.* (2023) menyatakan bahwa membuat lingkungan belajar yang fleksibel yang mengutamakan pembelajaran online saat mengajar mata pelajaran

STEM, seperti sains dan matematika, meningkatkan kemampuan siswa untuk bekerja secara mandiri.

Pembelajaran berbasis STEM adalah salah satu pendekatan pendidikan yang saat ini sangat mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21 (Siddiq & Asrizal, 2023). STEM merupakan pendekatan pendidikan yang menggabungkan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Pendekatan ini telah digunakan sejak diperkenalkan oleh *National Science Foundation* pada tahun 1990-an untuk mendukung pengembangan keterampilan siswa (Putra *et al.*, 2024). Salah satu pendekatan pembelajaran yang paling populer saat ini adalah pendekatan STEM, yang membantu dan mempersiapkan siswa yang terampil dan mampu bersaing di dunia kerja. Dengan menerapkannya pada pembelajaran sains khususnya, pendekatan STEM membantu siswa memperoleh keterampilan berpikir tingkat tinggi, yang merupakan bagian dari keterampilan abad ke-21 (Muttaqiin, 2023). Dalam pendidikan modern, pendekatan STEM tidak hanya menekankan penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi tetapi juga meningkatkan keterampilan berpikir kritis melalui analisis, evaluasi, dan pengambilan keputusan yang berbasis bukti. Oleh karena itu, menerapkan pendekatan STEM ke dalam kurikulum sangat efektif karena meningkatkan kemampuan siswa untuk berpikir kritis, yang merupakan bagian penting dari memecahkan masalah inovatif (Abdullah, 2025).

Proyek lingkungan merupakan kegiatan yang dirancang secara terencana dan sistematis untuk menjaga, memperbaiki, serta meningkatkan kualitas lingkungan hidup melalui tindakan nyata yang melibatkan individu maupun kelompok. Kegiatan ini biasanya diawali dengan identifikasi permasalahan lingkungan, kemudian dilanjutkan dengan perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi program yang bertujuan untuk mengurangi dampak kerusakan lingkungan serta mendorong kesadaran masyarakat

terhadap pentingnya pelestarian lingkungan secara berkelanjutan (Thomas, 2022). Salah satu pendekatan yang dapat mendorong keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran adalah project Based Learning, yang menekankan aktivitas penyelesaian proyek nyata. Melalui pendekatan ini, konsep dalam STEM Education dapat diintegrasikan dengan permasalahan lingkungan sehingga pembelajaran menjadi lebih kontekstual.

Keterampilan berpikir kritis sangat penting di dunia pendidikan saat ini. Ini berfokus pada kemampuan untuk memecahkan masalah, membuat keputusan, menganalisis pendapat, dan mengevaluasi (Davidi *et al.*, 2021). Kemampuan berpikir kritis seseorang dipengaruhi oleh kemajuan dalam berbagai aspek kehidupan mereka. Secara keseluruhan, berpikir kritis juga berarti memiliki pemahaman yang lebih baik tentang suatu situasi atau topik serta kemampuan untuk mempertimbangkan berbagai perspektif sebelum membuat keputusan atau membuat kesimpulan (Apriyanti *et al.*, 2024). Menyusun argumen yang kuat, membedakan antara fakta dan pendapat, dan menafsirkan informasi dengan lebih cermat adalah kemampuan yang lebih umum bagi individu yang memiliki kemampuan berpikir kritis (Susanti *et al.*, 2022). Namun, kemampuan berpikir kritis saja tidak cukup di era yang menuntut perubahan dan inovasi yang cepat seperti saat ini. Selain itu, Peserta didik harus memiliki kemampuan berpikir kreatif, yang mencakup menawarkan solusi untuk masalah, melihat situasi dari berbagai sudut pandang, dan mengembangkan ide baru. Ide-ide baru adalah inti dari berpikir kreatif, sedangkan analisis dan evaluasi adalah inti dari berpikir kritis.

Berpikir kreatif adalah kemampuan berpikir kompleks yang dapat dipelajari pada saat yang bersamaan. Mereka yang memiliki kemampuan ini dapat menggabungkan pengetahuan baru dengan yang sudah mereka ketahui. Akibatnya, siswa harus belajar keterampilan berpikir kreatif sejak usia dini. Berpikir kreatif bermanfaat karena

menawarkan berbagai pengalaman dan pembelajaran (Kwangmuang *et al.*, 2021), Namun, itu juga dapat bermanfaat bagi siswa karena dapat membantu mereka menyelesaikan masalah yang sebenarnya mereka hadapi saat menggunakan proses pengambilan keputusan (Sahrul *et al.*, 2022). Meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa memungkinkan mereka untuk mengembangkan bakat, minat, dan prospek lainnya (Lassig, 2021). Mereka yang kreatif akan dapat menyampaikan ide-ide inovatif, yang pada akhirnya akan menghasilkan peserta yang mudah beradaptasi. Pendidik harus mampu membuat pembelajaran yang inovatif dan kreatif yang memungkinkan siswa memanfaatkan kemampuan kreatif mereka.

Fakta di lapangan menunjukkan bahwa guru menghadapi banyak tantangan saat menerapkan e-modul terintegrasi STEM. Sebagian besar guru tidak memiliki kemampuan yang diperlukan untuk membangun perangkat pembelajaran yang berbasis STEM secara menyeluruh dan terintegrasi (Sugianto *et al.*, 2023). Hal ini di dukung oleh penelitian (Tobing & Sulastri, 2024) mengungkapkan bahwa banyak pendidik mengalami kesulitan untuk memahami bagaimana sains, teknologi, rekayasa, dan matematika berhubungan satu sama lain. Akibatnya, pembelajaran di kelas menjadi kurang berkualitas. Selain itu, dua kendala utama yang menghalangi siswa untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis melalui pendekatan STEM adalah kekurangan bahan ajar yang sesuai dengan kebutuhan kurikulum dan kekurangan pelatihan guru yang berkelanjutan (Chania *et al.*, 2020).

Berdasarkan hasil dari survei dan observasi yang dilakukan di beberapa sekolah menengah di kota Bengkulu, yaitu SMA 7, SMA 2, dan SMA 4, ditemukan bahwa bahan ajar yang digunakan masih secara konvensional atau masih berbasis buku cetak dan LKS. Namun, mereka telah mencoba menggunakan materi digital, termasuk e-modul atau penuntun praktikum. Namun Sejauh ini sekolah tersebut belum

menggunakan e-modul, terutama yang berkaitan dengan STEM terintegrasi proyek lingkungan yang khusus untuk menstimulasi berfikir kritis dan kreatif.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat e-modul Biologi yang menggunakan pendekatan STEM yang terintegrasi dengan proyek lingkungan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan berpikir kreatif siswa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat e-modul yang valid dan praktis untuk digunakan di SMAN Bengkulu.

B. Batasan Masalah

Berdasarkan masalah yang telah diidentifikasi di atas, Batasan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada peserta didik di 3 SMA Kota Bengkulu.
2. Materi dalam penelitian ini adalah pencemaran lingkungan dengan proyek *eco-enzym*.
3. Penelitian ini hanya difokuskan pada pengembangan e-modul sebagai media pembelajaran berbasis flipbook.
4. Penelitian ini hanya batas tahap pengembangan yaitu menghasilkan e-modul yang valid dan praktis.

C. Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut berdasarkan batasan masalah di atas:

1. Bagaimana proses dan hasil pengembangan e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan yang dikembangkan?
2. Bagaimana tingkat kevalidan e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan yang dikembangkan?

3. Bagaimana tingkat kepraktisan e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan yang dikembangkan?

D. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian ini adalah:

4. Untuk mengetahui proses dan hasil pengembangan e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan yang dikembangkan.
1. Untuk mengetahui tingkat kevalidan e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek yang dikembangkan.
2. Untuk mengetahui tingkat kepraktisan e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek yang dikembangkan.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian pengembangan e-modul terintegrasi STEM ini, antara lain:

1. Bagi Peserta Didik
 - a. Memberikan pengalaman belajar yang lebih kontekstual dan menarik melalui keterlibatan langsung dalam proyek lingkungan.
 - b. Menstimulasi kemampuan berpikir kritis dan kreatif melalui eksplorasi masalah nyata dan pencarian solusi ilmiah berbasis STEM.
 - c. Meningkatkan kesadaran terhadap isu-isu lingkungan.
2. Bagi Guru/Pendidik
 - a. Menjadi alternatif media pembelajaran inovatif yang mendukung penerapan kurikulum berbasis kompetensi dan pembelajaran abad ke-21.
 - b. Membantu guru dalam merancang pembelajaran interaktif berbasis digital dan proyek yang dapat meningkatkan keterampilan berpikir siswa.

- c. Memberikan referensi konkret dalam mengintegrasikan pendekatan STEM dengan isu lingkungan di kelas.
3. Bagi Sekolah
- a. Mendukung upaya sekolah dalam mengimplementasikan program *green school* atau pendidikan berkelanjutan (*education for sustainable development*).
 - b. Menjadi bahan ajar digital yang dapat digunakan secara luas untuk meningkatkan mutu pembelajaran sains dan teknologi.
 - c. Mendorong inovasi dalam sistem pembelajaran berbasis teknologi informasi dan komunikasi (TIK).