

**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 Vianiani
NPM. 2484105004

Disetujui Oleh:

Pembimbing Utama

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

Pembimbing Pendamping

Dr. Kasuardi, M.Pd.
NP. 196111121987041003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Muhammadiyah Bengkulu





Dr. Sri Santoso, M. Si
NP. 196706151995031004

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 2016
Tempat : Ruang Ujian Lantai III Kampus I
Universitas Muhammadiyah Bengkulu

TIM PENGUJI

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

Mengotahui,

Dehan ~~Santoso~~ Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Muhammadiyah Bengkulu



Dr. Santoso, M. Si

NIP. 196706251993071004

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama : Metia Viriani
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 Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif" ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri.

Saya tidak melakukan penjiplakan atau menyalin 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 terhadap keaslian karya tesis saya ini.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Bengkulu, Maret 2026
Yang Buat Pernyataan



Metia Viriani
NPM. 2484105004

ABSTRAK

Metia Vialiani, 2016 "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-story* 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 Vinaliani, 2016 *"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. Kasardi, 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 93%. 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:

Allhamdulillah, 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 Rivaldi, S.Pd, Adik Indira Zilvilia, Ipar Rahmandini Oksyantia, S.Ak, Ponakan Ratiyah Afanda Dira, terima kasih atas semua dukungan dan do'a selama proses perkuliahan.

- Terima kasih kepada teman-teman spesial Halimatussakriyah, Riska Amelia, Siti Nuriya Safitri, Puput Marsela, Mareta Putri Sari dan Trestia Budia Suci Erlanda yang sudah memberi motivasi dan support.
- Terima kasih juga sahabatku yang telah berpulang ke rahmatullah Almh. Siti Fatimah dan Almh. Riskyanti Analia Sari yang semasa masih ada selalu memberi dukungan motivasi dan semangat, semoga kalian di tempatkan di sisi Allah yang paling terbaik, Amin.
- Terima kasih kepada teman-teman seperjuangan Genry Angrani, Mentari Ezatalopa, Elta Resnawati, Yeyen Angraini, Ricce Oktasari, Erlin Pusgita 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, MPd selaku pembimbing utama dan Bapak Dr. Kashardi, MPd 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. *Amin Ya Rabbaal '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 alihulawat 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 terima kasih 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. Nopriyani, 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 Vinitiani

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..... | 31 |
| 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>Develop</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 Pencemaran 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 (Yulisti & 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 & Kasuardi, 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 (Larve *et al.*, 2021). Menurut (Rindaryati, 2021) Bahan ajar digital lebih praktis, tahan lama, dan mudah diakses, sementara bahan ajar yang memiliki fitur seperti link, animasi, gambar, dan audio dianggap lebih interaktif dan menarik (Sirwahyuni *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 (Idiyanti, 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 (Sumarya, 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 (Jamal, 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 (Adipati & Aarizal, 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 Ima 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 & Aarizal, 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

menyediakan 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 (Muttakin, 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 kemampuan 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 (Kwazunguzungu *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 didukung 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 (Chanis *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-skyw.
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:

1. Untuk mengetahui proses dan hasil pengembangan e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan yang dikembangkan.
2. Untuk mengetahui tingkat kevalidan e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek yang dikembangkan.
3. 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).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Deskripsi Teoritis

Berdasarkan masalah di atas, berikut adalah ringkasan dari kajian teori yang digunakan sebagai dasar pemikiran untuk menjawab masalah yang diusutkan.

1. Pembelajaran Biologi

Biologi adalah ilmu yang mempelajari makhluk hidup dan memahami kehidupan di alam semesta melalui proses penemuan. Oleh karena itu, biologi tidak hanya merupakan penguasaan tentang kumpulan pengetahuan yang terdiri dari fakta atau gagasan saja, tetapi juga merupakan penguasaan tentang proses penemuan (Darmawan *et al.*, 2021). Dalam biologi, konsep diartikan sebagai sesuatu ide abstrak yang memungkinkan kita untuk dapat mengklasifikasikan objek-objek atau kejadian-kejadian, selanjutnya dari objek dan kejadian tersebut dapat diterangkan apakah atau kejadian tersebut merupakan contoh atau bahkan bukan contoh dari ide yang ada (Hindun, 2011). Selama ini, persepsi dan persepsi peserta didik tentang biologi adalah bahwa itu adalah ilmu yang hanya memerlukan hafalan. Namun, biologi sebenarnya adalah ilmu yang memerlukan pemahaman, aplikasi, analisis, sintesis, dan pemikiran mendalam tentang alasan dan bagaimana (Lufri *et al.*, 2020).

Dalam konteks pendidikan nasional, Biologi tidak hanya bertujuan mentransfer pengetahuan, tidak hanya itu, tetapi juga berfungsi sebagai tempat untuk menginternalisasi nilai-nilai yang terkandung dalam Pancasila,

terutama sila kedua (Kemanusiaan yang Adil dan Beradab) dan kelima (Keadilan Sosial bagi Seluruh Rakyat Indonesia) melalui pembelajaran yang berkeadilan, inklusif, dan berkelanjutan (Kementerian Pendidikan, Riset, dan Teknologi, 2022). Pembelajaran biologi di sekolah menengah diharapkan dapat menjadi wahana bagi peserta didik untuk mempelajari diri sendiri dan alam sekitar serta proses pengembangan lebih lanjut dalam penerapannya di kehidupan sehari-hari (Zuraho, 2021). Sedangkan penilaian hasil pembelajaran biologi sendiri pada peserta didik dilakukan oleh guru untuk memantau secara konsisten proses, kemajuan, dan perkembangan hasil pembelajaran siswa sesuai dengan potensi dan kemampuan yang diharapkan (Djulia *et al.*, 2020).

2. Pembelajaran Biologi di SMA

Kegiatan belajar di sekolah harus membuat pembelajaran menjadi mudah bagi siswa. Oleh karena itu, materi harus mudah dipahami dan disajikan. Selain itu, siswa harus dapat tumbuh dalam keterampilan tertentu sesuai dengan tujuan pembelajaran (Ananda & Fadilatunrahmi, 2018). Sebagai bagian dari ilmu pengetahuan alam, biologi memiliki peran strategis dalam mengajarkan siswa tentang kehidupan dan lingkungan sekitar mereka (Manglep *et al.*, 2023). Pembelajaran biologi di SMA kurang memenuhi kebutuhan keterampilan karena pendekatan konvensional yang berpusat pada guru masih mendominasi pembelajaran (Kalangkungan *et al.*, 2021).

Siswa harus memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan konseptual dan prosedural untuk memecahkan masalah dalam pembelajaran biologi sekolah (Aqil, 2017). Hal ini sesuai dengan persyaratan yang

ditetapkan dalam kurikulum 2013, yang menuntut persekutan lebih besar pada peran aktif siswa dalam mengumpulkan dan menyusun data dari berbagai sumber (Setiawan, 2019). Dalam Kurikulum 2013, pembelajaran biologi harus dapat mencapai empat kompetensi tujuan: sikap spritual, sikap sosial, pengetahuan, dan keterampilan (Agnafia, 2019).

3. Bahan Ajar

a. Pengertian Bahan Ajar

Bahan ajar adalah segala jenis bahan yang digunakan oleh guru untuk membantu siswa belajar. Bahan ajar dapat berupa kumpulan informasi yang disusun secara sistematis, baik tertulis maupun non-tertulis, untuk menciptakan lingkungan yang memungkinkan siswa belajar (Magdalena *et al.*, 2020). Bahan ajar digunakan untuk menyampaikan informasi atau pesan kepada siswa. Tujuan dari bahan ajar ini adalah untuk meningkatkan pikiran, perasaan, perhatian, kemampuan, dan keterampilan siswa sehingga proses pembelajaran dapat berjalan lebih cepat. Bahan ajar juga digunakan untuk membuat pengalaman belajar lebih konkret (Novitasari *et al.*, 2021). Selaras dengan pengertian tersebut (Lubis & Ismaya, 2020) juga berpendapat bahwa bahan ajar adalah segala sesuatu yang disusun secara sistematis dan menampilkan kompetensi yang akan dikuasai siswa secara utuh serta digunakan dalam proses pembelajaran untuk tujuan perencanaan dan penelaahan implementasi pembelajaran. Penggunaan bahan ajar yang tepat akan berdampak pada kompetensi yang akan dicapai siswa. Didasarkan pada gagasan bahwa pembelajaran adalah proses komunikasi yang terdiri dari beberapa bagian: penyampai pesan, penerima

pesan, pesan, media, dan respon Sukiman. Bahan ajar adalah semua alat yang dapat digunakan untuk menyampaikan pesan untuk mencapai tujuan pembelajaran (Shoffa *et al.*, 2021).

b. Jenis-jenis Bahan Ajar

Memang ada banyak pendapat tentang bagaimana jenis bahan ajar dikategorikan. umumnya, mereka dibagi menjadi dua kategori besar: jenis bahan ajar cetak dan noncetak. (Susanti *et al.*, 2022). Contoh dari Lembar kerja siswa, modul, dan handout adalah contoh bahan ajar cetak (Marbadi *et al.*, 2023). Sementara contoh dari jenis bahan ajar noncetak yaitu video, audio dan lain sebagainya (Rustamana *et al.*, 2023). Adapun penjelasan dari kedua jenis bahan ajar sebagai berikut:

1) Bahan Ajar Cetak

Bahan ajar cetak yaitu bahan ajar untuk menyampaikan informasi kepada siswa selama pembelajaran, bahan ajar cetak dibuat dalam bentuk kertas. Banyak fasilitas untuk menggendakan dan membuat bahan ajar cetak, seperti printer, fotocopy, dan lainnya, membuat bahan ajar cetak tetap populer di dunia pendidikan (Yonanda *et al.*, 2022). Bahan ajar memiliki dampak pada dunia pembelajaran ketika digunakan sebagai media pembelajaran. Media cetak adalah buku utama di sekolah dari tingkat dasar hingga pendidikan tinggi. Bahan ajar cetak lebih mudah diperoleh dan diakses dari berbagai kalangan daripada bahan ajar berbasis komputer (Mudrikah *et al.*, 2022). Misalnya, modul berbasis STEM yang dikembangkan mampu meningkatkan keterampilan siswa

dalam berpikir kreatif dan pemecahan masalah secara sistematis (Faizla *et al.*, 2024).

2) Bahan Ajar Non Cetak

Beberapa karakteristik bahan ajar non-cetak adalah sebagai berikut: penggunaan komputer (media digital atau teknologi jaringan), penggunaan teknologi multimedia yang membuat pembelajaran menyenangkan, penggunaan teknologi elektronik yang memungkinkan guru dan siswa berkomunikasi tanpa batasan protokol, dan penggunaan bahan ajar mandiri yang memungkinkan pendidik atau siswa mengaksesnya kapan saja (Nordiyanto *et al.*, 2024). Penggunaan bahan ajar digital berbasis Android dan *e-book* STEM terbukti efektif dalam membantu siswa memahami konsep pembelajaran secara interaktif dan menarik ((Wardatin & Pradipta, 2019).

Selain memahami karakteristik bahan ajar non-cetak, Anda juga harus memahami jenis bahan ajar non-cetak. Berikut adalah beberapa jenis bahan ajar non-cetak:

a) Bahan ajar *display*

Bahan ajar *display* adalah materi tulisan atau gambar yang dapat ditampilkan di ruang kelas tanpa proyektor. Ini membedakannya dari instruksi non-cetak lainnya. Bahan ajar jenis ini biasanya digunakan oleh guru untuk mengajar siswa mereka. *Flipchart*, penempel, grafik, poster, peta, foto, dan

realitas adalah contoh bahan ajar *display* (Rustamana *et al.*, 2023).

b) *Overhead transparencies (OHT) dan Overhead Projector*

Jenis bahan ajar non cetak yang dihiasi dengan elemen gerakan dan grafik disebut transparansi atau Jenis materi pelajaran ini ditampilkan menggunakan *overhead projector* (OHP). Karena sulit dibuat, OHP jarang digunakan oleh guru sebagai media pembelajaran. LCD lebih canggih daripada OHP (Wahyuni, 2024).

c) *Audio*

Program audio adalah sistem atau perangkat yang memungkinkan orang memainkan atau mendengarkan musik melalui sinyal radio. Kata-kata, musik, dan suara berkontribusi pada program ini. Program audio sangat bermanfaat untuk pendidikan, terutama bahasa, dan buku panduan program audio biasanya menvestakan kaset audio. Siswa dapat merekam dan mempelajari materi guru di mana pun mereka berada (Rustamana *et al.*, 2023).

d) *Video dan televisi*

Video dan televisi adalah sumber pembelajaran non cetak yang penuh dengan informasi dan membantu proses pembelajaran. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa materi pelajaran yang *divideo*kan tidak memiliki gambar atau suara. Sebaliknya, siswa dapat melihat tampilan bergerak dan

mendengarkan suara, sehingga mereka merasa berada di tempat yang sama (Susanti *et al.*, 2022).

e) **Bahan ajar berbasis komputer**

Penggunaan komputer meningkat selama pandemi COVID-19. Ini dilakukan dengan koneksi internet dan melalui berbagai situs web seperti *dicard*, *Zoom*, *E-learning*, *Google Classroom* dan sebagainya (Susanti *et al.*, 2022).

f) **Peran Bahan Ajar sebagai Sumber Belajar**

Bahan ajar memiliki peran sendiri dalam dunia pendidikan untuk guru, peserta didik, dan kegiatan pembelajaran karena bahan ajar sangat penting untuk menciptakan proses pendidikan yang efektif dan efisien (Wahyuni, 2024).

4. E-Modul

E-modul merupakan salah satu sumber daya bahan ajar elektronik. Siswa dapat menggunakan e-modul untuk belajar sendiri karena e-modul bersifat interaktif dan memfasilitasi pembelajaran. E-modul adalah sumber belajar yang disajikan untuk memfasilitasi pembelajaran mandiri siswa (Sembiring *et al.*, 2021). E-modul mempermudah siswa dalam mencapai kompetensi dasar sesuai dengan kemampuan dan kecepatan belajar masing-masing (Rukmi & Diyana, 2024). E-modul adalah bentuk digital dari modul konvensional yang disajikan melalui perangkat elektronik, seperti komputer, untuk memberikan kemudahan akses terhadap berbagai materi pembelajaran secara lebih luas. Dengan keunggulan tersebut, e-modul memiliki peran yang semakin signifikan

dalam proses pengajaran, pembelajaran, dan pengembangan ilmu pengetahuan (Pahudin *et al.*, 2019).

a. Karakteristik e-modul

Menurut (Lestari *et al.*, 2022) Pada dasarnya, e-modul dapat digunakan oleh siswa karena dianggap lebih efisien dan efektif sebagai bahan ajar mandiri dan memiliki empat fitur berikut:

- 1) *Self instructional*, artinya bahwa siswa dapat belajar secara mandiri dengan e-modul sebagai mediana
- 2) *self contained*, artinya bahwa e-modul memuat keseluruhan materi yang akan diajarkan
- 3) *Stand alone*, artinya bahwa e-modul dapat digunakan tanpa media lain karena e-modul tidak tergantung pada media pendukung lainnya
- 4) *Adaptif*, artinya bahwa e-modul sifatnya mudah disesuaikan dengan perkembangan IPTEK
- 5) *User friendly*, artinya bahwa penggunaan e-modul yang mudah sehingga lebih berakrabat dengan penggunaanya

b. Langkah-Langkah Pembuatan e-modul

Jenis modul yang tersedia dalam bentuk elektronik disebut e-modul. Pembuatan e-modul menghasilkan struktur yang dapat digunakan pada modul cetak, menurut Pratama, Anggrani, (Pratama *et al.*, 2021) bahwa struktur dari e-modul adalah:

- 1) *Judul modul*, bagian ini memuat mengenai nama modul dan suatu mata pelajaran

- 2) Petunjuk belajar, bagian ini berisi tentang langkah-langkah yang akan ditempuh selama proses pembelajaran pada materi tertentu.
- 3) Kompetensi yang akan dicapai, bagian ini memuat mengenai hal-hal apa saja yang harus dicapai oleh siswa setelah proses pembelajaran materi tertentu.
- 4) Lembar kegiatan pembelajaran, bagian ini berisi tentang penjelasan materi pembelajaran.
- 5) Tugas-tugas (latihan)
- 6) Langkah kerja, dan penilaian (evaluasi), bagian ini bertujuan untuk mengukur

Seperti yang telah dijelaskan di atas, e-modul harus memiliki struktur untuk membantu siswa mencapai tujuan pembelajaran yang telah ditentukan. Struktur ini termasuk judul, petunjuk belajar, kompetensi yang akan dicapai, lembar kegiatan pembelajaran, tugas dan latihan, petunjuk kerja atau lembar kerja, dan evaluasi.

5. STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*)

a. Pengertian STEM

Studi ini mengintegrasikan STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) ke dalam kurikulum. Pengembangan pembelajaran didasarkan pada kesadaran akan pentingnya materi pembelajaran berkualitas tinggi bagi siswa. STEM juga menjadi solusi dari pembelajaran abad 21. STEM dapat berdampak bagi

pendidikan untuk memberikan inovasi dalam proses belajar mengajar (Clem & Diane, 2019). Dengan menggunakan bahan ajar berbasis STEM, diharapkan peserta didik dapat mengembangkan pemikiran yang lebih luas, merasa nyaman dengan kegiatan belajar sambil melakukannya, memiliki kebebasan dan kegunaan dalam menyampaikan ide-ide mereka, dapat menentukan sendiri pembelajaran mereka, dan dapat bekerja sama atau bekerja sama. Lumbantohng & Arrahra (2020) mengklaim bahwa penerapan pendekatan STEM dalam proses pembelajaran tematik akan meningkatkan elemen penting dari pendidikan STEM, seperti kemampuan peserta didik untuk memecahkan masalah. Aspek sains, misalnya, mencakup penggunaan pengetahuan dan keterampilan proses ilmiah untuk memahami dan mengelola fenomena alam (Agung *et al.*, 2022). Aspek teknologi mencakup pemahaman tentang proses baru yang dapat diciptakan dan digunakan untuk mempermudah pekerjaan manusia. Aspek teknik mencakup operasi, perancangan, atau perakitan yang didasarkan pada ilmu pengetahuan dan teknologi (Lestari *et al.*, 2018). Sebaliknya, elemen matematika berfokus pada kemampuan untuk mengevaluasi, memberikan bantuan, menyelesaikan masalah, dan menguraikan data dan hasil perhitungan.

b. Komponen-Komponen STEM

1) Sains (*Sciences*)

Merupakan kajian tentang fenomena alam yang melibatkan observasi, pengukuran, dan metode ilmiah. *Science* mendorong pemahaman konsep-konsep ilmiah dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Komponen ini paling dominan dalam pembelajaran STEM karena berkaitan langsung dengan metode ilmiah dan eksperimen (Zuhaida & Widodo, 2023).

2) Teknologi (*Technology*)

Meliputi sistem yang terdiri dari orang, organisasi, pengetahuan, proses, dan perangkat yang menciptakan serta mengoperasikan benda-benda. Teknologi berkaitan dengan pemanfaatan ilmu pengetahuan untuk membuat alat dan sistem yang bermanfaat (Fiteriani et al., 2021).

3) Rekayasa (*Engineering*)

Berfokus pada desain dan penciptaan benda buatan manusia serta proses pemecahan masalah secara sistematis. Komponen ini mengajak peserta didik mengerubungkan kemampuan rekayasa untuk menciptakan produk dan solusi inovatif (Zuhaida & Widodo, 2023).

4) Matematika (*Mathematics*)

Matematika adalah ilmu tentang pola-pola dan hubungan-hubungan, dan menyediakan bahasa bagi teknologi, sains, dan *engineering* (Yunita, 2024).

c. Tujuan STEM

Selama periode 2020–2025, penelitian pendidikan STEM di Indonesia berfokus pada pembuatan alat pembelajaran berbasis STEM yang meningkatkan kreativitas, berpikir kritis, dan kemampuan kolaboratif siswa. Penelitian pendidikan STEM di Indonesia selama periode 2020–2025 menunjukkan fokus pada pengembangan perangkat pembelajaran berbasis STEM yang meningkatkan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, dan kolaborasi siswa (Sumanti, Asprasto & Suhandoko, 2025). Penelitian lain mengevaluasi efektivitas integrasi kurikulum STEM di sekolah Indonesia dengan mengidentifikasi kendala seperti keterbatasan kompetensi guru dan infrastruktur, serta perlunya kolaborasi berbagai pihak dalam implementasi yang merata (Intan et al, 2025). Selain itu, ada studi kuasi eksperimen yang menguji pengaruh model STEM pada peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa dengan hasil signifikan secara statistik (Susanti & Wnaya, 2023). Penelitian-penelitian ini menunjukkan perkembangan riset terkini yang relevan untuk peningkatan kualitas pendidikan STEM di Indonesia.

d. Langkah-Langkah STEM

1) Aspek *Science* dalam pendekatan STEM didefinisikan sebagai keterampilan menggunakan pengetahuan dan sains untuk memahami gejala alam secara kritis dan analitis. Hal ini penting untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa dalam

mengeksplorasi fenomena alam dan mengintegrasikan konsep sains dengan konteks pembelajaran nyata (Suraanti et al., 2025).

- 2) Aspek *Technology* dalam STEM mengacu pada keterampilan mengenal dan mengembangkan teknologi terbaru yang dapat mempermudah pekerjaan manusia. Siswa diberi kesempatan untuk memahami dan berinovasi dengan berbagai teknologi praktis yang mendukung pembelajaran dan kehidupan sehari-hari (Kartini & Santoso, 2023).
- 3) Sedangkan aspek *Engineering* melibatkan lima tahap pembelajaran yang sistematis, meliputi identifikasi masalah, perancangan solusi, pembuatan prototipe, pengujian, dan evaluasi. Pendekatan ini menekankan proses kreatif dan inovatif dalam memecahkan masalah riil sehingga siswa mampu berpikir secara terstruktur dan aplikatif (Widodo et al., 2025).
- 4) Terakhir, aspek *Mathematics* merupakan keterampilan yang digunakan untuk menganalisis data, memberikan alasan, serta mengkomunikasikan ide secara efektif. Dalam konteks STEM, matematika difokuskan pada pemecahan masalah dan interpretasi solusi berdasarkan perhitungan matematis yang akurat (Zalsa, 2025).

Pembelajaran STEM dapat diterapkan sebagai solusi terhadap permasalahan pendidikan di Indonesia. STEM dikembangkan dengan mengangkat isu-isu dalam kehidupan sehari-hari kemudian diintegrasikan ke dalam pembelajaran, sehingga membuat proses

pembelajaran lebih bermakna dan kontekstual karena peserta didik menjadi lebih tertarik dan merasakan secara langsung manfaat dari belajar STEM dalam keseharian secara nyata (Pujiati, 2020). Dengan demikian, pembelajaran STEM menjadi salah satu solusi dalam mengatasi tantangan pendidikan di Indonesia di era abad ke-21, serta berkontribusi dalam meningkatkan mutu pendidikan.

e. Kelebihan dan Kekurangan STEM

Setiap model pembelajaran tentu memiliki kelebihan dan kekurangan dalam penerapan dan pencapaian tujuan yang diharapkan, berikut kelebihan dan kekurangan dari STEM antara lain, sebagai berikut:

1) Kelebihan

Kelebihan pendekatan STEM menurut (Sumaya *et al.*, 2021) meliputi:

- a) kemampuan menumbuhkan pengetahuan dan keterampilan terkait konsep dan prinsip suatu disiplin.
- b) Meningkatkan rasa ingin tahu, berpikir kritis, dan kreativitas siswa.
- c) Selain itu, STEM membantu memfasilitasi eksplorasi praktik ilmiah, sikap kolaborasi yang positif, serta menghubungkan kemampuan berpikir, bertindak, dan belajar secara mandiri maupun kelompok.
- d) Pendekatan ini juga membangun pengetahuan aktif pada siswa yang sangat penting dalam pembelajaran abad ke-21.

2) Kekurangan

Namun, kekurangan pendekatan STEM juga perlu diperhatikan, yaitu:

- a) Pendekatan ini membutuhkan waktu yang relatif lebih lama dalam pelaksanaannya, sehingga bisa memengaruhi pelaksanaan kurikulum secara umum.
- b) Selain itu, ada siswa yang kurang mahir dalam eksperimen sehingga kesulitan mengikuti pembelajaran.
- c) Potensi ketidakefektifan kolaborasi karena beberapa siswa bergantung pada teman kelompoknya tanpa berpartisipasi aktif (Izzani, 2019).

3) Tantangan

Harpian, (2023) menjelaskan bahwa masalah lain dengan STEM adalah siswa mungkin tidak tertarik pada salah satu bidang (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) dan sulit untuk memahami integrasi antar bidang secara alami. Namun, meskipun hal-hal ini dapat menghalangi kemajuan akademik siswa, STEM dapat meningkatkan kemampuan siswa dan mempersiapkan mereka untuk menghadapi tuntutan teknologi dan dunia modern.

7. E-Modul dengan Pendekatan STEM

Pada penelitian ini, STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) dimasukkan ke dalam bahan ajar. Pengembangan pembelajaran didasarkan pada kesadaran akan pentingnya materi menguraikan materi pelajaran cetak yang diperbarui, yang juga dapat

digunakan dalam kombinasi dengan berbagai pendekatan pembelajaran, termasuk pendekatan STEM. Selain itu, penelitian oleh (Tartiyoso, 2025) menemukan bahwa e-modul STEM berpotensi meningkatkan literasi sains dan keterampilan proses sains di tingkat SMA, yang menggabungkan prinsip-prinsip STEM dalam materi yang dikembangkan secara digital. Hal ini mendorong siswa untuk menguasai konsep teoritis sekaligus praktik eksperimen dengan lebih baik. Dengan menggunakan bahan ajar berbasis STEM, diharapkan peserta didik dapat mengembangkan pemikiran yang lebih luas, memiliki kebebasan dan keamanan dalam menyampaikan ide-ide mereka, merasa nyaman dengan kegiatan belajar sambil melakukannya, dapat menentukan sendiri pembelajaran mereka, dan dapat bekerja sama atau bekerja sama (Lumbantobing & Arzakra, 2020) mengklaim bahwa dalam proses pembelajaran biologi, pendekatan STEM akan meningkatkan aspek penting, yaitu kemampuan peserta didik dalam pemecahan masalah.

8. STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan

E-modul berbasis STEM ini dirancang untuk meningkatkan pengetahuan peserta didik tentang sains dan teknologi serta pengetahuan mereka tentang lingkungan. Modul-modul ini tidak hanya menyampaikan materi digital, tetapi juga memungkinkan pembelajaran aktif melalui pendekatan *interdisipliner* yang menggabungkan konsep dari bidang sains, teknologi, rekayasa, dan matematika. Pendekatan ini memungkinkan pembelajaran kontekstual (Pratiwi & Suryatno, 2023). Dengan menggabungkan proyek lingkungan seperti pengelolaan sampah,

energi terbarukan, atau konservasi air, siswa dapat terlibat dalam penelitian ilmiah, membuat solusi berkelanjutan, dan menganalisis data kuantitatif. Ini membantu mereka belajar keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis, kreatif, dan bekerja sama (Nurhayati & Supriatna, 2022). Selain itu, e-modul STEM menggunakan pendekatan berbasis proyek untuk meningkatkan kesadaran siswa tentang lingkungan dan kemampuan mereka untuk memecahkan masalah. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa mereka menawarkan konteks *real-world* yang berkaitan dengan masalah yang muncul dalam kehidupan nyata (Fitriani *et al.*, 2024). Oleh karena itu, e-modul STEM yang terintegrasi dalam proyek lingkungan tidak hanya memenuhi kebutuhan kurikulum siswa tetapi juga membantu.

9. Pencemaran Lingkungan

Pencemaran lingkungan terjadi ketika aktivitas manusia memasukkan makhluk hidup, zat, energi, atau elemen lainnya ke dalam lingkungan sehingga menurunkan kualitasnya sehingga lingkungan tidak dapat berfungsi dengan baik lagi (Ridwan *et al.*, 2021). Meskipun banyak aktivitas manusia menyebabkan pencemaran lingkungan, alam juga dapat menyebabkan pencemaran, seperti abu dari letusan gunung berapi. Bahan-bahan ini mencemari lingkungan dan dapat berbahaya bagi kehidupan (Ihsan, 2021). Menurut (Odum, 2022), Pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh aktivitas antropogenik seperti deforestasi, urbanisasi, pertanian intensif, dan pengelolaan limbah yang tidak berkelanjutan adalah salah satu masalah utama di dunia pada

abad ke-21. Beberapa contoh dampak *transboundary* dan lokal termasuk *microplastic* di lautan dunia dan polusi udara lintas negara.

a. Jenis-Jenis Pencemaran Lingkungan

1) Pencemaran Air

Pencemaran air terjadi ketika zat, energi, makhluk hidup, atau unsur lain masuk ke dalam air akibat dari aktivitas manusia sehingga berpotensi dalam menurunkan kualitas air membuat air tidak bisa di manfaatkan sebagaimana mestinya. Jika perairan tercemar, keseimbangan ekosistemnya juga akan terganggu (Felisa, 2022). Pencemaran air terjadi akibat pembuangan limbah organik, limbah domestik, dan bahan kimia berbahaya ke badan air, misalnya sungai dan laut. Limbah tersebut menyebabkan penurunan kualitas air yang berdampak pada ekosistem perairan dan kesehatan manusia. Menurut (Armalia et al., 2025), pencemaran air disebabkan limbah sisa pengolahan ikan, limbah domestik, serta tumpahan bahan bakar kapal yang merusak kualitas air dan keberlangsungan hidup biota air. Hal ini ditegaskan oleh Jurnal Ilmu Lingkungan Undip dan Teknologi Lingkungan (2025), bahwa *pollutan biologis* dan *kimia* menjadi ancaman serius terhadap perairan dan ekosistem sungai (Armalia et al., 2025).

2) Pencemaran Udara

Pencemaran udara muncul dari emisi gas berbahaya seperti *sulfur dioksida* (SO_2), *nitrogen oksida* (NO_x), partikel debu, serta gas rumah kaca dari aktivitas industri, pembakaran bahan bakar

soal, dan pertanian. Pencemaran ini tidak hanya mengganggu kualitas udara tetapi juga memicu gangguan pernapasan serta perubahan iklim. Menurut Modul Pencemaran Udara dan Perubahan Iklim UIN Malang (2025), emisi dari sektor industri, rumah tangga, dan pertanian memiliki kontribusi besar dalam polusi udara yang berbahaya bagi kesehatan masyarakat. Penelitian lainnya menegaskan pentingnya pengelolaan emisi untuk mengurangi tingkat polutan di atmosfer (Armalia et al., 2025).

3) Pencemaran Tanah

Pencemaran tanah juga merupakan jenis pencemaran yang terjadi akibat penumpukan sampah padat organik dan anorganik yang tidak dikelola dengan baik, limbah kimia pertanian seperti pestisida, serta logam berat dari limbah industri. Mufid dan Budizanta (2021) menjelaskan bahwa pencemaran tanah terbagi menjadi pencemaran kimia, biologis, dan fisik yang menghambat produktivitas dan kualitas lahan. Limbah tersebut berpotensi merusak struktur tanah dan menurunkan kesuburan sehingga berdampak negatif pada tanaman dan kesehatan manusia (Mufid & Budizanta, 2021).

10. Berpikir Kritis

a. Pengertian Kemampuan Berpikir Kritis

Berpikir kritis adalah proses memecahkan masalah yang terstruktur yang mencakup aktivitas mental seperti merumuskan masalah, memberikan ide, membuat evaluasi, dan mengambil

Keputusan (Saputra, 2020). Sejalan dengan hal tersebut (Hidayat *et al.*, 2019) juga mengatakan bahwa berpikir kritis berarti berpikir secara mendalam dengan menggunakan nalar untuk memperoleh pemahaman yang tepat dan mampu bertanggung jawab. Menurut Halpern dalam Sari *et al.* (2019) Kemungkinan untuk mencapai efek berpikir kritis yang diinginkan meningkat ketika Anda menggunakan metode atau keterampilan kognitif yang sesuai. Salah satu keterampilan berpikir kritis yang diperlukan untuk membuat keputusan dan menyelesaikan masalah adalah menyelesaikan masalah dalam situasi yang kompleks.

Sejalan dengan itu, (Junita & Kashardi, 2021) melalui pengembangan soal open-ended menunjukkan bahwa kemampuan berpikir tingkat tinggi, termasuk berpikir kritis dan kreatif, dapat difasilitasi melalui penyusunan instrumen yang valid dan sistematis berdasarkan aspek konten, konstruksi, dan bahasa. Proses validasi oleh ahli serta uji kepraktisan kepada peserta didik menjadi langkah penting untuk memastikan bahwa soal yang dikembangkan benar-benar mampu menggali kemampuan analisis, evaluasi, dan penalaran siswa. Dengan demikian, berpikir kritis dalam konteks pembelajaran tidak hanya dipahami sebagai kemampuan teoretis, tetapi sebagai keterampilan yang dapat dilatih melalui desain soal yang terbuka, menantang, dan berorientasi pada pemecahan masalah nyata.

b. Indikator Berpikir Kritis :

Facione (2023) mengemukakan bahwa terdapat enam hal yang menjadi indikator dalam mengukur kemampuan berpikir kritis yaitu:

1) Memahami dan mengungkapkan makna dari berbagai pengalaman, situasi, data, peristiwa, penilaian, keyakinan, aturan, prosedur, atau kriteria disebut interpretasi.

(Facione, 2023)

2) Tujuan analisis adalah untuk menemukan hubungan inferensial yang dimaksudkan dan aktual di antara pernyataan, konsep, deskripsi, atau bentuk representasi lain yang digunakan untuk menyampaikan keyakinan, penilaian, pengalaman, alasan, informasi, atau opini.

3) Evaluasi adalah proses menilai kredibilitas pernyataan atau representasi lain, yang terdiri dari catatan atau deskripsi persepsi, pengalaman, situasi, penilaian, keyakinan, atau opini seseorang. Evaluasi juga mencakup menilai kekuatan logis dari hubungan inferensial yang sebenarnya atau yang dimaksudkan antara pernyataan, deskripsi, pernyataan, atau representasi lainnya.

4) Inferensi berarti menemukan dan memastikan komponen yang diperlukan untuk membuat kesimpulan yang logis; membuat dugaan dan hipotesis; mempertimbangkan informasi yang relevan dan berpikir tentang koneksi yang berasal dari pernyataan, data, prinsip, bukti, keyakinan, opini, konsep, deskripsi, pertanyaan, atau bentuk representasi lainnya.

- 5) Kemampuan untuk menyampaikan hasil penalaran seseorang secara meyakinkan dan logis dikenal sebagai penjelasan. Ini menunjukkan bahwa mereka memiliki kemampuan untuk memberikan pemahaman yang lengkap tentang masalah secara keseluruhan baik "menyatakan dan membenarkan penalaran tersebut berdasarkan pertimbangan evidensial, konseptual, metodologis, kriteriologis, dan kontekstual yang menjadi dasar hasil penalaran seseorang; dan menyajikan penalaran seseorang dalam bentuk argumen yang meyakinkan."
- 6) Pengaturan diri secara sadar mengawasi aktivitas kognitif seseorang, komponen yang digunakan dalam aktivitas tersebut, dan hasil yang diperoleh dari aktivitas tersebut, terutama dengan menerapkan keterampilan analisis dan evaluasi pada penilaian inferensialnya sendiri dengan tujuan mempertanyakan, mengonfirmasi, memvalidasi, atau mengoreksi penalaran atau hasil yang diperoleh.

II. Berpikir Kreatif

a. Pengertian Kemampuan Berpikir Kreatif

Berpikir kreatif berarti mengolah informasi menjadi berbagai ide atau perspektif. Orang yang memiliki kemampuan berpikir kreatif dapat menghasilkan ide, ide, atau produk baru yang berbeda dengan ide, ide, atau produk yang sudah ada (Sani *et al.*, 2019). Kemampuan untuk menemukan dan mengembangkan ide-ide orisinal dari pemikiran sendiri atau ahli disebut berpikir kreatif (Hafiza *et al.*, 2022)

Orang kreatif, di sisi lain, adalah mereka yang tertarik pada hal-hal besar, memiliki banyak ide, intajiatif, percaya diri, tidak terikat pada norma, gigih dalam mencapai tujuan, peka terhadap masalah, bekerja keras, berpikir positif, percaya pada kemampuan diri, berfokus pada masa depan, dan menikmati menghadapi tantangan dan masalah yang sulit (Nuraingrasni *et al*, 2020). Orang kreatif tidak hanya harus memiliki ketertarikan atau rasa ingin tahu yang besar, tetapi juga aktif dalam mengajukan pertanyaan yang bermakna, mampu bekerja secara mandiri, tidak mudah terpengaruh oleh orang lain, dan senang mencoba hal baru (Monalisa *et al*, 2019).

b. Indikator Berpikir Kreatif

Auliyah *et al* (2021) mengemukakan bahwa terdapat lima hal yang menjadi indikator dalam mengukur kemampuan berpikir kreatif yaitu:

- 1) Kelancaran (berpikir lancar) menganalisis penerapan hukum Pascal dalam kehidupan sehari-hari. Menganalisis penerapan hukum Archimedes dalam kehidupan sehari-hari.
- 2) Fleksibilitas (berpikir fleksibel) menganalisis penerapan tekanan pada zat gas dalam kehidupan. Menganalisis daya apung.
- 3) Originalitas (pemikiran asli) menganalisis hubungan antar gaya dan luas permukaan terhadap besarnya tekanan.
- 4) Elaborasi (berpikir secara rinci) menganalisis hubungan antara gaya dan luas permukaan terhadap besarnya tekanan.

- 5) Berpikir metafara (berpikir secara metaforis) makhluk hidup, menjelaskan pengertian konsep tekanan pada tekanan hidrostatik.

B. Penelitian Relevan

Penelitian yang relevan mencakup penelitian sebelumnya tentang "Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Stem Terintegrasi Proyek Lingkungan Untuk Menstimulasi Keterampilan Berpikir Kritis Dan Kreatif", yang menurut peneliti belum pernah menentukan subjek yang sama dalam penelitian sebelumnya. Berikut ini adalah penelitian terdahulu yang berkaitan dengan peneliti.

Tabel 2.1 Penelitian Relevan

| No | Nama Peneliti (Tahun) | Judul Penelitian & Jenjang Pendidikan | Persamaan Penelitian | Perbedaan Penelitian |
|----|---------------------------|---|---|---|
| 1 | Ching & Chang (2016) | <i>The Effect of a STEM-Based E-Module on High School Students' Critical Thinking in Environmental Science</i> (Jenjang SMA) | Meneliti E-modul berbasis STEM Fokus pada siswa lingkungan, Pengukuran berpikir kritis pada Jenjang SMA | Tidak mengintegrasikan dimensi proyek (project) secara eksplisit, Tidak menekankan keterampilan kreatif dan Konteks luar negeri (Taiwan) |
| 2 | Rohmah & Limawati (2024) | <i>Pengembangan E-Modul Interaktif Berbasis STEM Terpadu untuk Meningkatkan Keterampilan 4C Siswa SMA pada Topik Perubahan Iklim</i> (Jenjang SMA) | E-modul interaktif + STEM, Jenjang SMA, Konteks lingkungan (perubahan iklim) dan Mengukur <i>critical & creative thinking</i> | Integrasi proyek tidak eksplisit (lebih ke inquiry-based), Penekanan pada 4C secara umum, bukan fokus khusus pada berpikir kritis & kreatif |
| 3 | Dewi & Widiyastika (2022) | <i>Interactive STEM E-Module with Augmented Reality on Environmental Issues: Effect on Critical and Creative Thinking in Senior High School</i> (Jenjang SMA) | Meneliti STEM + proyek lingkungan (sampah), Mengukur berpikir kritis & kreatif Jenjang SMA | Bukan pengembangan modul e-modul, menggunakan RPP & LKPD konvensional dan Tidak berbasis digital/teknologi interaktif |

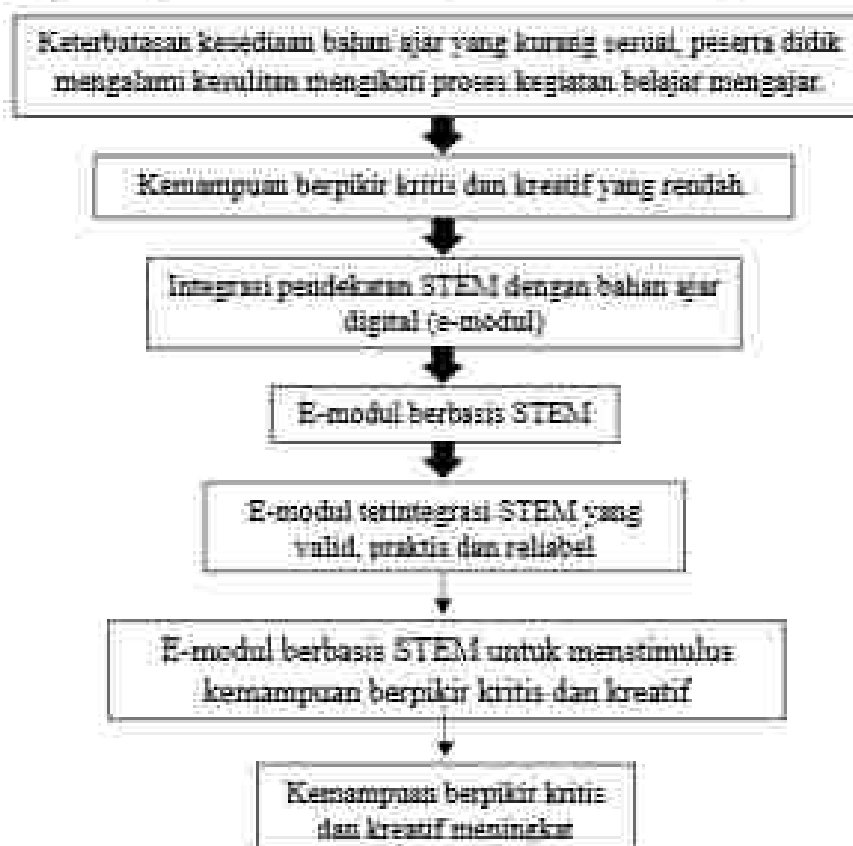
| | | | | |
|---|--|---|--|---|
| 4 | (Haryanto <i>et al.</i> , 2024) | STEM <i>Project-Based Learning</i> in High School Environmental Science Impact on Student Creativity and Problem-Solving (Jenjang SMA) | Meneliti E-modul Interaktif + STEM, ini lingkungan (polusi udara) serta Mengukur <i>critical & creative thinking</i> Jenjang SMA | Tidak terintegrasi proyek riil (bawa sendiri AR) Proyek tidak menghasilkan produk nyata atau aksi lingkungan. Teknologi AR mungkin tidak feasible untuk semua sekolah |
| 5 | Capobianco & DeLisi, (2019) | Pengembangan Modul Digital STEM untuk Meningkatkan Kemampuan Abad 21 Siswa SMA melalui <i>Inu Lingkungan Global</i> (Jenjang SMA) | Meneliti STEM + PBL + lingkungan pada Jenjang SMA untuk mengukur kreativitas & pemecahan masalah (proxy berpikir kritis) | Tidak menggunakan/dikeembangkan e-modul, instrumen pembelajaran berbasis kelas & laboratorium lapangan dan Konteks AS, kurikulum & penilaian berbeda |
| 6 | Fitriani, A., Suhandi, A., & Ruzaman, N. Y. (2021) | Pengembangan E-Modul STEM Berbasis <i>Nilai-Nilai Terbimbing</i> pada <i>Inu Lingkungan</i> untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA | Meneliti E-modul + STEM terhadap Konteks lingkungan (polusi air) pada Jenjang SMA dan Fokus pada berpikir kritis | Pendekatan inkuiri terbimbing bukan proyek (PBL), Tidak menyertakan stimulasi kreativitas secara eksplisit. Tidak ada komponen <i>produk/proyek nyata</i> (misal: solusi teknologi sederhana) |
| 7 | Putri <i>et al.</i> , (2023) | Pengembangan Model Pembelajaran Berbasis STEM pada Materi Pencernaan Lingkungan untuk Meningkatkan Literasi Sains dan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa | Sama-sama pengembangan Modul berbasis STEM pada materi pencernaan lingkungan terhadap keterampilan berpikir kritis | Penelitian ini tidak menekankan Konteks proyek lingkungan, dan keterampilan berpikir kreatif |

C. Kerangka Berfikir

Kerangka pikir dalam penelitian ini berawal dari masalah keterbatasan dan kurangnya bahan ajar yang sesuai, sehingga siswa mengalami kesulitan mengikuti pelajaran. Kondisi tersebut berdampak pada kemampuan peserta didik untuk berpikir kreatif dan kritis. Untuk mengatasi masalah ini, pendekatan STEM harus diintegrasikan dengan materi pelajaran digital seperti e-modul.

Pengembangan e-modul berbasis STEM diharapkan dapat menjadi solusi yang tepat karena mampu menyediakan bahan ajar yang lebih kontekstual, interaktif, serta mendorong peserta didik untuk terlibat secara aktif dalam proses belajar. Dalam proses pengembangannya, e-modul berbasis STEM harus memenuhi kriteria valid, praktis, dan reliabel agar dapat digunakan secara efektif dalam pembelajaran.

Selanjutnya, e-modul berbasis STEM tersebut digunakan untuk menstimulasi kemampuan berpikir kritis dan kreatif peserta didik melalui aktivitas pembelajaran yang menantang, terarah, serta terintegrasi dengan unsur science, technology, engineering, dan mathematics. Dengan demikian, penerapan e-modul berbasis STEM diharapkan mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif peserta didik secara signifikan.



Gambar 1. Kerangka Berpikir

BAB III METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggabungkan metode kualitatif dan kuantitatif (Sugiyono, 2019) dengan menggunakan desain penelitian pengembangan (*Research and Development*), model pengembangan ADDIE (*Analyze, Design, Development, Implementation, Evaluation*) (Suharsaputra, 2023). Studi tersebut menghasilkan produk, yaitu bahan ajar berbentuk modul elektronik berbasis STEM yang menggabungkan proyek lingkungan dengan bahan pencemaran lingkungan.

B. Waktu dan Tempat

Penelitian telah dilaksanakan di sekolah Menengah Atas Negeri kota Bengkulu tahun ajaran 2025/2026. Waktu penelitian pada bulan Januari-Februari.

C. Subjek dan Objek Penelitian

1. Subjek

Subjek penelitian ini menggunakan 3 SMA Negeri Kota Bengkulu. Sampel dalam penelitian ini adalah siswa SMA Negeri Kota Bengkulu sebanyak 104 orang yaitu 36 orang untuk uji coba 1 yang di ambil dari satu kelas di SMA Negeri 7 Kota Bengkulu, kemudian 68 orang untuk uji coba 2 yang di ambil dari SMA Negeri 7 dan 4 Kota Bengkulu.

2. Objek

Objek penelitian ini mencakup e-modul berbasis STEM yang dikembangkan dan diintegrasikan dengan proyek lingkungan, serta

keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa yang menjadi hasil (outcome) dari penggunaan e-modul tersebut.

D. Prosedur Penelitian

Berikut uraian tahapan prosedur pengembangan E-Modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan pada materi pencemaran lingkungan yang dilakukan dengan mengacu pada model ADDIE. Model ini digunakan sebagai kerangka kerja sistematis dalam merancang, mengembangkan, dan mengevaluasi produk atau program pembelajaran. ADDIE memberikan alur yang terstruktur sehingga setiap tahap saling berkaitan dan memastikan produk yang dihasilkan valid, efektif, dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Secara umum, tahapan ADDIE meliputi:

1. Tahap Analisis (*Analysis*)

Pada tahap analisis, yaitu kebutuhan untuk menentukan masalah dan solusi yang tepat dan menentukan kompetensi siswa. Untuk menentukan kebutuhan lapangan untuk guru Biologi di sekolah menengah atas, digunakan angket kebutuhan pengembangan bahan ajar e-modul berbasis STEM yang terintegrasi dengan proyek lingkungan. Kemudian, hasil analisis dari angket ini, yang digambarkan dalam bentuk persentase, dan kemudian diinterpretasikan secara kualitatif.

Tahapan analisis dalam model ADDIE secara rinci meliputi beberapa langkah penting sebagai berikut:

a. Analisis Kebutuhan

Proses analisis kebutuhan digunakan untuk menemukan masalah atau kekurangan kompetensi yang perlu diperbaiki, seperti kesulitan siswa dalam memahami materi tertentu. Kegiatan ini memastikan bahwa pengembangan pembelajaran didasarkan pada masalah nyata.

b. Analisis Karakteristik Peserta Didik

Analisis karakteristik peserta didik, yang meliputi pemahaman profil siswa, termasuk kemampuan awal, minat, gaya belajar, dan latar belakang mereka. Informasi ini penting untuk mengubah media, metode, dan strategi pembelajaran agar relevan dan efektif bagi peserta.

c. Analisis Konteks dan Sumber Daya

Analisis konteks dan sumber daya juga merupakan bagian dari proses analisis. Ini mencakup menilai kondisi lingkungan pembelajaran, seperti fasilitas, waktu yang tersedia, teknologi pendukung, dan sumber daya yang dapat dioptimalkan. Analisis ini membantu dalam pembuatan metode pembelajaran yang realistis dan praktis.

d. Penentuan Tujuan Pengembangan

Pada tahap analisis, tujuan pengembangan pembelajaran yang spesifik dan terukur ditetapkan. Tujuan ini berfungsi sebagai pedoman untuk desain dan tahap berikutnya, sehingga produk

pembelajaran yang dihasilkan lebih terarah dan dapat mengevaluasi keberhasilan pencapaian tujuan.

2. Tahap Desain (*Design*)

Pada tahap desain, struktur bahan ajar e-modul berbasis STEM yang menggabungkan proyek lingkungan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif siswa. Tahapan desain ini mencakup:

- a. Menciptakan struktur bahan ajar berbasis proyek lingkungan untuk e-modul STEM yang terintegrasi dan meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif.
- b. Menentukan sistematika penyajian materi, ilustrasi dan visualisasi.
- c. Membuat storyboard dan draft produk awal dari e-modul terintegrasi STEM berbasis proyek lingkungan. Pada tahap ini, peneliti juga membuat instrumen untuk validitas konten, media, angket, dan tes respons keperaktisan.

Halaman awal e-modul berisi judul, kata pengantar, daftar isi, petunjuk belajar, petunjuk penggunaan, peta konsep, bab judul, kompetensi dasar dan indikator, latihan soal, rangkuman, glosarium, referensi, profil penulis, dan penerapan materi dan pembuatan produk dengan media gambar dan video. Selanjutnya, disertakan dengan penjelasan sintak dari model pembelajaran berbasis proyek, yang meliputi refleksi, penelitian, pemecahan informasi, penerapan, dan komunikasi. Pembuatan *story board* dilakukan pada tahapan awal penyusunan e-modul. Hal tersebut dilakukan agar tahap penyusunan

e-modul lebih terarah dan memudahkan dalam penyusunan berdasarkan sistematika yang telah dibuat sebelumnya. Storyboard yang disusun terdiri dari bagian-bagian yang tercantum dalam e-modul dan memiliki penjelasan untuk setiap bagian.

3. Tahap Pengembangan (*Develop*)

Tahap pengembangan merupakan bagian inti dari proses penelitian pengembangan (*Research and Development*) yang bertujuan untuk menghasilkan produk yang valid dan praktis. Tahap ini mencakup dua kegiatan utama, yaitu validasi dan uji coba, yang dilakukan secara berurutan untuk memastikan kualitas produk yang dikembangkan.

a. Uji Validitas

Validasi dilakukan untuk menilai kelayakan produk berdasarkan aspek-aspek tertentu sebelum dilakukan uji coba lapangan. Validasi dalam penelitian ini melibatkan penilaian oleh para ahli yang kompeten di bidang terkait. Validasi dilakukan terhadap dua aspek utama, yaitu:

1) Validitas Konten

Validasi konten bertujuan untuk menilai kesesuaian, ketepatan, dan kelengkapan materi yang terdapat dalam produk pengembangan dengan standar kurikulum, prinsip pedagogis, serta kebutuhan pengguna. Validator konten dalam penelitian ini terdiri dari dua orang dosen ahli bidang pendidikan (sesuai dengan bidang studi yang dikembangkan).

dan satu orang guru praktisi yang memiliki pengalaman mengajar minimal lima tahun. Instrumen yang digunakan berupa lembar validasi konten yang mencakup indikator: (1) kesesuaian dengan capaian pembelajaran (CP), (2) Ketetapan konsep STEM, (3) relevansi aktivitas proyek, (4) Struktur penyajian, (5) relevansi gambar/diagram, (6) aktivitas belajar siswa, (7) evaluasi formatif, dan (8) kebenaran materi. Skor validasi dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif untuk menentukan tingkat kelayakan konten.

2) Validitas Media

Validasi media dilakukan untuk mengevaluasi aspek teknis dan estetika dari produk yang dikembangkan, terutama jika produk berbasis digital atau visual (misalnya: modul interaktif, video pembelajaran, aplikasi, atau media grafis). Validator media terdiri dari dua orang ahli media pembelajaran dan satu orang desainer instruksional. Aspek yang dinilai meliputi: (1) aspek tampilan, (2) aspek fungsional, dan (3) aspek media dan integrasi proyek lingkungan. Hasil validasi media digunakan sebagai dasar perbaikan teknis sebelum produk diujicobakan kepada pengguna.

b. Uji Kepraktisan

Tujuan dari uji kepraktisan adalah untuk menentukan seberapa mudah dan efektif produk pembelajaran yang dikembangkan untuk digunakan dan diterapkan dalam dunia pembelajaran nyata. Uji ini

melibatkan guru dan peserta didik sebagai pengguna langsung. Instrumen yang digunakan berupa angket respons kepraktisan, yang diberikan setelah produk digunakan dalam kegiatan pembelajaran.

Uji kepraktisan dilakukan melalui uji coba terhadap produk yang telah divalidasi. Uji coba dilaksanakan dalam dua tahap, yaitu uji coba terbatas (uji coba I) dan uji coba lapangan (uji coba II).

1) Uji Coba I (Uji Coba Terbatas)

Uji coba I dilakukan pada skala kecil dengan melibatkan sejumlah kecil responden yang representatif, melibatkan 36 orang peserta didik di SMA Negeri 2 Kota Bengkulu. Tujuan utama uji coba ini adalah untuk mengidentifikasi kendala teknis, kesulitan penggunaan, serta umpan balik awal mengenai keterbacaan dan kemenarikan produk. Data dikumpulkan melalui angket respon peserta didik dan observasi langsung selama penggunaan produk. Hasil uji coba I digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk melakukan penyempurnaan akhir sebelum uji coba skala lebih luas.

2) Uji Coba II (Uji Coba Lapangan)

Uji coba II dilakukan dalam kondisi nyata di lingkungan pembelajaran yang sesungguhnya, dengan melibatkan 68 orang pada 2 sekolah: 35 orang di SMAN 4 Kota Bengkulu dan 33 orang di SMAN 7 Kota Bengkulu. Tahap ini bertujuan untuk menilai kepraktisan produk dalam konteks pembelajaran sehari-hari, serta mengukur respons pengguna secara lebih

komprehensif. Instrumen yang digunakan meliputi angket respons peserta didik, wawancara dengan guru, dan lembar observasi aktivitas pembelajaran. Data kuantitatif dianalisis secara deskriptif (rata-rata, persentase), sedangkan data kualitatif dianalisis secara tematik untuk mengidentifikasi pola respons dan saran perbaikan.

Hasil dari kedua tahap uji coba menjadi dasar penetapan versi *final* produk pengembangan, yang selanjutnya dapat diimplementasikan secara lebih luas atau digunakan sebagai bahan rekomendasi kebijakan.

4. Tahap Implementasi (*Implement*)

Penelitian ini hanya batas tahap pengembangan dan pada tahap implementasi dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya.

5. Tahap Evaluasi (*Evaluate*)

Dalam penelitian ini, evaluasi internal dilakukan untuk mengetahui kualitas produk dan hasilnya digunakan sebagai umpan balik untuk memperbaiki produk. Evaluasi internal mencakup analisis masalah, perbaikan desain, validasi ahli isi dan konstruk, serta tanggapan guru dan siswa. Evaluasi eksternal dilakukan untuk mengetahui tingkat kemampuan pemecahan masalah (*problem solving skills*) siswa. Pada evaluasi eksternal dilakukan perhitungan terhadap nilai postes-pretest untuk mengetahui efektivitas e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan

kreatif. Hasil produk pada tahap evaluasi ini adalah e-modul yang menarik dan efektif.

E. Teknik Pengumpulan Data

Ada dua jenis data dalam penelitian ini: data kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif mencakup skor kemampuan berpikir kritis dan kreatif siswa dan hasil validasi produk e-modul. Penelitian ini mengumpulkan informasi berikut secara rinci:

a. Data Validasi Produk E-Modul

Data validasi produk terdiri dari validasi isi materi, yang mencakup kelayakan materi pencemaran lingkungan, yaitu e-modul tentang materi pencemaran lingkungan yang sesuai dengan kompetensi inti dan tujuan pembelajaran yang disusun menjadi beberapa pernyataan menggunakan skala likert. Selain itu, validasi konstruk media, yang menganalisis dan menguji fitur seperti tampilan, suara, kemenarikan, dan kemudahan penggunaan. Selanjutnya, validasi bahasa digunakan dalam E-Modul terintegrasi STEM. Ini menganalisis penggunaan bahasa, kata baku, tanda baca, ukuran teks, dan kalimat.

b. Data Respon Pendidik dan Peserta didik terhadap E-Modul

Untuk mengumpulkan tanggapan pendidik dan siswa, kami menggunakan angket respons yang dibagikan kepada siswa setelah pembelajaran menggunakan E-Modul, serta semua guru Biologi di tiga SMA di kota Bengkulu. Setiap item pernyataan diberikan skala likert, dan guru dan siswa diminta untuk memberikan tanda ceklis (✓) pada pilihan yang disajikan.

F. Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen penelitian yang digunakan pada penelitian ini berupa lembar validasi ahli konten, validasi ahli media dan angket respon peserta didik terhadap E-Modul.

1. Lembar Validasi Konten

Tabel 3.1 Lembar Validasi Konten

| No | Aspek Penilaian | Indikator |
|----|-------------------|---|
| 1 | Materi | Kelengkapan materi Kesesuaian tujuan pembelajaran Kejelasan materi Keakuratan materi Materi dan media relevan |
| 2 | Penggunaan Bahasa | Penggunaan kaidah bahasa |
| 3 | Penyajian | Keseragaman materi yang dikemas Kejelasan materi dengan ilustrasi |

Skala Penilaian

- 1 : Tidak Layak
- 2 : Kurang Layak
- 3 : Cukup Layak
- 4 : Layak
- 5 : Sangat Layak

2. Lembar Validasi Media

Tabel 3.2 Lembar Validasi Media

| No | Aspek Penilaian | Indikator |
|----|------------------|--|
| 1 | Desain Media | Keseragaman media Tampilan fisik Kombinasi warna dan gambar pada media |
| 2 | Pembelajaran | Kesesuaian media dengan lingkungan Kelengkapan komponen media |
| 3 | Penggunaan Media | Kesesuaian media dengan karakteristik peserta didik Petunjuk penggunaan media Kemudahan penggunaan media |

Skala Penilaian

- 1 : Tidak Layak
- 2 : Kurang Layak
- 3 : Cukup Layak
- 4 : Layak
- 5 : Sangat Layak

3. Angket Respon Siswa

Tabel 3.3 Angket Respon Siswa

| No | Aspek Penilaian | Indikator |
|----|---------------------------------------|--|
| 1 | Tampilan Media | Petunjuk penggunaan media Kualitas gambar dan animasi Penggunaan huruf dan gaya bahasa Gameplay (pola aturan, atau mekanisme) Kualitas bahan yang digunakan dan keamanan bahan |
| 2 | Manfaat Media | Mempermudah proses pembelajaran Mempermudah dalam memahami materi |
| 3 | Materi | Kejelasan materi yang disajikan Kejelasan kalimat |
| 4 | Antusias Peserta Didik Terhadap Media | Media mudah untuk digunakan Menarik minat peserta didik dalam belajar dan menggunakan media Motivasi peserta didik saat menggunakan media |

Skala Penilaian

- 1 : Tidak Layak
- 2 : Kurang Layak
- 3 : Cukup Layak
- 4 : Layak
- 5 : Sangat Layak

G. Teknik Analisis Data

Dalam metodologi penelitian ini, analisis data dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama melibatkan penggunaan metode kualitatif dan tahap kedua melibatkan penggunaan metode kuantitatif. Berikut adalah beberapa metode yang digunakan untuk menganalisis data:

a. Analisis Uji Kevalidan E-Modul

Analisis ini dilakukan untuk mengidentifikasi karakteristik E-Modul yang valid. Pernyataan pada lembar validitas yang dibagikan pada validator digunakan untuk mengukur validitas E-Modul. Untuk mengetahui persentasenya, hasil angket validitas dihitung. Rumus berikut digunakan untuk menghitung persentase:

$$P = \frac{\sum (\text{Skor} \times f)}{\text{skor tertinggi}} \times 100\%$$

Keterangan:

P = Jumlah persentase,

f = Frekuensi validator

Hasil persentase yang didapatkan kemudian diinterpretasikan berdasarkan tabel berikut.

Tabel 3.4 Kategori Kevalidan E-Modul

| Skor | Tingkat Pencapaian (%) | Interpretasi |
|------|------------------------|--------------|
| 5 | 80-100 | Sangat Valid |
| 4 | 61-80 | Valid |
| 3 | 41-60 | Cukup Valid |
| 2 | 21-40 | Kurang Valid |
| 1 | 0-20 | Tidak Valid |

(Riduwan, 2010).

b. Analisis Uji Kepraktisan E-Modul

Analisis dilakukan untuk menggambarkan data hasil penulis tentang kepraktisan modul elektronik dengan Lembar Praktek, yang terdiri dari lembar angket respons siswa dan pendidik. Data dari angket yang dikumpulkan kemudian ditabulasi untuk mengetahui persentase hasilnya, dengan rumus:

$$P = \frac{\sum \text{skorperitem}}{\text{skormaks}} \times 100\%$$

Keterangan:

P= Persentase skor yang dicari (hasil dibulatkan hingga mencapai bilangan bulat)

ΣR= Jumlah jawaban yang diberikan oleh validator' pilihan yang terpilih

N = Jumlah skor maksimal atau ideal

Dengan kategori praktis modul, sebagai berikut:

Tabel 3.5 Kategori Kepraktisan E-modul

| Koefisien Validitas | Keterangan |
|---------------------|----------------------|
| 0-48 | Sangat Tidak Praktis |
| 49-61 | Tidak Praktis |
| 62-74 | Cukup Praktis |
| 75-87 | Praktis |
| 88-100 | Sangat Praktis |

(Ridwan & Sunarto, 2013).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Penyajian hasil penelitian disusun secara terstruktur berdasarkan tahapan pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini, yang meliputi tahap analisis, perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Kelima tahapan tersebut dilaksanakan secara berurutan dan saling berkaitan, sehingga membentuk suatu proses pengembangan yang utuh. Tahap analisis berfokus pada identifikasi kebutuhan pembelajaran dan permasalahan yang dihadapi dalam proses pembelajaran. Tahap perancangan memuat penyusunan desain awal produk, baik dari segi konten maupun tampilan. Tahap pengembangan mencakup proses validasi ahli serta revisi produk. Tahap implementasi dilakukan melalui uji coba I dan uji coba II untuk melihat kepraktisan penggunaan produk. Sementara itu, tahap evaluasi bertujuan untuk menilai efektivitas produk dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif peserta didik.

Pada bagian ini, hasil penelitian dipaparkan secara deskriptif berdasarkan data yang diperoleh dari instrumen penelitian, meliputi hasil analisis kebutuhan, desain produk, hasil validasi ahli konten dan ahli media, hasil uji kepraktisan melalui angket respon guru, serta hasil uji efektivitas melalui perbandingan nilai pretest dan posttest. Penyajian data dilakukan secara objektif sesuai dengan temuan di lapangan, tanpa terlebih dahulu dikaitkan dengan teori atau penelitian terdahulu secara mendalam.

1. Tahap Analisis (*Analysis*)

Tahap analisis merupakan tahap awal dalam model pengembangan ADDIE yang bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran, karakteristik peserta didik, kesesuaian kurikulum, serta permasalahan yang terjadi dalam pembelajaran Biologi pada materi pencemaran lingkungan. Tahap ini memiliki peran strategis karena menjadi landasan utama dalam perancangan dan pengembangan E-Modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan yang relevan dengan kondisi nyata pembelajaran di sekolah menengah atas.

a. Analisis Kebutuhan

Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa pembelajaran materi pencemaran lingkungan masih cenderung berorientasi pada penyampaian konsep melalui metode ceramah dan diskusi terbatas. Sumber belajar utama berupa buku teks dan presentasi sederhana, sementara pemanfaatan media digital interaktif belum optimal. Kegiatan pembelajaran lebih banyak menekankan pada penguasaan konsep teoretis dibandingkan dengan penerapan konsep melalui kegiatan investigatif atau proyek nyata.

Peserta didik umumnya memahami definisi dan jenis-jenis pencemaran lingkungan, tetapi mengalami kesulitan ketika diminta menganalisis kasus kontekstual atau merancang solusi terhadap permasalahan lingkungan di sekitar mereka. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis dan kreatif belum berkembang secara maksimal. Selain itu, integrasi unsur Science, Technology, Engineering,

dan Mathematics (STEM) dalam pembelajaran belum dilaksanakan secara sistematis.

Hasil wawancara dengan guru mengungkapkan bahwa pengembangan bahan ajar berbasis digital memerlukan waktu, kompetensi teknis, dan perencanaan yang matang. Guru juga menyampaikan perlunya bahan ajar yang mampu mengintegrasikan pendekatan STEM dengan proyek lingkungan agar peserta didik tidak hanya memahami konsep, tetapi juga mampu menerapkannya dalam bentuk solusi nyata terhadap masalah pencemaran di lingkungan sekitar.

Temuan ini menunjukkan adanya kebutuhan terhadap E-Modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan yang dirancang secara sistematis, interaktif, dan kontekstual untuk mendukung pembelajaran yang lebih bermakna serta mendorong keterlibatan aktif peserta didik.

b. Analisis Karakteristik Peserta Didik

Peserta didik SMA memiliki karakteristik berada pada tahap perkembangan kognitif operasional formal, sehingga telah mampu berpikir abstrak, logis, dan hipotetis. Namun demikian, hasil observasi menunjukkan bahwa peserta didik lebih antusias ketika pembelajaran dikaitkan dengan fenomena nyata yang terjadi di lingkungan sekitar, seperti permasalahan sampah, pencemaran air, dan polusi udara.

Sebagian besar peserta didik menunjukkan minat tinggi terhadap penggunaan media digital dan aktivitas berbasis proyek. Mereka cenderung lebih aktif ketika diberikan tugas yang menuntut kolaborasi, eksplorasi data, dan pemecahan masalah dibandingkan dengan

pembelajaran berbasis ceramah. Meskipun demikian, kemampuan merancang solusi secara sistematis dan mengintegrasikan berbagai konsep lintas disiplin masih memerlukan penguatan.

Dalam aspek regulasi diri, peserta didik belum sepenuhnya terbiasa mengelola proses belajarnya secara mandiri. Perencanaan proyek, pengelolaan waktu, dan evaluasi hasil kerja masih membutuhkan bimbingan guru. Oleh karena itu, pengembangan E-Modul perlu dirancang tidak hanya untuk menyajikan materi, tetapi juga memandu tahapan berpikir ilmiah, rekayasa sederhana, serta refleksi pembelajaran secara terstruktur.

c. Analisis Kurikulum dan Materi

Materi pencemaran lingkungan dipilih karena memiliki relevansi tinggi dengan kehidupan sehari-hari peserta didik serta mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis dan kreatif. Dalam Kurikulum Merdeka, materi ini menekankan pemahaman terhadap interaksi manusia dengan lingkungan, analisis dampak aktivitas manusia, serta upaya penanggulangan pencemaran secara berkelanjutan.

Materi ini sangat potensial untuk dikembangkan melalui pendekatan STEM, karena mencakup:

- 1) *Science*: konsep ilmiah tentang jenis, sumber, dan dampak pencemaran.
- 2) *Technology*: pemanfaatan teknologi dalam pengelolaan limbah dan pemantauan kualitas lingkungan.

- 3) *Engineering*: perancangan solusi atau produk sederhana untuk mengurangi dampak pencemaran.
- 4) *Mathematics*: analisis data kuantitatif terkait tingkat pencemaran dan perhitungan sederhana dalam proyek.

Integrasi proyek lingkungan memungkinkan peserta didik mengaitkan teori dengan praktik secara langsung, sehingga pembelajaran menjadi lebih kontekstual dan bermakna.

Tabel 4.1
Capaian Pembelajaran (CP) Biologi Materi Pencemaran Lingkungan Fase F (SMA)

| Elemen CP Biologi | Capaian Pembelajaran |
|--|--|
| Pemahaman Konsep | Peserta didik mampu menjelaskan konsep pencemaran lingkungan, jenis-jenis pencemaran (air, udara, tanah), sumber penyebab, serta dampaknya terhadap makhluk hidup dan ekosistem. |
| Keterampilan Proses Sains | Peserta didik mampu mengidentifikasi masalah lingkungan di sekitar, mengumpulkan dan menganalisis data sederhana, serta menyajikan hasil analisis secara sistematis. |
| Penalaran Ilmiah | Peserta didik mampu menganalisis hubungan sebab-akibat dalam kasus pencemaran lingkungan serta merumuskan alternatif solusi berbasis data. |
| Keterampilan Rekayasa (<i>Engineering</i>) | Peserta didik mampu merancang solusi atau produk sederhana sebagai upaya penanggulangan pencemaran lingkungan melalui pendekatan proyek. |
| Literasi Kuantitatif | Peserta didik mampu menginterpretasikan data numerik terkait tingkat pencemaran dan melakukan perhitungan sederhana yang relevan. |
| Sikap Ilmiah dan Kepedulian Lingkungan | Peserta didik menunjukkan tanggung jawab, kepedulian, dan partisipasi aktif dalam menjaga kelestarian lingkungan. |
| Berpikir Kritis dan Kreatif | Peserta didik mampu mengemukakan gagasan inovatif dan solusi alternatif terhadap permasalahan pencemaran lingkungan. |

Sumber: Diadaptasi dari Capaian Pembelajaran Biologi Fase F Kurikulum Merdeka.

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, karakteristik peserta didik, serta kurikulum dan materi, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran Biologi

pada materi pencemaran lingkungan memerlukan pengembangan E-Modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan yang sistematis, interaktif, dan kontekstual. Hasil analisis ini menjadi dasar dalam tahap perancangan (*design*) untuk menghasilkan produk yang valid, praktis, dan relevan dengan kebutuhan pembelajaran di sekolah.

2. Tahap Desain (*Design*)

Tahap desain merupakan tahapan perancangan produk yang dilakukan setelah proses analisis kebutuhan selesai dilaksanakan. Pada tahap ini, seluruh temuan empiris yang diperoleh dari analisis karakteristik peserta didik, kebutuhan pembelajaran, serta kondisi riil di lapangan diterjemahkan ke dalam bentuk rancangan awal E-Modul berbasis Eco-STEM. Tahap desain bertujuan untuk menghasilkan blueprint atau kerangka konseptual produk yang sistematis, terstruktur, dan selaras dengan tujuan pembelajaran.

Berdasarkan hasil analisis, modul yang dikembangkan dirancang untuk memfasilitasi pembelajaran berbasis pendekatan Eco-STEM (*Ecology-Science Technology, Engineering and Mathematics*) yang terintegrasi dengan konteks lingkungan sekitar peserta didik. Desain modul disusun dengan mempertimbangkan prinsip keterpaduan antara konsep sains dan permasalahan ekologi nyata, sehingga peserta didik tidak hanya memahami konsep secara teoretis, tetapi juga mampu mengaplikasikannya dalam kehidupan sehari-hari.

a. Perumusan Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaran dalam e-modul ini dirumuskan berdasarkan Capaian Pembelajaran Biologi Fase E serta mengintegrasikan pendekatan eco-STEM pada materi pencemaran lingkungan. Setelah mengikuti rangkaian pembelajaran, peserta didik diharapkan mampu

- 1) Menganalisis berbagai bentuk pencemaran lingkungan (udara, air, dan tanah), termasuk sumber, penyebab, serta dampaknya terhadap ekosistem dan kesehatan manusia.
- 2) Menjelaskan keterkaitan antara aktivitas manusia dan kerusakan lingkungan melalui hubungan sebab-akibat yang logis dan berbasis data kontekstual di lingkungan sekitar.
- 3) Menginterpretasikan data dan fenomena lingkungan untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis sesuai indikator interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi, dan regulasi diri.
- 4) Merancang dan merekrayasa solusi sederhana berbasis eco-STEM, khususnya pengolahan limbah organik rumah tangga menjadi eco-enzyme sebagai alternatif ramah lingkungan.
- 5) Menggunakan pendekatan ilmiah dan matematis dalam menghitung rasio bahan, menganalisis proses fermentasi, serta mengevaluasi efektivitas eco-enzyme sebagai solusi berkelanjutan.

- 6) Menunjukkan sikap tanggung jawab dan kepedulian terhadap lingkungan melalui tindakan nyata dalam pengurangan sampah organik dan penerapan prinsip keberlanjutan.

Rumusan tujuan ini menjadi dasar dalam penyusunan materi, aktivitas pembelajaran, serta instrumen evaluasi dalam modul.

b. Perancangan Struktur E-Modul

Struktur E-Modul berbasis Eco-STEM yang dirancang dalam penelitian ini terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu:

- 1) Sampul yang memuat identitas modul dan ilustrasi kontekstual.
- 2) Kata pengantar.
- 3) Petunjuk penggunaan modul bagi guru dan peserta didik.
- 4) Peta konsep materi.
- 5) Kegiatan pembelajaran berbasis sintaks Eco-STEM.
- 6) Lembar aktivitas dan proyek.
- 7) Refleksi pembelajaran.
- 8) Evaluasi akhir.
- 9) Daftar pustaka.

Setiap kegiatan pembelajaran dirancang mengikuti alur pendekatan Eco-STEM, yaitu:

- (1) identifikasi masalah lingkungan,
- (2) eksplorasi konsep sains,
- (3) perancangan solusi sederhana (*engineering design*),
- (4) penerapan konsep matematika/teknologi, dan
- (5) refleksi hasil.

Tabel 4.2 Storyboard E-Modul Berbasis Eco-STEM pada Materi Penemaran Lingkungan

| No | Komponen E-Modul | Keterangan |
|----|-------------------------------------|---|
| 1 | Halaman Sampul E-Modul | <ol style="list-style-type: none"> 1) Judul E-Modul berbasis Eco-STEM 2) Mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) 3) Materi Pencemaran Lingkungan 4) Kelas dan jenjang Pendidikan 5) Ilustrasi lingkungan tercemar (air, udara, tanah) |
| 2 | Kata Pengantar dan Identitas Modul | <ol style="list-style-type: none"> 1) Uraian singkat tujuan pengembangan modul 2) Kompetensi inti dan kompetensi dasar 3) Indikator dan tujuan pembelajaran 4) Profil pelajar dan pendekatan Eco-STEM |
| 3 | Pernyataan Bermasalah Kontekstual | <ol style="list-style-type: none"> 1) Narasi kasus pencemaran di lingkungan sekitar 2) Ilustrasi gambar pendukung 3) Pertanyaan pemantik analisis penyebab dan dampak |
| 4 | Kegiatan Science (Sains) | <ol style="list-style-type: none"> 1) Identifikasi jenis dan karakteristik pencemaran 2) Analisis zat pencemar dan dampaknya 3) Eksperimen sederhana (misalnya penyaringan air) 4) Pengamatan dan pencatatan data |
| 5 | Kegiatan Technology dan Engineering | <ol style="list-style-type: none"> 1) Perancangan solusi sederhana (alat penyaring/pengelolaan sampah) 2) Langkah perencanaan dan pemilihan bahan 3) Proses pembustan dan uji coba 4) Evaluasi hasil proyek |
| 6 | Kegiatan Mathematics | <ol style="list-style-type: none"> 1) Penyajian data dalam table 2) Pembuatan grafik sederhana 3) Perhitungan persentase tingkat pencemaran 4) Analisis data secara kuantitatif |
| 7 | Lembar Aktivitas dan Diskusi | <ol style="list-style-type: none"> 1) Tugas analisis dampak pencemaran 2) Diskusi solusi berbasis Eco-STEM 3) Ruang jawaban terstruktur |
| 8 | Refleksi Pembelajaran | <ol style="list-style-type: none"> 1) Pertanyaan reflektif pemahaman konsep 2) Evaluasi sikap peduli lingkungan 3) Rencana aksi sederhana menjaga lingkungan |
| 9 | Evaluasi Akhir | <ol style="list-style-type: none"> 1) Soal pilihan ganda 2) Soal uraian berbasis studi kasus 3) Penilaian proyek dan keterampilan proses |
| 10 | Daftar Pustaka | <ol style="list-style-type: none"> 1) Referensi materi pencemaran lingkungan 2) Sumber teori dan pendekatan Eco-STEM terbaru |

Prototipe E-Modul berbasis Eco-STEM yang dikembangkan memuat beberapa halaman utama sebagaimana dirancang dalam *story board* di atas. Setiap komponen disusun secara sistematis untuk memastikan alur pembelajaran berjalan dari tahap identifikasi masalah, eksplorasi konsep, perancangan solusi, hingga refleksi dan evaluasi. Struktur ini dirancang untuk mendukung keterpaduan konsep sains dan kesadaran ekologis secara terpadu dan kontekstual.

1) Halaman Sampul *E-Modul*



Gambar 1. Cover

Halaman sampul E-Modul berbasis Eco-STEM pada materi Pencemaran Lingkungan didesain dengan dominasi warna hijau gradasi

yang merepresentasikan alam, keberlanjutan, dan kesadaran ekologis. Latar visual menampilkan ilustrasi kota, bumi, asap industri, serta limbah sebagai gambaran dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan.

Judul utama "E-Modul Berbasis Eco-STEM" ditulis dengan huruf Sans Serif berukuran besar sebagai identitas bahan ajar dan penegasan integrasi *Ecology, Science, Technology, Engineering* dan *Mathematics*. Di bagian tengah dicantumkan judul materi secara kontras agar fokus pembelajaran mudah dikenali. Logo institusi ditempatkan di bagian atas sebagai identitas akademik.

Ilustrasi bumi yang dipegang tangan manusia dengan simbol pencemaran mempertegas pesan tanggung jawab ekologis. Pada bagian bawah tercantum jenjang "SMA/MA Kelas X Semester 1" serta identitas penulis dan institusi sebagai bentuk kejelasan sasaran dan pertanggungjawaban akademik. Secara keseluruhan, desain sampul mengedepankan estetika, keterbacaan, dan penguatan pesan lingkungan untuk menumbuhkan motivasi serta kesadaran kritis peserta didik sejak awal pembelajaran.

2) Kata Pengantar dan Identitas Modul



Gambar 1. Kata Pengantar

Halaman kata pengantar pada E-Modul berbasis Eco-STEM materi *Pencemaran Lingkungan* berfungsi sebagai pengantar akademik sekaligus penjelasan tujuan penyusunan modul. Judul "Kata Pengantar" ditampilkan di bagian atas dengan ukuran huruf lebih besar agar jelas dan menonjol.

Isi kata pengantar memuat latar belakang pengembangan modul, tujuan pembelajaran, serta harapan agar E-Modul dapat membantu peserta didik memahami konsep pencemaran air, udara, dan tanah secara terintegrasi melalui pendekatan Eco-STEM. Modul dirancang tidak

hanya menyajikan teori, tetapi juga mengaitkan materi dengan permasalahan lingkungan nyata sehingga pembelajaran menjadi lebih kontekstual dan bermakna.

Secara visual, halaman ini menggunakan latar berwarna hijau yang selaras dengan tema lingkungan. Pada bagian bawah dicantumkan tempat dan tahun penyusunan (Bengkulu, 2025) serta keterangan penulis sebagai bentuk pertanggungjawaban akademik.

Identitas Modul

Identitas E-Modul memuat informasi sebagai berikut:

- a. Judul: E-Modul Biologi Berbasis Eco-STEM
- b. Materi: Pencemaran Lingkungan
- c. Mata Pelajaran: Biologi
- d. Kelas/Semester: X / Genap
- e. Jenjang: SMA/MA
- f. Pengembang: Meria Vindhani
- g. Institusi: Universitas Muhammadiyah Bengkulu
- h. Tahun: 2025

Identitas ini bertujuan memberikan kejelasan peruntukan dan legitimasi akademik terhadap modul yang dikembangkan.

3) Penyajian Permasalahan Kontekstual



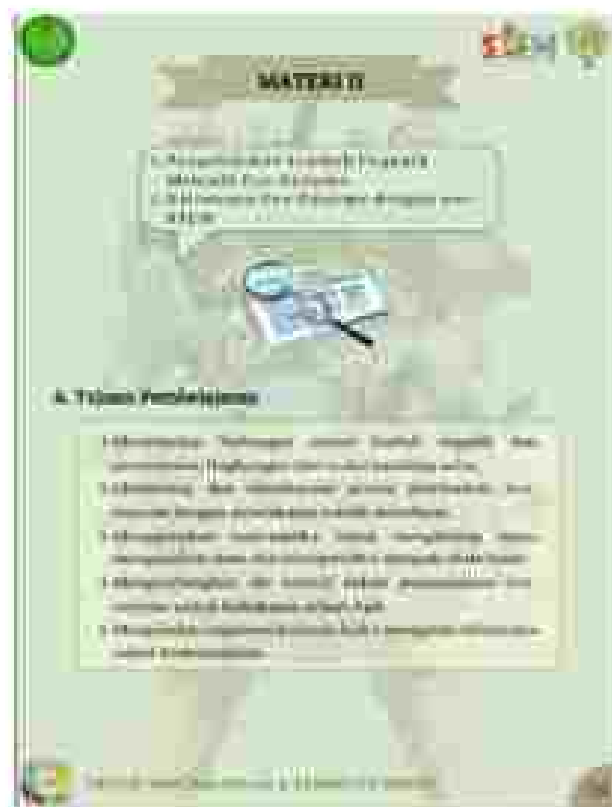
Gambar 3. Materi 1

Halaman penyajian permasalahan kontekstual memuat kasus pencemaran yang dekat dengan kehidupan peserta didik, seperti pencemaran sungai akibat limbah rumah tangga dan pencemaran udara dari asap kendaraan. Narasi disusun secara ringkas dan komunikatif untuk membangun kesadaran awal terhadap masalah lingkungan.

Pada bagian atas halaman disertakan kode QR yang dapat dipindai untuk mengakses video tentang pencemaran lingkungan. Video tersebut bertujuan memperjelas materi melalui visualisasi nyata sehingga pemahaman peserta didik menjadi lebih konkret.

Bagian tengah halaman menampilkan ilustrasi kondisi lingkungan tercemar sebagai penguat visual, sedangkan di akhir narasi disajikan pertanyaan pemantik untuk menganalisis jenis, penyebab, dampak, serta alternatif solusi. Bagian ini menjadi awal penerapan pendekatan Eco-STEM berbasis masalah nyata.

3) Kegiatan Science (Sains)



Gambar 4. Materi II

Halaman kegiatan sains berfokus pada eksplorasi konsep ilmiah tentang pencemaran lingkungan. Peserta didik diarahkan untuk mengidentifikasi jenis dan karakteristik pencemaran air, udara, dan tanah melalui pengamatan serta kajian konsep dasar.

Selain identifikasi, peserta didik diminta menganalisis zat pencemar dan dampaknya terhadap kesehatan manusia maupun

keseimbangan ekosistem. Penyajian materi didukung tabel klasifikasi dan ilustrasi sederhana agar memudahkan pemahaman.

Pada bagian eksperimen, modul memuat kegiatan simulasi penyaringan air menggunakan bahan sederhana seperti pasir, kerikil, arang, dan kapas. Peserta didik melakukan pengamatan sebelum dan sesudah proses penyaringan serta mencatat hasilnya pada lembar pengamatan. Kegiatan ini melatih keterampilan observasi, pengumpulan data, dan penarikan kesimpulan berbasis fakta.

4) Kegiatan *Technology dan Engineering*



Gambar 5. Proyek Eco-Enzyme

Halaman ini dirancang untuk membimbing peserta didik melaksanakan proyek eco-enzyme sebagai bentuk solusi pengelolaan limbah organik rumah tangga secara berkelanjutan. Kegiatan difokuskan pada tahap teknologi yang menekankan penggunaan alat,

bahan, dan prosedur kerja yang tepat dalam proses fermentasi. Peserta didik diarahkan untuk menggunakan wadah fermentasi yang tertutup rapat atau kedap udara guna mendukung proses pembentukan gas selama fermentasi serta mencegah kontaminasi dari luar.

Selain itu, peserta didik menerapkan teknik pencampuran bahan secara proporsional, yaitu gula merah, limbah organik (seperti kulit buah), dan air dengan rasio yang telah dirancang (misalnya 1:3:10). Setelah itu, peserta didik mendesam wadah eco-enzyme agar system fermentasi tidak meledak (melakukan modifikasi desain wadah atau prosedur agar hasil tetap optimal).

5) Kegiatan *Mathematics*



Gambar 6. Prosedur Eco-Enzyme

Pada kegiatan Mathematics, peserta didik menerapkan konsep perbandingan dalam pembuatan eco-enzyme dengan rasio 1:3:10, yaitu 1 bagian gula merah atau molase, 3 bagian sampah organik (kulit buah atau sayuran), dan 10 bagian air. Siswa menghitung kebutuhan bahan berdasarkan takaran tertentu, misalnya jika digunakan 100 gram gula merah, maka diperlukan 300 gram sampah organik dan 1.000 ml air. Kegiatan ini melatih kemampuan operasi hitung dan pemahaman perbandingan senilai secara kontekstual, sekaligus menunjukkan bahwa ketepatan perhitungan berpengaruh terhadap keberhasilan proses fermentasi.

6) Halaman Lembar Aktivitas dan Diskusi



Gambar 7. Lembar Aktivitas dan Diskusi



Gambar 3. Lembar Aktivitas dan Diskusi

Halaman ini memuat tugas analisis dampak pencemaran serta diskusi solusi berbasis Eco-STEM. Pertanyaan disusun secara sistematis untuk mendorong peserta didik mengemukakan pendapat berdasarkan data hasil eksperimen dan pengamatan. Pada bagian atas halaman disertakan kode QR yang berfungsi untuk mengakses lembar jawaban pengisian secara digital, sehingga peserta didik dapat mengisi dan mengumpulkan hasil kerja secara lebih praktis dan terdokumentasi.

Tersedia pula ruang jawaban terstruktur pada halaman tersebut agar peserta didik dapat menuliskan hasil analisis, rancangan solusi, serta kesimpulan secara runtut dan logis. Kegiatan ini menekankan penguatan kemampuan argumentasi berbasis data, kolaborasi dalam diskusi kelompok, serta keterampilan pemecahan masalah secara sistematis dan kontekstual.

7) Halaman Refleksi Pembelajaran



Gambar 9. Refleksi Pembelajaran



Gambar 10. Refleksi Pembelajaran

Halaman refleksi dirancang sebagai ruang evaluatif yang sistematis untuk membantu peserta didik meninjau kembali pemahaman konsep, proses berpikir ilmiah, serta sikap peduli lingkungan yang berkembang selama pembelajaran berbasis Eco-STEM. Melalui pertanyaan reflektif yang terstruktur, peserta didik diajarkan untuk mengidentifikasi sejauh mana mereka memahami keterkaitan antara sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam konteks permasalahan lingkungan. Pertanyaan tersebut tidak hanya menilai aspek kognitif, tetapi juga menggali kesadaran personal mengenai kontribusi nyata yang dapat dilakukan dalam menjaga dan memperbaiki kualitas lingkungan sekitar.

Pada bagian ini disertakan kode QR interaktif yang dapat dipindai atau diklik melalui perangkat digital untuk mengakses lembar refleksi diri secara daring. Sistem ini memungkinkan respons peserta didik terdokumentasi secara sistematis, terarsip dengan rapi, serta dapat dianalisis untuk melihat perkembangan sikap dan pola pikir dari waktu ke waktu. Pendokumentasian digital tersebut juga mendukung transparansi proses pembelajaran serta memudahkan guru dalam melakukan tindak lanjut pembinaan. Selain itu, halaman refleksi memuat rencana aksi sederhana yang aplikatif dalam kehidupan sehari-hari, seperti memilah sampah organik dan anorganik, mengurangi penggunaan plastik sekali pakai, serta mengolah limbah dapur menjadi *eco-enzyme*.

Secara keseluruhan, refleksi ini bertujuan memperkuat dimensi afektif dalam pembelajaran, membangun kesadaran ekologis yang berkelanjutan, serta mendorong internalisasi nilai tanggung jawab terhadap lingkungan. Melalui proses reflektif yang terarah, diharapkan terjadi perubahan perilaku yang tidak bersifat sesaat, melainkan berkembang menjadi kebiasaan positif yang berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan.

8) Evaluasi Akhir



Gambar 11. Evaluasi Akhir

Halaman evaluasi akhir memuat soal pilihan ganda untuk mengukur pemahaman konsep dasar pencemaran, serta soal uraian berbasis studi kasus untuk menilai kemampuan analisis dan pemecahan

masalah. Pada bagian atas halaman disertakan kode QR yang berfungsi untuk mengakses lembar jawaban penulisan diri secara digital, sehingga peserta didik dapat melakukan refleksi terhadap hasil belajarnya secara mandiri dan terstruktur.

Selain itu, disertakan penilaian proyek yang mencakup kreativitas desain, ketepatan konsep, analisis data, dan keterampilan proses. Evaluasi disusun secara komprehensif untuk mengukur aspek kognitif, keterampilan, serta kemampuan berpikir kritis dan kreatif secara terpadu.

9) Halaman Daftar Pustaka



Gambar 12. Daftar Pustaka

Halaman daftar pustaka memuat referensi ilmiah terkait materi pencemaran lingkungan dan sumber teori pendekatan Eco-STEM. Pencantuman referensi bertujuan memperkuat landasan akademik modul serta memastikan kesesuaian materi dengan sumber ilmiah yang relevan dan mutakhir.

c. Desain Tampilan dan Media

Karena produk yang dikembangkan berbentuk E-Modul, desain visual menjadi bagian penting dalam tahap perancangan. Modul dirancang dengan:

- 1) Tata letak yang sistematis dan mudah dibaca.
- 2) Kombinasi warna yang mendukung kenyamanan visual.
- 3) Penyajian gambar kontekstual terkait lingkungan sekitar.
- 4) Integrasi ikon-ikon STEM untuk memperjelas keterpaduan konsep.

Pemilihan desain ini bertujuan untuk meningkatkan daya tarik dan memudahkan navigasi peserta didik saat menggunakan modul secara mandiri maupun terbimbing.

d. Perancangan Instrumen Penilaian

Pada tahap desain juga disusun instrumen penilaian yang meliputi:

- 1) Lembar validasi ahli konten dan ahli media.
- 2) Angket respon guru dan peserta didik untuk mengukur kepraktisan.
- 3) Instrumen evaluasi hasil belajar berupa soal pilihan ganda dan uraian.

Instrumen-instrumen tersebut dirancang menggunakan skala Likert 1–4 untuk mengukur tingkat kelayakan dan kepraktisan produk.

e. Rancangan Aktivitas Berbasis Proyek

Sebagai karakteristik utama Eco-STEM, modul memuat aktivitas berbasis proyek sederhana, seperti:

- 1) Observasi lingkungan sekitar sekolah.
- 2) Analisis permasalahan sampah atau pencemaran.
- 3) Perancangan solusi sederhana berbasis konsep sama.
- 4) Penyajian hasil dalam bentuk laporan atau presentasi.

Rancangan aktivitas ini disusun agar peserta didik terlibat aktif, berpikir sistematis, serta mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu dalam satu kesatuan pembelajaran.

3. Tahap *Develop* (Pengembangan)

Tahap pengembangan merupakan tahap lanjutan dari proses perancangan yang bertujuan untuk merealisasikan desain e-modul berbasis Eco-STEM terintegrasi proyek lingkungan menjadi produk nyata yang siap untuk diuji. Pada tahap ini, e-modul yang telah dirancang dikembangkan secara utuh dalam bentuk digital interaktif, kemudian dilakukan proses validasi oleh para ahli untuk menilai kelayakan produk dari segi isi, tampilan, dan keterpaduannya dengan pendekatan Eco-STEM.

Proses validasi dilakukan untuk memastikan bahwa e-modul telah memenuhi standar kelayakan isi, konstruksi pembelajaran, serta aspek teknis media pembelajaran digital. Hasil validasi selanjutnya digunakan

sebagai dasar dalam melakukan revisi dan penyempurnaan produk sebelum diimplementasikan pada tahap uji coba I dan uji coba II.

a. Uji Kevalidan

1) Validasi Modul

a) Validasi Konten

Validasi konten dilakukan untuk menilai kesesuaian materi dalam E-Modul berbasis eco-STEM dengan Capaian Pembelajaran (CP), tujuan pembelajaran, kedalaman konsep, akurasi ilmiah, keterpaduan pendekatan eco-STEM, serta relevansi proyek lingkungan dalam menstimulasi kemampuan berpikir kritis dan kreatif peserta didik SMA.

Penilaian dilakukan oleh dua orang ahli konten menggunakan instrumen validasi yang terdiri atas 15 aspek penilaian dengan skala 1–5. Hasil validasi konten disajikan sebagai berikut.

Tabel 4.3 Hasil Validasi I Konten

| Nilai | Interval | Kategori |
|-------|----------|--------------|
| 66% | 61%–100% | Sangat Valid |

Berdasarkan hasil penilaian Validator I, modul memperoleh skor 66 dari skor maksimal 75 dengan persentase kevalidan sebesar 88% dan berada pada kategori sangat valid. Meskipun telah memenuhi kriteria sangat valid, validator memberikan beberapa saran perbaikan untuk penyempurnaan isi materi.

Berdasarkan hasil validasi oleh validator I memberikan saran perbaikan, terutama terkait belum adanya kisi-kisi soal sebagai

dasar penyusunan instrumen evaluasi. Menindaklanjuti masukan tersebut, peneliti menambahkan kisi-kisi soal untuk memperkuat dasar penyusunan instrumen evaluasi. Hasil penilaian validator I beserta rincian skor penilaian disajikan secara lengkap pada lampiran 5. Angket Validasi Konten.

E. Lembar Soal

1. Apakah pernyataan pertanyaan tersebut telah baik dan benar, dan apakah pernyataan tersebut dapat dipahami oleh siswa yang akan menjawab? Apakah pernyataan tersebut sudah sesuai dengan materi?

Jawab: _____

2. Apakah pernyataan pertanyaan tersebut sudah dapat dipahami oleh siswa yang akan menjawab? Apakah pernyataan tersebut sudah sesuai dengan materi? Apakah pernyataan tersebut sudah sesuai dengan materi? Apakah pernyataan tersebut sudah sesuai dengan materi? Apakah pernyataan tersebut sudah sesuai dengan materi?

Jawab: _____

3. Apakah pernyataan pertanyaan tersebut sudah baik dan benar, dan apakah pernyataan tersebut dapat dipahami oleh siswa yang akan menjawab? Apakah pernyataan tersebut sudah sesuai dengan materi?

Jawab: _____

Sebelum

Gambar 13. Sebelum di perbaiki dari validator I



Gambar 14. Setelah perbaikan dari validator 1

Sebelum dilakukan revisi, versi awal e-modul belum dilengkapi dengan kisi-kisi kemampuan berpikir kritis sebagai dasar penyusunan instrumen evaluasi. Ketidadaan kisi-kisi tersebut menyebabkan indikator pembelajaran, level kognitif, dan bentuk soal belum terpetakan secara sistematis. Akibatnya, keterkaitan antara tujuan pembelajaran berbasis Eco-STEM dengan butir soal evaluasi belum sepenuhnya terjamin, khususnya dalam mengukur kemampuan berpikir kritis peserta didik. Setelah memperoleh masukan dari validator, dilakukan perbaikan dengan menambahkan kisi-kisi soal kemampuan berpikir kritis secara terstruktur. Kisi-kisi yang disusun memuat komponen indikator pembelajaran, materi pokok, level berpikir tingkat tinggi (HOTS), serta bentuk soal yang digunakan. Revisi ini bertujuan memastikan bahwa setiap butir soal

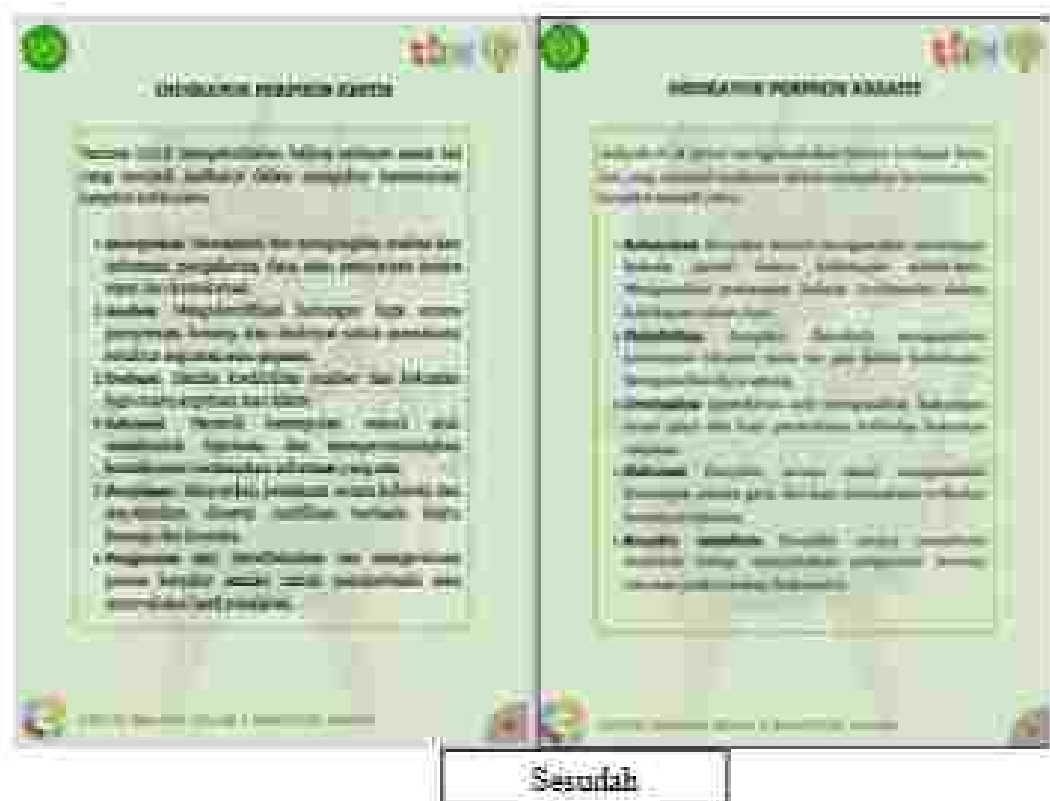
memiliki dasar pengembangan yang jelas dan selaras dengan capaian pembelajaran. Dengan adanya kisi-kisi tersebut, instrumen evaluasi menjadi lebih sistematis, terukur, dan mampu merepresentasikan aspek kognitif tingkat tinggi yang menjadi fokus dalam pembelajaran Eco-STEM.

Tabel 4.4 Validasi II Konten

| Nilai | Interval | Kategori |
|-------|----------|--------------|
| 96% | 81%–100% | Sangat Valid |

Hasil penilaian Validator II menunjukkan skor 72 dari skor maksimal 75 dengan persentase kevalidan sebesar 96% dan berada pada kategori sangat valid. Validasi ini dilakukan setelah e-modul direvisi berdasarkan masukan dari Validator I. Penilaian difokuskan pada kesesuaian materi dengan capaian pembelajaran, ketepatan konsep ilmiah, kedalaman pembahasan, keterpaduan unsur STEM dalam proyek lingkungan, kelengkapan kisi-kisi soal, serta keselarasan evaluasi dengan indikator berpikir kritis dan kreatif.

Pada tahap validasi sebelumnya, Validator II melihat bahwa indikator keterampilan berpikir kritis dan kreatif pada bagian evaluasi belum dirumuskan. Oleh karena itu, pada tahap revisi peneliti menambahkan indikator berpikir kritis dan kreatif yang terintegrasi dalam tujuan pembelajaran. Hasil penilaian validator II beserta rincian skor penilaian disajikan secara lengkap pada lampiran 5. Angket Validasi Konten.



Gambar 15. Indikator berpikir kritis dan kreatif

Validasi oleh Validator II (ahli konten) dilakukan setelah e-modul direvisi berdasarkan masukan dari Validator I. Sebelum dilakukan perbaikan, e-modul belum memuat indikator kemampuan berpikir kritis dan kreatif secara eksplisit, sehingga pengukuran kemampuan berpikir tingkat tinggi belum terstruktur secara sistematis. Selain itu, keterkaitan antara capaian pembelajaran, aktivitas proyek, dan instrumen evaluasi masih perlu diperjelas.

Berdasarkan saran validator, dilakukan penambahan indikator berpikir kritis dan kreatif yang dirumuskan secara operasional serta disertai dengan kisi-kisi soal. Penilaian Validator II difokuskan pada kesesuaian materi dengan capaian pembelajaran, ketepatan konsep ilmiah, kedalaman pembahasan, serta keterpaduan

unsur STEM dalam proyek lingkungan. Validator II menilai bahwa penyederhanaan pada bagian proyek Eco-Entryuse sudah tepat karena membuat kegiatan lebih terarah dan relevan dengan kompetensi yang dituju.

Validasi konten ini bertujuan menilai kesesuaian materi dalam e-modul berbasis Eco-STEM dengan Capaian Pembelajaran (CP), tujuan pembelajaran, akurasi ilmiah, kedalaman konsep, ketertpaduan unsur sains, teknologi, rekayasa, dan matematika, serta relevansi proyek lingkungan dalam menstimulasi kemampuan berpikir kritis dan kreatif peserta didik SMA. Pemilaian dilakukan oleh dua orang ahli konten menggunakan instrumen validasi yang memuat 15 aspek dengan rentang skala 1-5.

Tabel 4.5 Rekapitulasi Hasil Validasi Konten oleh Dua Ahli

| Validator | Skor | Persentase | Kategori |
|--------------|----------------|------------|---------------------|
| Validator I | 66/75 | 88% | Sangat Valid |
| Validator II | 72/75 | 96% | Sangat Valid |
| Total | 138/150 | 92% | Sangat Valid |

Berdasarkan tabel 4.5 diketahui bahwa total keseluruhan rekapitulasi validasi konten oleh dua ahli yaitu 92% yang berada pada kategori sangat valid. Secara keseluruhan, hasil validasi dua ahli konten menunjukkan adanya peningkatan kualitas substansi materi setelah proses revisi. E-Modul dinyatakan sangat layak dari aspek ini dan dapat dilanjutkan ke tahap uji coba untuk mengukur kepraktisan serta efektivitasnya dalam menstimulasi keterampilan berpikir kritis dan kreatif peserta didik SMA. Hasil rekapitulasi

validasi konten oleh para ahli tersebut disajikan secara lengkap pada lampiran 7. Analisis Data Validasi penelitian.

b) Validasi Media

Validasi media dilakukan untuk menilai kelayakan e-modul berbasis eco-STEM terintegrasi proyek lingkungan dari aspek desain tampilan, kualitas teknis dan visual, konsistensi tata letak, navigasi, keterbacaan, interaktivitas, serta keterpaduan unsur STEM dalam format digital.

Penilaian dilakukan oleh tiga orang ahli media menggunakan instrumen validasi yang terdiri atas 12 aspek penilaian dengan skala 1-5. Hasil validasi media disajikan sebagai berikut.

Tabel 4.6 Hasil Validasi I Media

| Nilai | Interval | Kategori |
|-------|----------|--------------|
| 95% | 81%–100% | Sangat Valid |

Berdasarkan hasil validasi yang dilakukan oleh Validator I sebagai ahli media, e-modul memperoleh skor total sebesar 57 dengan persentase validitas 95% dan termasuk dalam kategori sangat valid. Penilaian difokuskan pada aspek desain tampilan, kualitas teknis dan visual, konsistensi tata letak, navigasi, serta keterpaduan unsur STEM dalam e-modul terintegrasi proyek lingkungan. Meskipun telah memenuhi kriteria sangat valid, validator memberikan beberapa saran perbaikan untuk meningkatkan kualitas interaktivitas dan kekayaan media pembelajaran. Salah satu masukan utama adalah belum tersedianya video pembelajaran yang ditampilkan secara langsung dalam e-

- modul. Pada versi awal, materi hanya disajikan dalam bentuk teks, gambar, dan penugasan proyek tanpa dukungan media audiovisual.
- Hasil penilaian validator media I beserta rincian skor dan saran perbaikan disajikan secara lengkap pada lampiran 6. Anket Validasi Media



Gambar 16. Perbaikan dari validator media I

Berdasarkan hasil validasi yang dilakukan oleh Validator I sebagai ahli media, penilaian difokuskan pada aspek desain tampilan, kualitas teknis dan visual, konsistensi tata letak, navigasi, serta keterpaduan unsur STEM dalam e-modul terintegrasi proyek lingkungan. Validasi ini dilakukan pada versi awal produk sebelum dilakukan penyempurnaan fitur multimedia. Pada tahap ini, kode QR yang disertakan dalam modul berfungsi untuk mengakses langkah-langkah atau proses pembuatan eco-enzyme sebagai panduan visual dalam pelaksanaan proyek.

Menindaklanjuti saran tersebut, peneliti menambahkan video pembelajaran yang relevan dengan materi dan proyek lingkungan. Video disertakan dalam e-modul atau dihubungkan melalui tautan aktif agar mudah diakses siswa. Penambahan ini bertujuan memperjelas konsep, meningkatkan daya tarik pembelajaran, serta memperkuat integrasi aspek sains dan teknologi dalam pendekatan eco-STEM.

Tabel 4.7 Hasil Validasi II Media

| Nilai | Interval | Kategori |
|-------|----------|--------------|
| 100% | 81%–100% | Sangat Valid |

Berdasarkan hasil validasi oleh Validator II sebagai ahli media, e-modul memperoleh skor total sebesar 60 dengan persentase validitas 100% dan termasuk kategori sangat valid. Validasi ini dilakukan setelah e-modul mengalami revisi berdasarkan masukan sebelumnya.

Meskipun memenuhi kriteria yang sangat valid, validator menyarankan beberapa perbaikan untuk meningkatkan kualitas interaktivitas e-modul. Salah satu masukan utama adalah bahwa sebelum perbaikan, e-modul hanya dapat berupa QR yang hanya dapat discan, tetapi setelah perbaikan, QR dapat diklik langsung dan dapat mengakses semua QR yang ada. Hasil penilaian validator II beserta rincian skor penilaian disajikan secara lengkap pada lampiran 6, Angket Validasi Media.





Gambar 17. Perbaikan dan validator media II

Berdasarkan hasil validasi yang dilakukan oleh Validator II sebagai ahli media, penilaian difokuskan pada aspek desain tampilan, kualitas teknis dan visual, konsistensi tata letak, navigasi, keterbacaan, serta keterpaduan e-modul dengan pendekatan STEM terintegrasi proyek lingkungan. Validasi ini dilakukan setelah e-modul mengalami revisi berdasarkan masukan pada tahap sebelumnya, terutama terkait peningkatan interaktivitas dan kemudahan akses fitur digital.

Validator II memberikan apresiasi terhadap perbaikan aspek interaktivitas, terutama pada perubahan kode QR yang sebelumnya harus dipinda menjadi tautan aktif yang dapat langsung diakses. Perubahan ini dinilai meningkatkan efisiensi penggunaan e-modul serta memperkuat karakteristik bahan ajar digital yang responsif dan ramah pengguna. Selain itu, konsistensi desain, kombinasi warna,

serta sistematika penyajian materi dinilai telah selaras dengan prinsip pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi.

Tabel 4.8 Hasil Validasi III Media

| Nilai | Interval | Kategori |
|-------|----------|--------------|
| 98% | 81%–100% | Sangat Valid |

Berdasarkan hasil validasi oleh Validator III sebagai ahli media, e-modul memperoleh skor total sebesar 59 dengan persentase validitas 98% dan termasuk dalam kategori sangat valid.

Berdasarkan hasil validasi yang dilakukan oleh Validator III sebagai ahli media, diperoleh beberapa masukan terkait aspek interaktivitas dan kelengkapan fasilitas respons pada e-modul berbasis Eco-STEM terintegrasi proyek lingkungan. Salah satu temuan pada tahap validasi adalah bahwa pada versi awal e-modul belum tersedia ruang pengisian jawaban secara digital yang terintegrasi langsung dalam modul. Kondisi ini dinilai kurang optimal dalam mendukung karakteristik e-modul sebagai bahan ajar berbasis teknologi yang seharusnya memfasilitasi respons siswa secara langsung dan sistematis. Hasil penilaian validator III beserta rincian skor dan saran perbaikan disajikan secara lengkap pada lampiran 6: Angket Validasi Media.



Gambar 18. Perbaikan dari validator media III

Menindaklanjuti saran dari validator ahli media, peneliti

melakukan perbaikan dengan menambahkan fitur pengisian jawaban

berbasis kode QR pada bagian penugasan. Kode QR tersebut terhubung dengan lembar respons digital sehingga siswa dapat langsung memindai dan mengunggah jawaban mereka secara daring. Penambahan fitur ini tidak hanya meningkatkan aspek teknis dan visual e-modul, tetapi juga memperkuat integrasi unsur teknologi dalam pendekatan Eco-STEM.

Dengan adanya perbaikan tersebut, e-modul dinilai lebih interaktif, sistematis, dan sesuai dengan karakteristik pembelajaran abad ke-21. Produk yang dikembangkan dinyatakan layak untuk digunakan pada tahap uji coba pembelajaran guna menstimulasi keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa SMA.

Validasi media dilakukan untuk menilai kelayakan e-modul berbasis Eco-STEM terintegrasi proyek lingkungan dari aspek desain tampilan, kualitas teknis dan visual, konsistensi tata letak, navigasi, keterbacaan, interaktivitas, serta keterpaduan unsur STEM dalam format digital. Penilaian dilakukan oleh tiga orang ahli media menggunakan instrumen yang memuat 12 aspek dengan skala 1–5.

Tabel 4.9 Rekapitulasi Hasil Validasi Media

| Validator | Skor | Persentase | Kategori |
|---------------|----------------|------------|---------------------|
| Validator I | 57/60 | 95% | Sangat Valid |
| Validator II | 60/60 | 100% | Sangat Valid |
| Validator III | 59/60 | 98% | Sangat Valid |
| Total | 176/180 | 98% | Sangat Valid |

Secara keseluruhan, persentase total validasi media sebesar 98% menunjukkan bahwa e-modul sangat layak dari aspek media dan siap digunakan pada tahap uji coba pembelajaran untuk

menstimulasi keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa SMA. Hasil rekapitulasi validasi konten oleh para ahli tersebut disajikan secara lengkap pada lampiran 7. Analisis Data Validasi penelitian.

2) Uji Kepraktisan

Uji kepraktisan dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan penggunaan, kejelasan petunjuk, kemenarikan tampilan, keterpaduan kegiatan proyek, serta kebermanfaatan e-modul berbasis eco-STEM terintegrasi proyek lingkungan dalam pembelajaran. Uji kepraktisan diukur melalui angket respons peserta didik yang diberikan setelah penggunaan e-modul dalam proses pembelajaran.

a) Respon Peserta didik :

1) Uji Coba I/Uji Coba Terbatas

Uji coba I dilakukan dengan melibatkan 36 peserta didik pada satu kelas uji coba yaitu SMA Negeri 2 Kota Bengkulu. Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kepraktisan awal e-modul sebelum diterapkan pada skala yang lebih luas. Setiap item pada angket respons diberi skor minimum 1 dan maksimum 4.

Tabel 4.10 Hasil Penilaian Angket Respons Peserta Didik Uji Coba I

| Jumlah Peserta Didik | Skor Total | Skor Maksimal | Persentase (%) | Kategori |
|----------------------|------------|---------------|----------------|----------------|
| 36 | 2782 | 2880 | 97% | Sangat Praktis |

Berdasarkan tabel tersebut, diperoleh skor total sebesar 2782 dari skor maksimal 2880 dengan persentase kepraktisan sebesar 97%. Nilai tersebut berada pada interval 81%-100% dengan

kategori Sangat Praktis. Hasil ini menunjukkan bahwa e-modul berbasis eco-STEM yang dikembangkan mudah digunakan, menarik, serta membantu peserta didik dalam memahami materi dan melaksanakan proyek lingkungan secara sistematis. Berdasarkan tanggapan peserta didik, e-modul dinilai memiliki tampilan yang menarik, navigasi yang mudah diakses, petunjuk kegiatan yang jelas, serta fitur interaktif seperti tautan aktif dan QR code yang mendukung pembelajaran berbasis teknologi. Proyek lingkungan yang terintegrasi dengan permasalahan nyata juga membuat peserta didik lebih aktif, kreatif, dan terlibat dalam proses pembelajaran. Dengan demikian, berdasarkan uji coba I, e-modul memenuhi kriteria sangat praktis dan layak dilanjutkan pada tahap uji coba II. Rekapitulasi hasil angket respons peserta didik pada uji coba I disajikan secara lengkap pada lampiran 10. Rekapitulasi Respon Siswa.

2) Uji Coba 2

Uji coba ini dilakukan untuk melihat uji kepraktisan dengan skala yang lebih besar yang dilakukan pada dua kelas di SMA Negeri 4 dan SMA Negeri 7 Kota Bengkulu. Secara keseluruhan, jumlah subjek pada tahap uji coba II sebanyak 104 peserta didik. Angket respons terdiri atas 20 butir pernyataan dengan rentang skor 1-4.

Tabel 4.11 Hasil Penilaian Angket Respons Peserta Didik Uji coba II

| Jumlah Responden | Skor Total | Skor Maksimal | Persentase (%) | Kategori |
|------------------|------------|---------------|----------------|----------------|
| 68 | 5.055 | 5.440 | 93% | Sangat Praktis |

Nilai persentase sebesar 93% berada pada interval 81%–100% dengan kategori Sangat Praktis. Secara umum, sebagian besar peserta didik memberikan penilaian pada skor tinggi (3 dan 4) di hampir seluruh aspek yang dinilai, meliputi kemudahan penggunaan, kejelasan petunjuk, keterpaduan kegiatan proyek, kemenarikan tampilan, serta kebermanfaatan e-modul dalam membantu pemahaman materi.

Hasil ini menunjukkan bahwa e-modul berbasis eco-STEM terintegrasi proyek lingkungan dapat digunakan secara efektif pada skala yang lebih luas. Peserta didik menilai e-modul mudah diakses, sistematis, dan mendorong keterlibatan aktif dalam pembelajaran berbasis proyek. Dengan demikian, berdasarkan hasil uji coba II, e-modul yang dikembangkan memenuhi kriteria sangat praktis dan layak diimplementasikan secara lebih luas dalam pembelajaran di SMA Negeri Kota Bengkulu. Rekapitulasi hasil angket respons peserta didik pada uji coba II disajikan secara lengkap pada lampiran 10. Rekapitulasi Respon Siswa.

b) Respon Guru

Uji kepraktisan tidak hanya melibatkan peserta didik, tetapi juga melibatkan guru sebagai praktisi pembelajaran untuk menilai

kelayakan dan kemudahan penggunaan e-modul berbasis eco-STEM terintegrasi proyek lingkungan. Penilaian dilakukan melalui angket respons guru yang terdiri atas 20 aspek dengan rentang skor 1–4.

Aspek yang dinilai meliputi kesesuaian materi dengan capaian pembelajaran, kemudahan implementasi di kelas, kejelasan petunjuk, keterpaduan pendekatan STEM dengan proyek lingkungan, dukungan terhadap pengembangan keterampilan berpikir kritis dan kreatif, serta kemenarikan dan kebermanfaatannya e-modul dalam pembelajaran.

1) Uji Coba I/Uji Coba Terbatas

Uji coba I melibatkan dua orang guru dari SMA Negeri 2 Kota Bangkulu sebagai responden. Hasil rekapitulasi angket respons guru dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.12 Hasil Penilaian Angket Respons Guru Uji Coba I

| Jumlah Responden | Skor Total | Skor Maksimal | Persentase (%) | Kategori |
|------------------|------------|---------------|----------------|----------------|
| 2 Guru | 153 | 160 | 96% | Sangat Praktis |

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh skor total sebesar 153 dari skor maksimal 160 dengan persentase rata-rata sebesar 96%. Nilai tersebut berada pada interval 81%–100% dengan kategori Sangat Praktis. Secara rinci, guru pertama memberikan persentase sebesar 96%, sedangkan guru kedua memberikan persentase sebesar 95%.

Hasil ini menunjukkan bahwa e-modul berbasis eco-STEM terintegrasi proyek lingkungan telah sesuai dengan kebutuhan

pembelajaran, mudah diimplementasikan dalam proses pembelajaran, serta mendukung pelaksanaan proyek secara sistematis dan kontekstual. Guru juga menilai bahwa e-modul membantu memfasilitasi pembelajaran yang lebih aktif serta mendorong pengembangan keterampilan berpikir kritis dan kreatif peserta didik. Dengan demikian, berdasarkan respons guru pada uji coba I, e-modul dinyatakan sangat praktis dan layak untuk dilanjutkan pada tahap uji coba II. Rincian hasil angket respons guru pada uji coba I disajikan secara lengkap pada lampiran 11. Rekapitulasi Respon Guru.

2) Uji Coba II

Uji coba II melibatkan empat orang guru dengan masing-masing 2 guru dari SMA Negeri 4 Kota Bengkulu dan dari 2 guru dari SMA 7 Kota Bengkulu. Penilaian dilakukan menggunakan angket dengan 10 butir pernyataan dan rentang skor 1–4.

Tabel 4.13 Hasil Penilaian Angket Respons Guru Uji Coba II

| Jumlah Responden | Skor Total | Skor Maksimal | Persentase (%) | Kategori |
|------------------|------------|---------------|----------------|----------------|
| 4 Guru | 309 | 320 | 97% | Sangat Praktis |

Nilai 97% berada pada interval 81%–100% dengan kategori Sangat Praktis. Secara rinci, guru pertama memperoleh persentase 100%, guru kedua 95%, guru ketiga 96%, dan guru keempat 95%. Seluruh responden memberikan penilaian pada kategori sangat praktis. Hasil ini menunjukkan bahwa e-modul berbasis eco-STEM terintegrasi proyek lingkungan sangat mudah digunakan, sistematis,

serta relevan dengan kebutuhan pembelajaran di SMA. Guru menilai e-modul mampu mendukung implementasi pembelajaran berbasis proyek, mempermudah pengelolaan kegiatan kelas, serta meningkatkan keterlibatan aktif peserta didik dalam proses pembelajaran. Dengan demikian, berdasarkan hasil uji coba II dari respons guru, e-modul yang dikembangkan dinyatakan sangat praktis dan layak digunakan secara lebih luas dalam pembelajaran. Rincian hasil angket respons guru pada uji coba II disajikan secara lengkap pada lampiran II. *Rekapitulasi Respon Guru*.

5. Tahap Evaluasi (*Evaluation*)

Tahap evaluasi merupakan fase akhir dalam penelitian pengembangan yang berfungsi sebagai mekanisme verifikasi terhadap kualitas, kelayakan, dan efektivitas e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan. Penilaian dilakukan berdasarkan tiga indikator utama pengembangan yaitu:

- 1) Aspek kevalidan diperoleh melalui validasi ahli konten dan ahli media. Validasi ini bertujuan untuk memastikan kesesuaian materi dengan capaian pembelajaran, ketepatan konsep ilmiah, integrasi pendekatan STEM, serta kelayakan tampilan dan sistematika penyajian. Hasil validasi menunjukkan bahwa e-modul berada pada kategori sangat valid, yang berarti secara substansi dan desain telah memenuhi standar kelayakan bahan ajar.
- 2) Aspek kepraktisan diukur melalui angket respons guru dan peserta didik setelah penggunaan e-modul dalam pembelajaran. Hasil

responsa menunjukkan kategori sangat praktis, yang mengindikasikan bahwa produk mudah digunakan, sistematis, menarik, serta mendukung aktivitas pembelajaran berbasis proyek secara efektif.

- 5) Aspek keterlaksanaan dan efektivitas ditinjau melalui observasi proses pembelajaran dan analisis hasil belajar. Implementasi e-modul menunjukkan bahwa pembelajaran menjadi lebih terstruktur, kontekstual, dan partisipatif. Peserta didik terlibat aktif dalam kegiatan investigatif, diskusi analitis, serta penyelesaian proyek lingkungan yang menuntut integrasi konsep sains, teknologi, rekayasa, dan matematika.

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan menghitung persentase skor berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan. Interpretasi dilakukan secara sistematis untuk mengidentifikasi keunggulan, efektivitas penggunaan, serta aspek yang memerlukan penyempurnaan. Saran dari validator dan pengguna dijadikan dasar dalam melakukan revisi akhir produk, sehingga e-modul yang dihasilkan benar-besar siap untuk diimplementasikan secara lebih luas.

Secara keseluruhan, hasil evaluasi menunjukkan bahwa e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan telah memenuhi kriteria sangat valid dan sangat praktis, serta efektif dalam mendukung penguatan keterampilan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif peserta didik. Temuan ini menegaskan bahwa

pengembangan produk tidak hanya berhasil secara teknis, tetapi juga memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan kualitas proses pembelajaran.

Dengan demikian, secara akademik dan empiris, e-modul yang dikembangkan layak direkomendasikan sebagai bahan ajar inovatif di tingkat SMA. Produk ini memiliki relevansi teoritis dalam mendukung pembelajaran berbasis STEM dan relevansi praktis dalam menjawab tantangan pembelajaran abad ke-21 yang berorientasi pada pemecahan masalah lingkungan secara berkelanjutan.

E. Pembahasan Hasil Penelitian

1. Proses dan Hasil Pengembangan E-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan

Proses pengembangan e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan dilakukan secara sistematis melalui tahapan analisis kebutuhan, perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Tahapan tersebut bertujuan menghasilkan bahan ajar yang tidak hanya layak secara isi dan media, tetapi juga mampu memfasilitasi pengembangan kemampuan berpikir kritis dan kreatif peserta didik secara terstruktur. Integrasi pendekatan STEM terbukti mampu meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi karena pembelajaran menekankan penyelesaian masalah nyata dan penerapan konsep secara kontekstual (Komalasari et al., 2024).

Pada tahap analisis kebutuhan, pembelajaran diarahkan untuk membantu peserta didik memahami fenomena lingkungan secara komprehensif (Novitasari, 2023). Aktivitas dalam e-modul mendorong

siswa melakukan interpretasi terhadap data pencemaran, mengidentifikasi permasalahan, serta memahami makna dari fenomena yang terjadi di lingkungan sekitar. Kemampuan interpretasi merupakan komponen penting dalam berpikir kritis karena berkaitan dengan pemaknaan informasi, pengalaman, dan situasi yang dihadapi (Facione, 2023).

Tahap desain e-modul mengintegrasikan aktivitas STEM dalam bentuk proyek lingkungan yang menuntut keterlibatan aktif peserta didik dalam menganalisis masalah, mengkeji hubungan sebab akibat, serta mengidentifikasi solusi berbasis konsep sains dan teknologi. Aktivitas ini melatih kemampuan analisis peserta didik dalam memahami keterkaitan antara konsep ilmiah, data empiris, serta fenomena nyata. Pembelajaran berbasis proyek diketahui efektif meningkatkan keterampilan analitis dan kemampuan berpikir kritis karena peserta didik terlibat langsung dalam proses pemecahan masalah (Thio *et al.*, 2025).

Selain itu, e-modul dirancang untuk mengembangkan kemampuan evaluasi melalui kegiatan diskusi, pengamatan, dan penilaian terhadap solusi yang diajukan. Peserta didik dilatih menilai kredibilitas informasi, mempertimbangkan bukti, serta menentukan keputusan yang logis. Evaluasi merupakan inti dari berpikir kritis karena berkaitan dengan kemampuan menilai kekuatan argumen dan validitas informasi (Facione, 2023).

Kemampuan inferensi juga dikembangkan melalui aktivitas merumuskan hipotesis, menarik kesimpulan, dan memprediksi dampak dari solusi yang dirancang. Pembelajaran STEM berbasis proyek terbukti

mampu meningkatkan kemampuan siswa dalam menyusun penalaran dan menarik kesimpulan berdasarkan bukti empiris (Komalasari *et al.*, 2024).

Selanjutnya, kemampuan penjelasan difasilitasi melalui kegiatan presentasi hasil proyek dan penyusunan laporan. Peserta didik diminta menjelaskan proses penalaran serta mempertahankan solusi yang dihasilkan secara argumentatif. Kegiatan ini penting karena kemampuan menjelaskan merupakan bentuk konkret dari berpikir kritis yang menuntut penyajian argumen secara logis dan sistematis (Faciona, 2023).

Pada aspek pengaturan diri, e-modul menyediakan refleksi pembelajaran yang mendorong peserta didik mengevaluasi proses berpikir, kesalahan, serta strategi yang digunakan dalam menyelesaikan masalah. Kemampuan ini berperan dalam membangun kesadaran metakognitif sehingga siswa mampu mengontrol proses belajar secara mandiri (Faciona, 2023).

Selain berpikir kritis, pengembangan e-modul juga dirancang untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif. Aktivitas pembelajaran dirancang agar siswa mampu menghasilkan berbagai ide solusi terhadap permasalahan lingkungan. Kemampuan kelancaran dan fleksibilitas dikembangkan melalui kegiatan analisis fenomena lingkungan dari berbagai sudut pandang. Pembelajaran berbasis STEM-project terbukti efektif meningkatkan kreativitas karena memberikan ruang eksplorasi dan eksperimen kepada peserta didik (Widiyono & Ghufron, 2024).

Kemampuan orisinalitas muncul ketika siswa diminta merancang solusi berbasis konsep ilmiah secara mandiri, sedangkan elaborasi

dikembangkan melalui kegiatan pengembangan ide menjadi rencana tindakan yang rinci. Kreativitas siswa meningkat ketika pembelajaran menempatkan mereka sebagai pemecah masalah yang aktif dalam konteks nyata (Purnama *et al.*, 2024).

Secara keseluruhan, hasil pengembangan menunjukkan bahwa e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan mampu menjadi sarana pembelajaran yang relevan dengan tuntutan abad ke-21. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep, tetapi juga mendorong keterampilan berpikir kritis dan kreatif melalui pengalaman belajar yang kontekstual, kolaboratif, dan berbasis pemecahan masalah. Integrasi STEM dan proyek lingkungan menjadikan pembelajaran lebih bermakna karena peserta didik terlibat langsung dalam mengkaji fenomena nyata serta merancang solusi yang aplikatif (Thio *et al.*, 2025).

2. Tingkat Kevalidan E-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan

Tingkat kevalidan e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan pada penelitian ini dianalisis berdasarkan tem dominan empiris hasil validasi instrumen, validasi desain, validasi ahli media, dan validasi ahli konten. Pembahasan ini menekankan keterkaitan antara data penelitian dengan landasan teoretis pengembangan bahan ajar digital serta prinsip validitas dalam penelitian pengembangan.

Berdasarkan hasil penelitian, seluruh instrumen yang digunakan dalam pengembangan e-modul memperoleh persentase validitas di atas 90%, yaitu lembar validasi ahli media sebesar 98%, lembar validasi ahli

konten sebesar 92%, angket respon peserta didik sebesar 90%, serta angket respon guru sebesar 96%. Temuan ini menunjukkan bahwa instrumen yang digunakan telah memenuhi kriteria sangat valid dan layak digunakan untuk mengukur kualitas produk pengembangan. Validitas instrumen menjadi langkah awal yang penting karena menentukan ketepatan data yang diperoleh dalam proses pengembangan produk pembelajaran (Sugiyono, 2022).

Hasil validasi desain oleh ahli media menunjukkan persentase sebesar 83% dengan kategori sangat valid. Nilai tersebut menunjukkan bahwa e-modul telah memenuhi aspek desain tampilan, kualitas teknis, keterpaduan media dengan pendekatan Eco-STEM, serta kemenarikan visual. Desain visual yang baik menjadi komponen penting dalam bahan ajar digital karena memengaruhi keterbacaan, kenyamanan belajar, serta keterlibatan peserta didik dalam proses pembelajaran berbasis teknologi (Branch, 2020).

Validasi ahli media yang dilakukan secara bertahap oleh tiga validator menunjukkan peningkatan kualitas e-modul setelah dilakukan revisi. Validator pertama memberikan persentase validitas sebesar 95% dengan saran penambahan video pembelajaran untuk memperkuat visualisasi konsep. Setelah revisi dilakukan, validator kedua memberikan penilaian sebesar 100% dengan kategori sangat valid, terutama pada aspek interaktivitas, navigasi, dan kemudahan akses. Validator ketiga memberikan persentase sebesar 98% dengan saran penambahan fitur respons digital melalui kode QR agar siswa dapat mengunggah jawaban secara langsung

Hasil ini menunjukkan bahwa proses revisi berbasis masukan ahli berperan penting dalam meningkatkan kualitas produk pengembangan (Tesmer, 2019).

Secara keseluruhan, analisis akhir validasi ahli media menunjukkan persentase rata-rata sebesar 98% dengan kategori sangat valid. Hal ini mengindikasikan bahwa e-modul telah memenuhi standar media pembelajaran digital dari aspek tampilan, navigasi, interaktivitas, serta integrasi unsur STEM dalam proyek lingkungan. Media pembelajaran yang valid secara teknis dan visual mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik serta mendukung pembelajaran yang lebih efektif dan bermakna (Mayer, 2023).

Pada aspek materi, hasil validasi menunjukkan persentase rata-rata sebesar 91% dengan kategori sangat valid. Validator pertama memberikan nilai 88% dan menyarankan penambahan kisi-kisi soal agar kesesuaian antara indikator pembelajaran, materi, dan evaluasi lebih sistematis. Setelah dilakukan revisi, validator kedua memberikan penilaian sebesar 96% dan menyatakan bahwa materi telah sesuai dengan capaian pembelajaran, ketepatan konsep ilmiah, kedalaman pembahasan, serta keterpaduan pendekatan STEM.

Tingkat validitas materi yang tinggi menunjukkan bahwa e-modul telah memenuhi kriteria kelayakan isi, yaitu kesesuaian materi dengan kurikulum, ketepatan konsep ilmiah, serta keterpaduan dengan tujuan pembelajaran. Validitas isi merupakan indikator utama dalam

pengembangan bahan ajar karena berkaitan langsung dengan kualitas pembelajaran dan pemahaman konsep peserta didik (Nieveen, 2023).

Selain itu, keselarasan materi dengan indikator kemampuan berpikir kritis dan kreatif juga menjadi bagian penting dalam validasi. Soal evaluasi, aktivitas proyek, serta lembar diskusi dirancang untuk melatih kemampuan interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, penjelasan, dan pengaturan diri sebagaimana indikator berpikir kritis, serta kelancaran ide, fleksibilitas, orisinalitas, elaborasi, dan berpikir metafora pada indikator kreativitas. Keterpaduan ini menunjukkan bahwa e-modul tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep, tetapi juga pada pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi (Faciona, 2023).

Temuan penelitian ini memperlihatkan bahwa proses validasi yang dilakukan secara bertahap memberikan kontribusi nyata terhadap penyempurnaan produk. Revisi yang dilakukan berdasarkan saran validator, seperti perbaikan tata letak, penambahan video, penyempurnaan instruksi proyek, serta penyusunan kisi-kisi evaluasi, memperkuat kualitas e-modul baik dari aspek media maupun materi. Hal ini sejalan dengan prinsip penelitian pengembangan yang menekankan bahwa produk yang valid diperoleh melalui proses evaluasi dan revisi berkelanjutan (Branch, 2020).

Dengan demikian, berdasarkan hasil validasi instrumen, validasi desain, validasi ahli media, dan validasi ahli konten, e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan yang dikembangkan dalam penelitian ini dinyatakan memiliki tingkat kevalidan sangat tinggi. Produk telah memenuhi standar keayakan isi, konstruk pembelajaran, serta media digital

sehingga layak digunakan dalam pembelajaran untuk menstimulasi kemampuan berpikir kritis dan kreatif peserta didik SMA.

3. Tingkat Kepraktisan E-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan

Kepraktisan merupakan indikator penting dalam penelitian pengembangan karena menunjukkan sejauh mana produk mudah digunakan, dipahami, dan diterapkan dalam situasi pembelajaran nyata. E-modul yang praktis tidak hanya mudah dioperasikan, tetapi juga mampu mendukung proses pembelajaran secara efektif, efisien, serta sesuai dengan karakteristik pengguna, baik peserta didik maupun guru.

Berdasarkan hasil uji coba I dan uji coba II, e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan menunjukkan tingkat kepraktisan yang sangat tinggi. Hasil angket respons peserta didik pada uji coba I memperoleh persentase sebesar 97% dengan kategori sangat praktis. Sementara itu, respons guru pada tahap yang sama memperoleh persentase sebesar 96% dengan kategori sangat praktis. Pada uji coba II, tingkat kepraktisan e-modul tetap konsisten tinggi, yaitu 93% berdasarkan respons peserta didik dan 97% berdasarkan respons guru. Temuan ini menunjukkan bahwa e-modul tidak hanya praktis pada skala kecil, tetapi juga stabil digunakan pada skala yang lebih luas.

Tingginya tingkat kepraktisan tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor utama. Pertama, e-modul dirancang dengan tata letak yang sistematis dan navigasi yang jelas sehingga memudahkan peserta didik mengikuti alur pembelajaran. Struktur kegiatan yang dimulai dari identifikasi masalah,

eksplorasi konsep, perancangan solusi, hingga refleksi menjadikan proses belajar lebih terarah dan mudah dipahami. Prinsip desain pembelajaran yang terstruktur diketahui mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik dan memudahkan proses belajar mandiri (Mayer, 2021).

Kedua, integrasi proyek lingkungan yang kontekstual membuat peserta didik lebih mudah memahami materi karena berkaitan langsung dengan kehidupan sehari-hari. Pembelajaran yang kontekstual terbukti meningkatkan motivasi belajar serta keterlibatan aktif peserta didik dalam proses pembelajaran (Hadi & Nurhayati, 2022). Melalui proyek yang berbasis permasalahan nyata, peserta didik tidak hanya memahami konsep, tetapi juga mengaplikasikan pengetahuan secara langsung dalam bentuk solusi sederhana.

Ketiga, penggunaan media digital interaktif dalam e-modul mendukung fleksibilitas belajar. Fitur navigasi, visualisasi materi, dan integrasi tautan atau kode respons digital memungkinkan peserta didik belajar secara mandiri maupun kolaboratif. Bahan ajar digital yang interaktif terbukti meningkatkan kemudahan penggunaan serta efektivitas pembelajaran karena memberikan pengalaman belajar yang lebih dinamis (Prasetyo & Sari, 2023).

Keempat, e-modul dirancang sesuai dengan karakteristik pembelajaran berbasis STEM yang menekankan eksplorasi, pemecahan masalah, dan rekayasa sederhana. Model pembelajaran STEM secara umum memfasilitasi pengalaman belajar yang aktif dan aplikatif sehingga lebih mudah diterapkan dalam kegiatan kelas (Bybee, 2020). Integrasi unsur

sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam satu kegiatan proyek membuat pembelajaran lebih terpadu dan mudah dipahami oleh peserta didik.

Respons positif guru juga menunjukkan bahwa e-modul praktis digunakan dalam pembelajaran. Guru menilai bahwa e-modul membantu dalam merancang kegiatan proyek, menyampaikan materi secara sistematis, serta memfasilitasi keterampilan berpikir kritis dan kreatif peserta didik. Ketersediaan panduan penggunaan dan instruksi yang jelas memudahkan guru dalam mengimplementasikan e-modul tanpa memerlukan penyesuaian yang kompleks. Bahan ajar yang praktis umumnya memiliki karakteristik mudah diadaptasi, fleksibel, dan mendukung kegiatan pembelajaran berbasis aktivitas (Ariyad, 2020).

Kepraktisan e-modul juga terlihat dari kemampuan peserta didik mengikuti seluruh tahapan pembelajaran secara mandiri maupun kolaboratif. Peserta didik mampu memahami instruksi, mengerjakan tugas proyek, serta melakukan analisis data tanpa mengalami kesulitan berarti. Hal ini menunjukkan bahwa desain e-modul telah sesuai dengan tingkat perkembangan kognitif peserta didik SMA yang berada pada tahap operasional formal, sehingga mampu berpikir logis dan sistematis (Siswanto, 2021).

Selain itu, hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran menggunakan e-modul mendorong interaksi aktif antara peserta didik, guru, dan lingkungan belajar. Keterlibatan aktif tersebut menjadi indikator bahwa bahan ajar tidak hanya praktis digunakan, tetapi juga mampu mendukung

pembelajaran yang bermakna. Pembelajaran bermakna terjadi ketika peserta didik terlibat langsung dalam proses eksplorasi, refleksi, dan pemecahan masalah (Novak, 2020).

Secara keseluruhan, tingkat kepraktisan e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan berada pada kategori sangat praktis baik pada uji terbatas maupun uji coba II. Hal ini menunjukkan bahwa e-modul mudah digunakan, menarik, sistematis, serta relevan dengan kebutuhan pembelajaran Biologi di SMA. Kepraktisan tersebut juga memperlihatkan bahwa produk yang dikembangkan tidak hanya layak secara teoritis, tetapi juga aplikatif dalam situasi pembelajaran nyata.

Dengan demikian, e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan memiliki potensi tinggi untuk digunakan sebagai bahan ajar digital yang mendukung pembelajaran kontekstual, aktif, dan berorientasi pada pengembangan keterampilan abad ke-21, khususnya kemampuan berpikir kritis dan kreatif peserta didik. Temuan ini memperkuat bahwa bahan ajar yang dirancang berbasis kebutuhan, kontekstual, serta didukung teknologi digital cenderung memiliki tingkat kepraktisan yang tinggi dan mudah diimplementasikan dalam berbagai konteks pembelajaran.

4. Kepraktisan E-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Kreatif Peserta Didik

Kepraktisan e-modul yang ditunjukkan melalui kemudahan penggunaan, kejelasan instruksi, serta kemenarikan tampilan terbukti mendukung proses pengembangan kemampuan berpikir kritis peserta didik.

Berdasarkan indikator berpikir kritis yang dikemukakan oleh (Faciona, 2023), aktivitas pembelajaran dalam e-modul telah memfasilitasi proses interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, penjelasan, dan pengaturan diri secara sistematis.

Pada aspek interpretasi, peserta didik mampu memahami makna permasalahan pencemaran lingkungan melalui penyajian kasus kontekstual, gambar, serta data yang disediakan dalam e-modul. Proses ini membantu peserta didik menafsirkan informasi berdasarkan pengalaman dan fenomena nyata di lingkungan sekitar. Selanjutnya, pada aspek analisis, peserta didik dilatih mengidentifikasi hubungan sebab-akibat antara aktivitas manusia dan dampak pencemaran melalui kegiatan observasi, diskusi, dan eksplorasi konsep sains.

Indikator evaluasi terlihat ketika peserta didik menilai efektivitas solusi yang dirancang dalam proyek seperti pembuatan alat penyaring air atau pengelolaan sampah sederhana. Peserta didik membandingkan hasil percobaan dan mempertimbangkan kelebihan serta keterbatasan solusi yang dikembangkan. Pada tahap inferensi, peserta didik mampu menarik kesimpulan dari data hasil eksperimen serta merumuskan dugaan atau alternatif solusi terhadap permasalahan lingkungan yang dikaji.

Kemampuan penjelasan tercermin dari aktivitas presentasi hasil proyek dan diskusi kelompok, di mana peserta didik menyampaikan alasan pemilihan solusi serta menjelaskan hubungan antara konsep sains dan penerapannya secara logis dan sistematis. Sementara itu, indikator pengaturan diri terlihat pada kegiatan refleksi pembelajaran yang

memungkinkan peserta didik mengevaluasi proses berpikir, menilai hasil kerja, serta memperbaiki strategi penyelesaian masalah yang dilakukan.

Selain kemampuan berpikir kritis, kepraktisan e-modul juga berdampak terhadap berkenabangnya kemampuan berpikir kreatif peserta didik. Berdasarkan indikator berpikir kreatif menurut (Auliyah *et al.*, 2021), kegiatan proyek dalam e-modul memberikan ruang bagi peserta didik untuk menghasilkan berbagai ide solusi terhadap masalah pencemaran lingkungan. Pada aspek kelancaran, peserta didik mampu mengemukakan banyak gagasan alternatif dalam mengatasi permasalahan lingkungan yang disajikan.

Pada aspek fleksibilitas, peserta didik menunjukkan kemampuan menggunakan berbagai pendekatan dalam menyelesaikan proyek, baik melalui eksperimen, diskusi, maupun analisis data. Indikator orisinalitas tampak pada variasi rancangan solusi yang dihasilkan setiap kelompok yang menunjukkan adanya ide-ide baru dan berbeda. Selanjutnya, pada aspek elaborasi, peserta didik mampu mengembangkan ide secara rinci melalui perencanaan proyek, pengolahan data, dan penyusunan laporan kegiatan.

Adapun indikator berpikir metaforis terlihat ketika peserta didik mengaitkan konsep ilmiah dengan fenomena kehidupan sehari-hari, misalnya menjelaskan proses pencemaran melalui analogi sederhana yang mudah dipahami. Hal ini menunjukkan kemampuan peserta didik dalam mengonstruksi pemahaman secara kreatif dan kontekstual.

Dengan demikian, kepraktisan e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan tidak hanya ditunjukkan oleh kemudahan penggunaan dan respons positif dari peserta didik serta guru, tetapi juga oleh kontribusinya dalam memfasilitasi perkembangan indikator berpikir kritis dan kreatif. Temuan ini menegaskan bahwa e-modul yang dikembangkan tidak hanya layak secara teknis, tetapi juga efektif secara pedagogis dalam mendukung pembelajaran yang berorientasi pada pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik.

5. Keunggulan Dan Kelemahan E-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan

Kepraktisan e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan tidak hanya tercermin dari kemudahan penggunaan dan kemenarikan tampilan, tetapi juga dari efektivitasnya dalam meningkatkan kemampuan berpikir peserta didik. Hasil uji paired sample t-test menunjukkan adanya peningkatan signifikan antara nilai pretest dan posttest pada kedua kelas, yang menegaskan efektivitas produk secara empiris (Creswell & Creswell, 2025). Temuan ini memperlihatkan bahwa desain pembelajaran yang sistematis dan berbasis evaluasi mampu memberikan dampak nyata terhadap hasil belajar.

E-modul ini memfasilitasi indikator berpikir kritis meliputi interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, penjelasan, dan pengaturan diri sebagaimana ditegaskan oleh Facione (2023). Melalui penyajian kasus pencemaran lingkungan yang kontekstual dan kegiatan proyek eco enzyme, peserta didik dilatih menganalisis hubungan sebab-akibat, mengevaluasi

efektivitas solusi, menarik kesimpulan berbasis data, serta melakukan refleksi terhadap proses berpikirnya. Proses tersebut sejalan dengan pandangan bahwa pembelajaran berbasis masalah dan kontekstual mampu memperkuat kualitas penalaran dan kesadaran metakognitif peserta didik (Bailin *et al.*, 2021).

Selain itu, e-modul juga berkontribusi terhadap pengembangan kemampuan berpikir kreatif yang mencakup kelancaran, fleksibilitas, orisinalitas, dan elaborasi gagasan. Aktivitas proyek berbasis STEM mendorong peserta didik menghasilkan solusi inovatif melalui eksplorasi bahan, modifikasi desain, dan pengembangan laporan secara sistematis. Hal ini sejalan dengan teori kreativitas kontemporer yang menegaskan bahwa pembelajaran autentik dan kolaboratif mampu menstimulasi kapasitas inovatif peserta didik (Plucker *et al.*, 2022). Integrasi pendekatan STEM dalam konteks lingkungan juga memperkuat ketekaitan multidisipliner yang relevan dengan tantangan abad ke-21.

Keunggulan e-modul ini terletak pada integrasi STEM yang kontekstual, keselarasan antara indikator berpikir tingkat tinggi dan instrumen evaluasi, desain interaktif yang mendukung pembelajaran mandiri, serta efektivitas pedagogia yang terbukti secara statistik. Namun, terdapat beberapa kelemahan, antara lain ketergantungan pada kesiapan perangkat digital dan akses internet, kebutuhan pendampingan guru dalam pengelolaan proyek, serta keterbatasan waktu pembelajaran yang dapat memengaruhi kedalaman eksplorasi materi (Hew *et al.*, 2022). Secara keseluruhan, kepraktisan e-modul ini tidak hanya memenuhi aspek teknis

penggunaan, tetapi juga memiliki landasan teoretis mutakhir dan kontribusi empiris dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif peserta didik secara signifikan.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai pengembangan e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan untuk menstimulasi kemampuan berpikir kritis dan kreatif peserta didik SMA, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Proses dan hasil pengembangan e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan

Pengembangan e-modul dilaksanakan melalui tahapan model ADDIE yang meliputi analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Tahap analisis menunjukkan adanya kebutuhan bahan ajar digital yang kontekstual, interaktif, dan mampu mengintegrasikan pendekatan STEM dengan proyek lingkungan. Tahap desain menghasilkan rancangan e-modul berbasis Eco-STEM yang sistematis, memuat kegiatan sains, teknologi, rekayasa, dan matematika yang terintegrasi dengan permasalahan pencemaran lingkungan. Tahap pengembangan menghasilkan produk e-modul digital yang dilengkapi materi kontekstual, aktivitas proyek, eksperimen sederhana, lembar diskusi, refleksi, serta evaluasi berbasis kemampuan berpikir kritis dan kreatif. Hasil pengembangan menunjukkan bahwa e-modul yang dihasilkan relevan dengan capaian pembelajaran, karakteristik peserta didik, serta kebutuhan pembelajaran abad ke-21.

2. Tingkat kevalidan e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan

Berdasarkan hasil validasi oleh ahli media dan ahli konten, e-modul yang dikembangkan berada pada kategori sangat valid. Validasi ahli media menunjukkan persentase kelayakan sebesar 98%, sedangkan validasi ahli konten memperoleh persentase sebesar 92%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa e-modul telah memenuhi aspek kelayakan isi, ketepatan konsep, sistematika penyajian, kualitas visual, navigasi, interaktivitas, serta keterpaduan pendekatan STEM dalam proyek lingkungan. Dengan demikian, e-modul dinyatakan layak digunakan sebagai bahan ajar digital dalam pembelajaran biologi.

3. Tingkat kepraktisan e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan

Kepraktisan e-modul ditinjau melalui uji coba I dan uji coba II yang melibatkan peserta didik dan guru. Pada uji coba I, respons peserta didik memperoleh persentase 97% dengan kategori sangat praktis, sedangkan respons guru mencapai 96% dengan kategori sangat praktis. Pada uji coba II, respons peserta didik menunjukkan persentase 93% dan respons guru sebesar 97%; keduanya berada pada kategori sangat praktis. Hasil tersebut menunjukkan bahwa e-modul mudah digunakan, memiliki instruksi yang jelas, tampilan menarik, serta mendukung pelaksanaan pembelajaran berbasis proyek secara sistematis.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut.

1. Bagi Peserta didik

Peserta didik disarankan memanfaatkan e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan secara optimal, baik secara mandiri maupun kolaboratif. Penggunaan e-modul hendaknya tidak hanya berfokus pada penyelesaian tugas, tetapi juga pada proses eksplorasi konsep, analisis permasalahan, serta pengembangan ide-ide kreatif dalam merancang solusi terhadap persoalan lingkungan. Melalui keterlibatan aktif dalam kegiatan berbasis proyek, peserta didik diharapkan terus melatih kemampuan berpikir kritis dan kreatif sebagai keterampilan esensial dalam menghadapi tantangan abad ke-21.

2. Bagi Guru

Guru disarankan menjadikan e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan sebagai alternatif bahan ajar inovatif yang mendukung pembelajaran kontekstual dan berorientasi pada pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Guru dapat menyesuaikan pelaksanaan proyek dengan kondisi lingkungan sekolah serta karakteristik peserta didik agar pembelajaran lebih efektif dan bermakna. Selain itu, guru diharapkan terus mengembangkan strategi pembelajaran berbasis STEM yang terintegrasi dengan isu lingkungan guna memperkuat kemampuan berpikir kritis dan kreatif peserta didik secara berkelanjutan.

3. Bagi sekolah

Sekolah disarankan mendukung penggunaan bahan ajar digital berbasis STEM dengan menyediakan fasilitas teknologi yang memadai serta

mendorong inovasi pembelajaran berbasis proyek lingkungan sebagai bagian dari penguatan profil pelajar dan literasi ekologis.

4. Bagi peneliti selanjutnya

Penelitian ini masih terbatas pada pengembangan dan uji kepraktisan serta validitas e-modul. Peneliti selanjutnya disarankan melakukan penelitian lanjutan untuk menguji efektivitas e-modul secara eksperimen dengan desain yang lebih luas, mengintegrasikan materi lain dalam pembelajaran biologi, serta mengembangkan fitur interaktif yang lebih kompleks untuk meningkatkan kualitas pembelajaran digital berbasis STEM.

C. Implikasi

Penggunaan e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan berkontribusi dalam menstimulasi kemampuan berpikir kritis dan kreatif peserta didik. Aktivitas pembelajaran berbasis masalah, eksperimen, analisis data, perancangan solusi, serta refleksi mendorong peserta didik mengembangkan kemampuan interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, penjelasan, dan pengaturan diri. Selain itu, kegiatan proyek juga memberikan ruang bagi peserta didik untuk mengembangkan kelancaran ide, fleksibilitas dalam pemecahan masalah, orisinalitas gagasan, elaborasi solusi, serta kemampuan mengartikan konsep dengan fenomena kehidupan nyata. Dengan demikian, e-modul tidak hanya praktis digunakan, tetapi juga memiliki potensi pedagogis dalam mendukung pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah. (2025). *Effectiveness of STEM Integration in Curriculum Development*.
- Agafia. (2019). Kompetensi Sikap, Pengetahuan, dan Keterampilan dalam Kurikulum 2013. *Jurnal Pendidikan Karakter*.
- Agung, Suardana, & Ropi. (2022). Integrasi Aspek Sains dalam Pembelajaran STEM. *Jurnal Pendidikan IPA*.
- Ananda, & Fadilaturrakmi. (2018). Strategi Pembelajaran untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep. *Jurnal Pendidikan Dasar*.
- Apriyanti, Fitriarini, Putri, & Fitriyah. (2024). *Critical Thinking and Perspective Analysis in Learning*.
- Aqil. (2017). Implementasi Kurikulum 2013 dalam Pembelajaran Biologi. *Jurnal Kurikulum Dan Pembelajaran*.
- Armalia, Ardiyansyah, Putra, Reflis, & Utama. (2025). Analisis Pencemaran Air dan Udara di Wilayah Pesisir. *Jurnal Ilmu Lingkungan*.
- Aryad, A. (2020). *Media Pembelajaran (Revisi (ed.))*. Rajawali Pers.
- Auliyah, N., Rahmawati, D., & Pratama, A. (2021). Indikator kemampuan berpikir kreatif siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika*.
- Branch, R. M. (2020). *Instructional Design: The ADDIE Approach (Updated Edition)*. Springer.
- Bybee, R. W. (2020). *STEM Education: From Theory to Practice*. NSTA Press.
- Capobianco, & DeLisi. (2019). Pengembangan Modul Digital STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Abad 21 Siswa SMA melalui Isu Lingkungan Global.
- Chama, Medriati, & Mayub. (2020). *Barriers in Developing Critical Thinking through STEM*.
- Ching, & Chang. (2020). Development of STEM-Based E-Module to Improve Critical Thinking in Environmental Science. *International Journal of Science Education*.
- Clem, H., & Diana, B. (2019). STEM Education as Innovation in 21st Century Learning. *International Journal of STEM Education*.
- Damasawan, Yusnaeni, Ismurawati, & Ristantu. (2021). Hakikat Biologi sebagai Ilmu

- dan Proses Penemuan dalam Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Biologi*.
- Desidi, E.N., Sennar, & Suprdi. (2021). *Critical Thinking Skills in Education*.
- Dewi, & Widiyatmoko. (2022). *Interactive STEM E-Module with Augmented Reality on Environmental Issues: Effects on Critical and Creative Thinking in Senior High School*.
- Djulia, E., Sari, R., & Pratama, A. (2020). Evaluasi dan penilaian hasil belajar biologi di sekolah menengah. *Jurnal Evaluasi Pendidikan*.
- Elmiana, & Kshardi. (2016). Pengaruh Model Pembelajaran terhadap Pemahaman Konsep Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Matematika*.
- Facione (2023). *Critical Thinking: Core Skills and Assessment Indicators*. *Journal of Educational Assessment*.
- Faria, Sari, & Wardani. (2024). Modul Berbasis STEM untuk Meningkatkan Berpikir Kreatif. *Jurnal Pendidikan STEM*.
- Fella. (2022). Dampak Pencemaran Air terhadap Ekosistem Perairan. *Jurnal Sains Lingkungan*.
- Fiteriani, Diani, Hamidah, & Anwar (2021). Integrasi Teknologi dan Rekayasa dalam Pembelajaran STEM. *Jurnal Teknologi Pendidikan*.
- Fitriani, Suhandi, & Rustaman. (2024). Integrasi STEM dalam Pembelajaran Berbasis Proyek. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*.
- Hadi, & Nurhayati. (2022). Contextual Learning to Improve Student Engagement and Motivation. *Jurnal Pendidikan Biologi*.
- Hafiza, Sari, N., & Pratama, A. (2022). Pengembangan kemampuan berpikir kreatif dalam pembelajaran. *Jurnal Inovasi Pendidikan*.
- Harpan. (2023). Tantangan Integrasi STEM dalam Pendidikan Indonesia. *Jurnal Pendidikan Nasional*.
- Haryanto, Suyatno, & Supriyadi. (2024). *STEM Project-Based Learning in High School Environmental Science: Impacts on Student Creativity and Problem-Solving*.
- Hidayat, A., Sari, M., & Pratama, D. (2019). Analisis keterampilan berpikir kritis siswa. *Jurnal Pendidikan Sains*.
- Hindun. (2021). Konsep dalam Pembelajaran Biologi dan Implikasinya terhadap Pemahaman Siswa. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*.

- Idayanti. (2024). *Pengembangan E-Modul untuk Meningkatkan Motivasi dan Hasil Belajar*.
- Ikhsan. (2021). Faktor Alam dan Antropogenik dalam Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Lingkungan Hidup*.
- Ietra. (2025). Evaluasi implementasi kurikulum STEM di sekolah Indonesia. *Jurnal Kebijakan Pendidikan*.
- Ismail. (2024). *Integrasi Aplikasi Digital dalam Pengembangan Buku Interaktif*.
- Izzani. (2019). Analisis Kendala Pembelajaran STEM di Sekolah. *Jurnal Pendidikan Sains*.
- Junta, S., & Kashardi. (2021). Pengembangan Soal Open-Ended Berorientasi pada Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Materi Operasi Pecahan untuk Siswa SMP Kelas VII. *Jurnal MATH-USM EDU*, 9(1), 43–49.
- Kalangkongan, Regar, & Manglep. (2021). Analisis Pendekatan Konvensional dalam Pembelajaran Biologi SMA. *Jurnal Pendidikan Biologi*.
- Kartini, & Santoso. (2023). Inovasi Teknologi dalam Pembelajaran STEM. *Jurnal Pendidikan Teknologi*.
- Kementerian Pendidikan, Riset, dan Teknologi, K. (2022). *Kebijakan Pendidikan Nasional dan Implementasi Nilai Pancasila dalam Pembelajaran Kemahendristek*.
- Khalid, & Owusu-Boateng. (2024). *Digital Transformation in Education and Adaptive Learning Materials*.
- Komalasari. (2014). Integration of STEM approach to improve higher order thinking skills in environmental learning. *Journal of Science Education Research*.
- Kwangmuang, Januskamolpong, Sangboonraung, & Daungtod. (2021). *Creative Thinking Skills in Education*.
- Laila. (2019). Pengembangan bahan ajar cetak dalam meningkatkan kualitas pembelajaran. *Jurnal Pendidikan*.
- Laili. (2019). *E-Modul sebagai Modul Elektronik dalam Pembelajaran*.
- Lassig. (2021). *Developing Creative Potential in Students*.
- Lawe, Noge, Wade, & Itu. (2021). *Penggunaan Bahan Ajar Digital untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains*.

- Lestari, Nulhakim, & Indah. (2022). Analisis Kelayakan E-modul sebagai Bahan Ajar Mandiri. *Jurnal Inovasi Pendidikan*.
- Lestari, Sarwi, & Sumarti. (2018). Peran Engineering dalam Pembelajaran Berbasis STEM. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*.
- Lubis, & Ismaya. (2020). Bahan Ajar sebagai Instrumen Perencanaan Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Dasar*.
- Lufri, Yogica, Muttaqin, & Fitri. (2020). Persepsi Peserta Didik terhadap Pembelajaran Biologi Berbasis Higher Order Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan Sains*.
- Lumbantobing, & Azrahra. (2020). Implementasi Pendekatan STEM dalam Pembelajaran Tematik. *Jurnal Pendidikan Dasar*.
- Magdalena, Sundari, Nurkamilah, Nasrullah, & Analia. (2020). Konsep dan Fungsi Bahan Ajar dalam Proses Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*.
- Mangelep, Pimontoan, Runtu, Kurnesan, & Tiwow. (2023). Strategi Pembelajaran Biologi dalam Mengembangkan Keterampilan Abad 21. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*.
- Mardiadi, M., Siregar, R., & Pratama, A. (2023). Pengembangan LKPD dan modul sebagai bahan ajar cetak. *Jurnal Pendidikan Sains*.
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia Learning (3rd Edition)*. Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2023). *Principles of Multimedia Learning*. Cambridge University Press.
- Melati, Favola, Hita, Saputra, Zamuzami, & Nuzsari. (2023). *Transformasi Media Pembelajaran Virtual Berbasis Teknologi*.
- Monalisa, M., Sari, N., & Pratama, A. (2019). Analisis kreativitas siswa dalam pemecahan masalah. *Jurnal Pendidikan Sains*.
- Mudrikah, S., Wulandari, R., & Prasetyo, A. (2022). Aksesibilitas media cetak dalam dunia pendidikan. *Jurnal Pendidikan Nasional*.
- Mufid, & Budisanta. (2021). Pencemaran Tanah dan Dampaknya terhadap Produktivitas Lahan. *Jurnal Lingkungan Dan Pembangunan*.
- Muttaqin. (2023). *STEM Approach in Science Learning for Higher Order Thinking Skills*.

- Nieveen, N. (2023). *Educational Design Research*. Netherlands Institute for Curriculum Development.
- Novak, J. D. (2020). *Meaningful Learning: The Essential Factor for Conceptual Change*. Routledge.
- Novitasari. (2023). Environmental Learning to Enhance Students' Conceptual Understanding. *Jurnal Pendidikan Lingkungan*.
- Novitasari, Adrian, & Kurnia. (2021). Pengembangan Bahan Ajar untuk Meningkatkan Pengalaman Belajar. *Jurnal Inovasi Pendidikan*.
- Nuranggremi, N., Wibowo, A., & Lestari, D. (2020). Karakteristik individu kreatif dalam proses pembelajaran. *Jurnal Psikologi Pendidikan*.
- Nurdiyanto, Wulandari, Jamal, Karmaza, & Maslani. (2024). Karakteristik Bahan Ajar Digital Berbasis Multimedia. *Jurnal Teknologi Pendidikan*.
- Nurhayati, & Supriatna. (2022). Project Based Learning Berbasis STEM untuk Keterampilan Abad 21. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*.
- Odume. (2022). Anthropogenic Environmental Pollution in the 21st Century. *Environmental Research Journal*.
- Pahrudia, Alisia, Saregar, Asyiani, Anugrah, & Susilowati. (2019). Pengembangan Modul Elektronik dalam Pembelajaran Sains. *Jurnal Pendidikan IP4 Indonesia*.
- Prasetyo, & Sari. (2023). Interactive Digital Teaching Materials to Improve Learning Effectiveness. *Journal of Educational Technology*.
- Pratama, Anggraini, Yusril, & Mufit. (2021). Struktur dan Desain E-modul dalam Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi*.
- Pratiwi, & Suyatno. (2023). Pembelajaran Kontekstual Berbasis STEM dalam Proyek Lingkungan. *Jurnal Pendidikan Lingkungan*.
- Pujiati. (2020). STEM sebagai Solusi Pembelajaran Kontekstual di Indonesia. *Jurnal Pendidikan IPA*.
- Purmanza, R., Santoso, B., & Wulandari, D. (2024). Creative thinking development through contextual STEM-based learning. *Journal of Educational Innovation*.
- Putra, Arivudin, & Pertiwi. (2024). *Historical Development of STEM Education Approach*.
- Putri, R. N., Hariyadi, S., & Mudakar, I. (2023). Pengembangan Model Pembelajaran Berbasis STEM pada Materi Pencernaan Lingkungan untuk

Meningkatkan Literasi Sains dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa

- Rabbani, & Muftianti. (2020). *Konsep dan Pengembangan Bahan Ajar dalam Pembelajaran*.
- Riduwan. (2010). *Skala Pengukuran Variabel-Variabel Penelitian*. Alfabeta.
- Riduwan, & Sumarto. (2013). *Pengantar Statistika untuk Penelitian Pendidikan Sosial, Ekonomi, dan Bisnis*. Alfabeta.
- Ridwan, Hidayanti, & Nilfatri. (2021). Penyesuaian Lingkungan dan Dampaknya terhadap Ekosistem. *Jurnal Ilmu Lingkungan*.
- Rindaryati. (2021). *Kepraktisan dan Aksesibilitas Bahan Ajar Digital*.
- Rohmah, & Lisuwih. (2024). Interactive STEM E-Module on Climate Change to Enhance 4C Skills of Senior High School Students. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*.
- Rukmi, & Diyana. (2024). Efektivitas E-modul dalam Meningkatkan Kompetensi Dasar Siswa. *Jurnal Pendidikan Digital*.
- Rostaman, Ridwan, Purnamasari, & Yasser. (2023). Penggunaan Media Noncetak dalam Pembelajaran. *Jurnal Teknologi Pendidikan*.
- Sahrul, Khumaedi, & Masrukun. (2022). *Creative Thinking in Problem Solving*.
- Sani, R. A., Abdullah, M., & Prasetyo, D. (2019). Strategi pengembangan berpikir kritis dan kreatif. *Jurnal Pendidikan Modern*.
- Saputra. (2020). Kemampuan Berpikir Kritis dalam Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan*.
- Sembiring, Sudatna, & Sunamora. (2021). Pengembangan E-modul Interaktif untuk Pembelajaran Mandiri. *Jurnal Teknologi Pembelajaran*.
- Seruni, Munawoah, Kurniadewi, & Nurjayadi. (2019). *Pengembangan Modul Elektronik untuk Pembelajaran Mandiri*.
- Setiawan. (2019). Implementasi Kurikulum 2013 dalam Mata Pelajaran Biologi. *Jurnal Pendidikan Menengah*.
- Shoffa, S., Hidayat, A., & Kurniawan, D. (2021). Media dan bahan ajar dalam perspektif komunikasi pembelajaran. *Jurnal Teknologi Pendidikan*.
- Siddiq, & Asrizal. (2023). *STEM-Based Learning and 21st Century Skills Development*.

- Slavin, R. E. (2021). *Educational Psychology: Theory and Practice*. Pearson.
- Sriwalyuni, Risdianto, & Johan. (2019). *Interaktivitas Bahan Ajar Digital Berbasis Multimedia*.
- Sriyanti. (2021). *Dampak Perkembangan Teknologi terhadap Berbagai Bidang Kehidupan*.
- Sugianto, Rusilowati, Widiyatmoko, Puspitasari, Arifa & Roniqin. (2023). *Teachers' Challenges in Implementing STEM-Based Learning*.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian dan Pengembangan (Research and Development R&D)*. Alfabeta.
- Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- Suharsaputra, U. (2023). *Metode Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif: Pendekatan Riset Pendidikan*. Refika Aditama.
- Sumanti, Asprasto, & Sulandoko. (2025). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis STEM untuk Meningkatkan Berpikir Kritis. *Jurnal Pendidikan Indonesia*.
- Sunaya, Salsabila, & Wijingsih. (2021). Kelebihan dan Tantangan Implementasi STEM. *Jurnal Inovasi Pendidikan*.
- Sunaryo. (2020). *Fungsi E-Modul dalam Pembelajaran Efektif*.
- Susanti. (2022). Klasifikasi dan implementasi bahan ajar cetak dan noncetak. *Jurnal Pendidikan Indonesia*.
- Susanti, & Wijaya. (2025). Pengaruh Model STEM terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Pendidikan Smpu*.
- Tartiyoso. (2025). Efektivitas E-Modul STEM dalam Meningkatkan Literasi Sains. *Jurnal Pendidikan Biologi*.
- Tauzuddin. (2020). Pemanfaatan Media Digital dalam Proses Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi*.
- Tessmer, M. (2019). *Planning and Conducting Formative Evaluations*. Routledge.
- Thao. (2025). Project-based STEM learning to improve analytical and critical thinking skills. *International Journal of STEM Education*.
- Thomas, J. W. (2022). *Project-Based Learning: A Handbook for Middle and High School Teachers*. Buck Institute for Education.

- Tobing, & Sulastri. (2024). *Difficulties in Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*.
- Verdinandus, & Taufik. (2019). *Pendidikan Digital Berbasis Multimedia dalam Pembelajaran*.
- Wahyuni. (2024). Peran dan Inovasi Media Pembelajaran dalam Pendidikan Modern. *Jurnal Pendidikan Kontemporer*.
- Wardah, & Pradipta. (2019). Efektivitas E-book STEM Berbasis Android dalam Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Sains*.
- Widiyono, & Gumfren. (2014). STEM-Project Learning to Enhance Students' Creativity Skills. *Jurnal Pendidikan IPT Indonesia*.
- Widodo, Sunarya, & Salsabill. (2025). Tahapan Engineering Design Process dalam Pembelajaran STEM. *Jurnal Pendidikan STEM*.
- Wulandari, Salsabila, Cahyani, Nurazirah, & Ulfah. (2023). *Implementasi E-Modul dalam Pembelajaran Digital*.
- Yonanda, Supriatna, Hakam, & Sepandi. (2023). Efektivitas Bahan Ajar Cetak dalam Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Dasar*.
- Yulianti, & Saputra. (2019). *Revolusi Industri 4.0 dan Implikasinya terhadap Pendidikan Sains*.
- Yunita. (2014). Peran Matematika dalam Pendekatan STEM. *Jurnal Pendidikan Matematika*.
- Zahra. (2025). Peran Matematika dalam Analisis Data Pembelajaran STEM. *Jurnal Pendidikan Matematika Modern*.
- Ziraino. (2021). Peran Pembelajaran Biologi dalam Pengembangan Kompetensi Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan IPT*.
- Zuhaida, & Widodo. (2023). Komponen Science dan Engineering dalam Model STEM. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*.

L

A

M

P

I

R

A

N

Lampiran 1 Surat Izin Penelitian dari Kampus



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH BENGKULU

FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

- Jl. H. Agus Salim, Km. 1,5, Sekeloa Tengah, Kota Bengkulu, 38121
- Telp. 0104210101
- www.umh.ac.id

- 0104210101
- 0104210101

Nomor : /ST/DF-4U/ILJAU/CI/2024
 Lampiran : 1 (Satu) Berkas
 Perihal : Izin Penelitian

Kepada Yth.
 Bapak/Ibu Kepala SMA Negeri 4 Bengkulu
 di
 Bengkulu

Assalamualaikum Wr. Wb

Dalam rangka memperoleh data untuk penyusunan tesis, kami mohon kiranya Bapak/Ibu dapat memberikan izin penelitian kepada mahasiswa kami sebagai berikut :

Nama : Meta Yuliani
 NPM : 2404105004
 Program Studi : Pendidikan Magister Pendidikan Biologi
 Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Untuk melakukan penelitian dengan judul tesis :
 "Pengembangan e-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif"

Tempat Penelitian : SMA Negeri 7, SMA Negeri 2 dan SMA Negeri 4 Bengkulu
 Objek Penelitian : Siswa kelas X
 Lama Penelitian : 23 Januari s.d. 23 Maret 2024

Sebagai tabung pertimbangan kami lampirkan proposal tesis yang telah di setujui oleh pembimbing.

Demikianlah surat ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasamanya yang baik kami ucapkan terima kasih.

Wassalamualaikum Wr. Wb

Bengkulu, 26 Februari 2024


 M. Si
 NID. 1967061519033031004

- umh.ac.id
- facebook.umh.ac.id
- @umh.ac.id

- umh Bengkulu
- umh Bengkulu
- umh Bengkulu

- umh Bengkulu
- umh Bengkulu
- info@umh.ac.id



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH BENGKULU

FAKULTAS Keguruan dan Ilmu Pendidikan

• Kampus 1, BKO Komplek KPI, Tegal Rezeki, Kota Bengkulu, 39132

• Telp: 0107-330111

• Fax: 0107-330112

• Email: umh@umh.ac.id

• Website: www.umh.ac.id

Nama : ISU DE-01/ILJAU/CI/2020
 Jumlah : 1 (satu) berkas
 Perihal : izin Penelitian

Kepada Yth,
 Bapak/Ibu Kepala SMA Negeri 7 Bengkulu
 di
 Bengkulu

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Dalam rangka memperoleh data untuk penyusunan tesis, kami mohon kiranya bapak/ibu dapat memberikan izin penelitian kepada mahasiswa kami sebagai berikut:

Nama : Mira Yuliani
 NIM : 3484105004
 Program Studi : Pendidikan Magister Pendidikan Biologi
 Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Dititik melakukan penelitian dengan judul tesis :
 "Peningkatan e-Modal Berbasis STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif".

Tempat Penelitian : SMA Negeri 7, SMA Negeri 2 dan SMA Negeri 4 Bengkulu
 Objek Penelitian : Siswa kelas X
 Lama Penelitian : 21 Januari s/d 27 Maret 2020

Sebagai bahan pertimbangan kami lampirkan proposal tesis yang telah di revisi oleh pembimbing.

Demikian surat ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasamanya yang baik kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Bengkulu, 26 Februari 2020

Dr. Muhammad M. Si
 NIP. 1967061519933031004

• www.umh.ac.id
 • umh@umh.ac.id
 • www.umh.ac.id

• www.umh.ac.id
 • www.umh.ac.id
 • www.umh.ac.id

• www.umh.ac.id
 • www.umh.ac.id
 • www.umh.ac.id



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH BENGKULU

FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

- Kampus L.E. Baitussalam Blok. Teuku Djengal P.04 Bengkulu, 38122
- info@umh.ac.id
- umh.ac.id

- 0104 22149
- 0104 22141

Nomor : 04/DF-01/ILJAU/C/2026
 Lembaran : 1 (Satu) Berkas
 Perihal : Izin Penelitian

Kepada Yth.
Bapak/Ibu Kepala SMA Negeri 2 Bengkulu
 di
 Bengkulu

Judul Penelitian IP. IP3

Untuk rangka memperoleh data untuk penyusunan tesis, kami mohon kiranya bapak/ibu dapat memberikan izin penelitian kepada mahasiswa kami sebagai berikut :

Nama : Metis Virfandi
 NPM : 2404105004
 Program Studi : Pendidikan Magister Pendidikan Biologi
 Fakultas : Keproses dan Ilmu Pendidikan

Untuk melakukan penelitian dengan judul tesis :

"Pengembangan e-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Kreatif"

Tempat Penelitian : SMA Negeri 7, SMA Negeri 2 dan SMA Negeri 4 Bengkulu
 Objek Penelitian : Siswa kelas X
 Lama Penelitian : 23 Januari s/d 23 Maret 2026

Sebagai bahan pertimbangan kami lampirkan proposal tesis yang telah di setuju oleh pembimbing.

Demikianlah surat ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasamanya yang baik kami ucapkan terima kasih.

Wassalamualaikum IP. IP3

Bengkulu, 26 Februari 2026

Dalam

 Drs. Saadiah, M. Si
 NIP. 1967051919932031004

- umh.ac.id
- info@umh.ac.id
- 0201 2149 1000

- umh.ac.id
- info@umh.ac.id
- 0201 2149 1000

- umh.ac.id
- info@umh.ac.id
- 0201 2149 1000





UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH BENGKULU

FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

- Kampus 1,2,3 Sekeloa Tengah Blok, Teluk Segara, Kota Bengkulu, 38118
- Telp: 0837-42000
- Email: umh@umh.ac.id

- www.umh.ac.id
- www.instagram.com/umh.ac.id

Nomor : RS/DF-41/ILSAJ/0/2026
 Lampiran : 1 (satu) berkas
 Perihal : Izin Penelitian

Kepada Yth.
 Bapak/ Ibu Kepala Badan Kesbangpol Provinsi Bengkulu
 di
 Bengkulu

Maksud/Maksudkan PK/PB

Dalam rangka memperoleh data untuk penyusunan tesis, kami mohon kiranya bapak/ibu dapat memberikan izin penelitian kepada mahasiswa kami sebagai berikut:

Nama : Melia Yuliani
 NPM : 2484105004
 Program Studi : Pendidikan Magister Pendidikan Biologi
 Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Untuk melakukan penelitian dengan judul tesis :
 "Penerapan e-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Pejak Lingkungan untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif".

Tempat Penelitian : SMA Negeri 7, SMA Negeri 2 dan SMA Negeri 4 Bengkulu
 Objek Penelitian : Siswa kelas X
 Lama Penelitian : 23 Januari s.d. 23 Maret 2026

Sebagai bahan pertimbangan kami lampirkan proposal tesis yang telah di sesuaikan oleh pembimbing.

Demikianlah surat ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasamanya yang baik kami ucapkan terima kasih.

Maksud/Maksudkan PK/PB

Bengkulu, 26 Februari 2026

Dengan



Dr. Asma, M. Si
 NIP. 1967007219923001004

- www.umh.ac.id
- www.instagram.com/umh.ac.id
- www.facebook.com/umh.ac.id

- www.youtube.com/channel/UC...
- www.tiktok.com/@umh.ac.id
- www.whatsapp.com/channel/00299...

- www.facebook.com/umh.ac.id
- www.instagram.com/umh.ac.id
- www.tiktok.com/@umh.ac.id
- www.whatsapp.com/channel/00299...



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH BENGKULU

FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

- Kampus 1, Jl. Bala Karamay No. 7, KM. 10, Kota Bengkulu, 38111
- 081 43410101
- 4143410101

- 08143 20143
- 08143 20143

Nama : /SU DP-01/ILIAU/0/2025
 Lembar : 1 (Satu) Lembar
 Perihal : **izin Penelitian**

Kepada Yth.
Bapak/Ibu Kepala Dinas DPMTSP Provinsi Bengkulu
 di
Bengkulu

Walaupun demikian IP. PB

Dalam rangka memperoleh data untuk penyusunan tesis, kami mohon kiranya Bapak/Ibu dapat memberikan izin penelitian kepada mahasiswa kami sebagai berikut :

Nama : Meta Vidia
 NIM : 240410004
 Program Studi : Pendidikan Magister Pendidikan Biologi
 Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Untuk melakukan penelitian dengan judul tesis :
"Pengenalan e-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif"

Tempat Penelitian : SMA Negeri 7, SMA Negeri 2 dan SMA Negeri 4 Bengkulu
 Objek Penelitian : Siswa kelas X
 Lama Penelitian : 23 Januari s.d 23 Maret 2026

Sebagai bahan pertimbangan kami lampirkan proposal tesis yang telah di ubjui oleh pembimbing.

Demikianlah surat ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasamanya yang baik kami ucapkan terima kasih.

Walaupun demikian IP. PB

Bengkulu, 26 Februari 2026

Bekon



Drs. Samsul M. Si
 NIP. 1967081519633031004

- 08143 20143
- 08143 20143
- 08143 20143

- 08143 20143
- 08143 20143
- 08143 20143

- 08143 20143
- 08143 20143
- 08143 20143





UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH BENGKULU

FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

- 📍 Kampus 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100
- 📞 0736 22794
- 📞 0736 28 341

Nomor : 55/DF-01/13.041/0/2024
 Lampiran : 1 (satu) berkas
 Perihal : ijin Penelitian

Kepada Yth.
Bapak/ Ibu Kepala Dikbud Provinsi Bengkulu
 di
 Bengkulu

Wassalamu'alaikum W. W.

Dalam rangka memperoleh data untuk penyusunan tesis, kami mohon kiranya bapak/ibu dapat memberikan izin penelitian kepada mahasiswa kami sebagai berikut :

Nama : Medi Yudianto
 NPM : 2424105004
 Program Studi : Pendidikan Magister Pendidikan Biologi
 Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Untuk melakukan penelitian dengan judul tesis :
"Pengembangan e-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Projek Lingkungan untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif"

Tempat Penelitian : EMA Negeri 7, EMA Negeri 2 dan EMA Negeri 4 Bengkulu
 Objek Penelitian : Siswa kelas X
 Lama Penelitian : 23 Januari s.d 23 Maret 2024

Sebagai bahan pertimbangan kami lampirkan proposal tesis yang telah di setujui oleh pembimbing.

Demikianlah surat ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasamanya yang baik kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum W. W.

Bengkulu, 26 Februari 2024

Ditanda

 M. Si
 NIP. 0736 22794

📞 0736 22794
 📞 0736 28 341
 📞 0736 22794

📞 0736 22794
 📞 0736 28 341
 📞 0736 22794

📞 0736 22794
 📞 0736 28 341
 📞 0736 22794



Berdikor dengan **Collegialitas**

Lampiran 2 Surat Izin Penelitian DPMTSP



FEMERINTAH PROVINSI BENGKULU
DINAS PENANAMAN MODAL DAN PELAYANAN TERPADU SATU PINTU
Jalan Bangun Rasi No 158, Kecamatan Tengah Padiak, Kecamatan Kota Agung, Kota Bengkulu
Kode Pos 38114
BENGKULU 38224

KEPUTUSAN
Nomor : 1042/KEP/DIR/DPMTSP-F.13024

TENTANG PENELITIAN

- Dari: 1. **Peraturan Gubernur Bengkulu Nomor 13 Tahun 2022 Tentang Penyelenggaraan, Wewenang Penyelenggaraan, Prinsip-prinsip, Perencanaan, Struktur Organisasi dan Tata Kelola, Organisasi, Tugas dan Fungsi, serta Sistem Kerja Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu**
2. **Survei Indeks Fasilitas Kampus dan Jasa Fasilitas Universitas Muhammadiyah Bengkulu Nomor : 143/2024/DIR/DPMTSP, Tanggal 23 Januari 2024 (Pihak) Universitas Pendidikan Indonesia (Pendidikan dan Kebudayaan) 23 Januari 2024.**

| | |
|---|---|
| Nama / NPM | 1. MITHA YULIANINGSIH |
| Tempat | 2. Makassar |
| Mata Kuliah | 3. Manajemen Fasilitas |
| Judul Proposal Penelitian | 4. Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) Terpadu Fasilitas Kampus dan Jasa Fasilitas Universitas Muhammadiyah Bengkulu |
| Dinas Penelitian | 5. SMA Negeri 7 Kota Bengkulu, SMA Negeri 3 Kota Bengkulu, SMA Negeri 4 Kota Bengkulu |
| Waktu Penelitian/Kegiatan Pengabdian Masyarakat | 6. 23 Januari 2024 s.d 24 Maret 2024 |
| | 7. Dinas Fasilitas Kampus dan Jasa Fasilitas Universitas Muhammadiyah Bengkulu |

Prinsip-prinsip penyelenggaraan penelitian yang akan dilakukan dengan ketentuan:

1. Seluruh penelitian penelitian harus selaras dengan Kebijakan/Program/Kelembagaan dan Kegiatan Dinas Kecamatan Bangun Rasi dan Padiak yang sedang berjalan.
2. Tidak bertentangan dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.
3. Tidak bertentangan penelitian yang sedang berlangsung dan penelitian lainnya yang sedang berjalan Dinas dan PADM Provinsi Bengkulu.
4. Apabila secara bertahap dilaksanakan di salah lembaga, sedangkan pelaksanaan penelitian lebih lanjut, penyelenggara melaksanakan penelitian harus diinformasikan kepada instansi penelitian.
5. Pelaksanaan di atas dapat kembali dan diinformasikan bila terjadi, apabila terjadi perubahan yang berdampak di PADM dan/atau lembaga penelitian lainnya seperti surat di atas.

Demikian Keputusan ini dibuatkan untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Bengkulu, Bengkulu
Pada tanggal 23 Januari 2024

**DR. KH. CA. DINAS PENANAMAN MODAL DAN PELAYANAN TERPADU SATU PINTU
PROVINSI BENGKULU**



**DR. KH. CA. DINAS PENANAMAN MODAL DAN PELAYANAN TERPADU SATU PINTU
PROVINSI BENGKULU**

1. **Universitas Pendidikan Indonesia**
 2. **Universitas Pendidikan Indonesia**
 3. **Universitas Pendidikan Indonesia**
 4. **Universitas Pendidikan Indonesia**

Lampiran 3 Surat Izin Penelitian Dibud



PEMERINTAH PROVINSI BENGKULU
DINAS PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

Jalan S. Parman Nomor 1, Padang Tel. Batu Seribu, Kota Bengkulu, Bengkulu 3827,
Telp: (078) 21000, Faksimili: (078) 22117,
www.dinkab.bengkulu.go.id, Email: dinkab@dinat.bengkulu.go.id

REKOMENDASI
KOMISI 18.000.073.5 (Diklusur2020)

TENTANG PENELITIAN

- Dasar :
1. Surat dari Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Bengkulu, Nomor : 0671/DF-DF-01/ESAU/3/2020, Tanggal 23 Januari 2020 Perihal : Izn Penelitian
 2. Surat dari Dinas Perencanaan, Model dan Pelaksanaan Tenaga Saja Pinda Nomor : 002/02.050/02/SPMPTSP-P/4/2020, tanggal 23 Januari 2020 tentang Penelitian.

Dengan ini memberikan rekomendasi berupa :

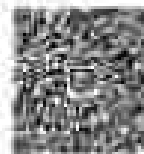
| | | |
|---------------------------|----|--|
| Nama | :- | METIA VINLIANI |
| NPM | :- | 1404105004 |
| Judul Proposal Penelitian | :- | Pengembangan E-modul Berbasis STEM Terpaduan Prosa Ungkapan Untuk Meningkatkan Kemampuan Sempit Kita dan Kita! |
| Lokasi Penelitian | :- | SMA Negeri 7 Kota Bengkulu dan SMA Negeri 2 Kota Bengkulu SMA Negeri 4 Kota Bengkulu |
| Waktu Penelitian/Kegiatan | :- | 28 Januari 2020 s.d 28 Maret 2020 |
| Penanggung Jawab | :- | Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Bengkulu |

Untuk melakukan penelitian yang akan dilakukan dengan ketentuan :

- a. Sebelum melakukan penelitian harus mengisi formulir kepada Gubernur/Bupati/Walikota/Ca Kepala Badan/Kepala Dinas Pendidikan dan Kebudayaan Provinsi Bengkulu atau setingkat lain setingkat.
- b. Harus memiliki surat keterangan Perizinan/undangan yang berlaku.
- c. Sebelum melakukan penelitian agar memperhatikan kesempatan hasil penelitian kepada Kepala Dinas Pendidikan dan Kebudayaan Provinsi Bengkulu.
- d. Apabila masa berlaku Rekomendasi ini sudah berakhir, sedangkan pelaksanaan penelitian belum selesai, maka perpanjangan Rekomendasi Penelitian harus diajukan kembali kepada instansi penerbit.
- e. Rekomendasi ini akan dicabut kembali dan diproses tidak berlaku, apabila terdapat pelanggaran saat rekomendasi ini tidak dimanfaatkan/gunakan seluruh kesempatan sesuai terdapat di atas.

Dengan ini Rekomendasi ini diberikan untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Direktoran di Bengkulu
pada tanggal 28 Januari 2020
s.d. Kepala Dinas Pendidikan dan Kebudayaan
Provinsi Bengkulu
Kepala Bidang Pembinaan SMA,

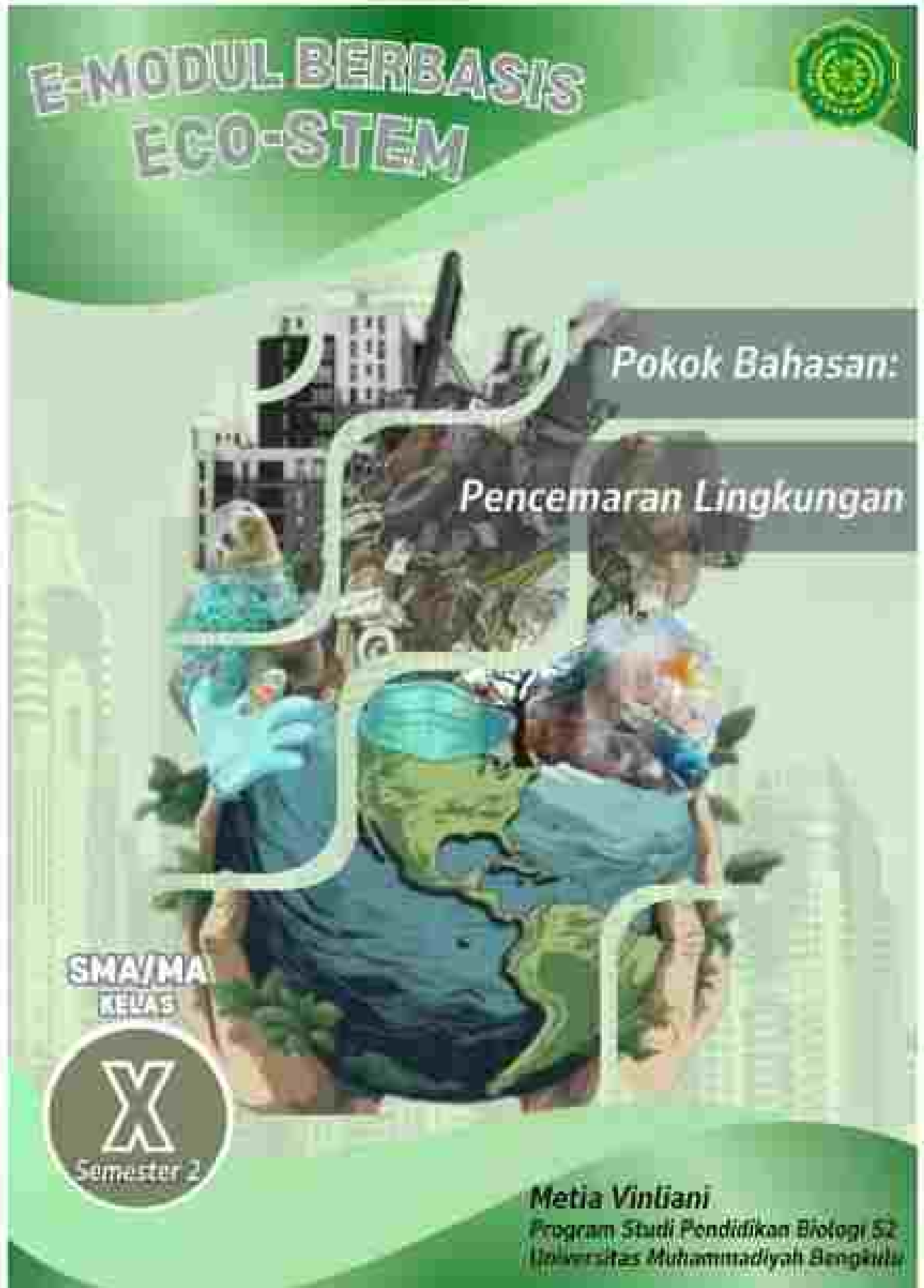


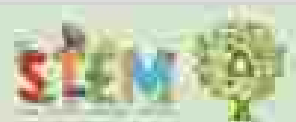
M. Syarif, S.Ag., M.Si
Pembina Tingkat I (PNS)
NIP 197704122000041008

Terdapat:

1. Kepala Dinas Pendidikan dan Kebudayaan Provinsi Bengkulu
2. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Bengkulu
3. Kepala SMA Negeri 7 Kota Bengkulu dan SMA Negeri 2 Kota Bengkulu SMA Negeri 4 Kota Bengkulu

Dikoreset di sini ditunjukkan secara otomatis menggunakan sertifikat pemerintah yang diterbitkan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana, Badan Intel dan Sains Negara (BINAS).





KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis berhasil menyusun E-Modul Biologi Berbasis eco-STEM Pada Materi Pencemaran Lingkungan untuk Siswa Kelas X SMA Semester 2. Modul ini disusun sebagai bahan ajar Biologi agar siswa dapat belajar secara mandiri dan dapat dengan mudah memahami konsep Biologi.

E-Modul ini akan memandu siswa untuk lebih memahami materi Biologi terkait dengan Pencemaran Air, Pencemaran Udara, dan Pencemaran Tanah. Diharapkan dengan modul ini dapat meningkatkan motivasi dan kemandirian peserta didik dalam belajar Biologi.

E-Modul ini memiliki kelebihan dibandingkan dengan bahan ajar cetak lainnya. Kelebihannya yaitu mengintegrasikan materi dengan beberapa aspek ilmu dalam eco-STEM dan memberikan pengetahuan tambahan bagi peserta didik berkenaan dengan materi dan pengaplikasiannya dalam kehidupan sehari-hari. Untuk mendukung peserta didik memperoleh tambahan informasi, dalam modul ini disajikan fitur-fitur yang menarik seperti fitur link youtube yang dapat langsung terhubung ke video berkaitan dengan topik yang sedang dibahas. Modul ini menggunakan permasalahan yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari dan disajikan secara sederhana, ringkas, dan komunikatif agar mudah dipahami.

Bangkuwu, 2025

Penulis



UNTUK SMA/MA KELAS X SEMESTER GENAP



DAFTAR ISI

| | |
|-------------------------------|----|
| HALAMAN JUDUL..... | |
| KATA PENGANTAR..... | i |
| DAFTAR ISI..... | ii |
| PENDAHULUAN..... | 1 |
| A. Capaian Pembelajaran..... | 1 |
| B. Materi Pembelajaran..... | 1 |
| C. Identitas Modul..... | 1 |
| D. Peta Konsep..... | 2 |
| KEGIATAN PEMBELAJARAN I..... | 3 |
| A. Tujuan Pembelajaran..... | 3 |
| B. Uraian Materi..... | 3 |
| C. Rangkuman..... | 12 |
| D. Penugasan..... | 13 |
| E. Penilaian Diri..... | 14 |
| KEGIATAN PEMBELAJARAN II..... | 15 |
| A. Tujuan Pembelajaran..... | 15 |
| B. Uraian Materi..... | 16 |
| C. Rangkuman..... | 25 |
| D. Projek Eco-Enzyme..... | 26 |
| E. Latihan Soal..... | 28 |
| F. Penilaian Diri..... | 30 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 32 |





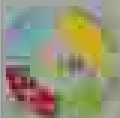
ECO-STEM

(ECOLOGICAL-SCIENCE, TECHNOLOGY, ENGINEERING AND MATHEMATICS)

eco-STEM (ecological-Science, Technology, Engineering, and Mathematics) adalah pendelutan pembelajaran yang mengintegrasikan prinsip STEM dengan nilai keberlanjutan lingkungan, menjadikan isu ekologis seperti penanganan sampah organik sebagai konteks bermakna untuk eksplorasi ilmiah dan inovasi solutif. Dalam e-modul ini, eco-STEM diwujudkan melalui proyek lingkungan pembuatan eco-enzyme dari limbah dapur, sebuah kegiatan yang tidak hanya melatih keterampilan berpikir kritis dan kreatif melalui perancangan eksperimen, analisis data, serta rekayasa sederhana, tetapi juga menumbuhkan kesadaran ekologis dan tanggung jawab sosial sebagai bagian dari Profil Pelajar Pancasila. Melalui proyek ini, ilmu pengetahuan tidak lagi abstrak ia hadir dalam botol daur ulang, berubah dari "sampah" menjadi solusi nyata bagi lingkungan sekitar. Anda dapat mengakses video pengenalan eco-enzyme, manfaat dan cara pembuatannya "Sampah organik pun bisa diolah menjadi eco-enzyme"



 Scan Me



INDONESIA KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN



INDIKATOR PERPIKIR KRITIS

Pacione (2023) mengemukakan bahwa terdapat enam hal yang menjadi indikator dalam mengukur kemampuan berpikir kritis yaitu:

1. **Interpretasi:** Memahami dan mengungkap makna dari informasi, pengalaman, data, atau pernyataan secara tepat dan kontekstual.
2. **Analisis:** Mengidentifikasi hubungan logis antara pernyataan, konsep, atau deskripsi untuk memahami struktur argumen atau gagasan.
3. **Evaluasi:** Menilai kredibilitas sumber dan kekuatan logis suatu argumen atau klaim.
4. **Inferensi:** Menarik kesimpulan masuk akal, membentuk hipotesis, dan mempertimbangkan konsekuensi berdasarkan informasi yang ada.
5. **Penjelasan:** Menyajikan penalaran secara koheren dan meyakinkan, disertai justifikasi berbasis bukti, konsep, dan konteks.
6. **Pengaturan diri:** Merefleksikan dan mengevaluasi proses berpikir sendiri untuk memperbaiki atau memvalidasi hasil penalaran.





INDIKATOR PERPIKIR KREATIF

Aullyah et al (2021) mengemukakan bahwa terdapat lima hal yang menjadi indikator dalam mengukur kemampuan berpikir kreatif yaitu:

1. **Kelancaran** (berpikir lancar) menganalisis penerapan hukum Pascal dalam kehidupan sehari-hari. Menganalisis penerapan hukum Archimedes dalam kehidupan sehari-hari.
2. **Fleksibilitas** (berpikir fleksibel) menganalisis penerapan tekanan pada zat gas dalam kehidupan. Menganalisis daya apung.
3. **Orisinalitas** (pemikiran asli) menganalisis hubungan antar gaya dan luas permukaan terhadap besarnya tekanan.
4. **Elaborasi** (berpikir secara rinci) menganalisis hubungan antara gaya dan luas permukaan terhadap besarnya tekanan.
5. **Berpikir metaforis** (berpikir secara metaforis) makhluk hidup, menjelaskan pengertian konsep tekanan pada tekanan hidrostatik.





PENDAHULUAN



A. Capaian Pembelajaran

Peserta didik mampu menganalisis berbagai bentuk pencemaran lingkungan yang terjadi di sekitarnya, menjelaskan hubungan antara aktivitas manusia dan kerusakan ekosistem, serta menerapkan solusi berbasis sains lokal khususnya pemanfaatan limbah organik rumah tangga untuk menghasilkan eco-enzyme sebagai alternatif ramah lingkungan.

B. Materi Pembelajaran

E-modul ini terbagi menjadi 2 kegiatan pembelajaran dan di dalamnya terdapat uraian materi, penugasan, latihan soal, dan penilaian diri.

Pertemuan Pertama:

1. Definisi Pencemaran Lingkungan
2. Pencemaran Udara, Pencemaran Air, Pencemaran Tanah

Pertemuan Kedua:

1. Pengelolaan Limbah Organik Menjadi Eco-Enzyme
2. Kaitannya Eco-Enzyme dengan eco-STEM

C. Identitas Modul

| | |
|----------------|-----------------------------|
| Mata Pelajaran | : Biologi |
| Kelas/Semester | : X/Genap |
| Alokasi Waktu | : 2x45 Menit (2 Pertemuan) |
| Judul Modul | : E-Modul Berbasis eco-STEM |





Gambar 3. Pencemaran Lingkungan
Sumber: [shutterstock.com](https://www.shutterstock.com)





MATERI I



1. Definisi Pencemaran Lingkungan
2. Jenis-Jenis Pencemaran Lingkungan

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari e-modul ini, Siswa diharapkan mampu:

1. Mengenalisis jenis-jenis pencemaran lingkungan (air, udara, dan tanah) serta dampaknya bagi ekosistem.
2. Mengidentifikasi penyebab dan sumber pencemaran di lingkungan sekitar.
3. Mengenalisis hubungan sebab-akibat antara aktivitas manusia (industri, transportasi, konsumsi rumah tangga) dengan peningkatan beban pencemaran.
4. Memahami konsep pengolahan limbah organik secara berkelanjutan.

B. Uraian Materi

1. Pencemaran Lingkungan

Pencemaran lingkungan adalah masuknya zat, energi, atau komponen asing ke dalam lingkungan alam dalam jumlah atau konsentrasi yang



Scan Me

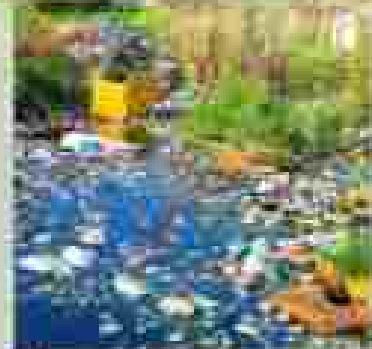




melebihi daya dukung alam, sehingga mengganggu keseimbangan ekosistem, membahayakan kesehatan manusia, dan merusak keberlanjutan sumber daya (UNEP, 2024).



Gambar 2. Pencemaran lingkungan
Sumber: bank sampah indonesia.com



Gambar 3. Pencemaran lingkungan
Sumber: lingkarnesia.id

Namun, yang sering kita lupa; pencemaran bukanlah "kesalahan alam". Ia adalah cermin dari pilihan kolektif kita sebagai individu, masyarakat, dan sistem.

Mari kita telusuri tiga bentuk pencemaran utama yang paling nyata dirasakan di Indonesia dan bagaimana mereka saling terhubung dalam satu rantai masalah.

a. Pencemaran Udara

Ketika Napas Menjadi Komoditas yang Harus Diperjuangkan

Bayangkan paru-parumu bekerja 24 jam sehari, tanpa libur. Sekarang bayangkan setiap tarikan napas membawa partikel halus yang mampu



Scan Me



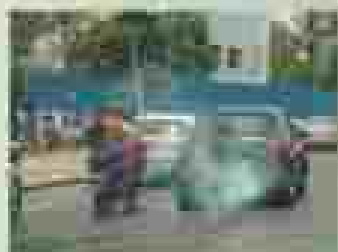


menembus dinding alveoli, masuk ke aliran darah, lalu mengendap di jantung, otak, atau plasenta.

Itulah kenyataan jutaan orang di kota-kota besar Indonesia.

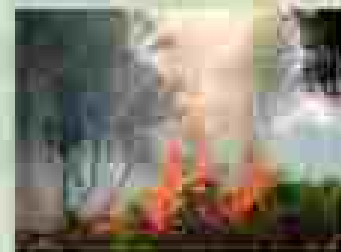
Sumber Utama Pencemaran Udara di Indonesia:

1. **Emisi kendaraan bermotor:** Indonesia memiliki lebih dari 150 juta sepeda motor. Sebagian besar menggunakan bahan bakar fosil yang menghasilkan partikel halus (PM_{2.5}), karbon monoksida (CO), dan nitrogen oksida (NO_x) (World Bank & KLHK, 2020).
2. **Pembakaran sampah terbuka:** Di permukiman padat, membakar sampah masih jadi cara "praktis" menghilangkan limbah padat, asapnya mengandung dioxin dan furan, senyawa karsinogenik yang bisa menyebabkan kanker dan gangguan reproduksi (WHO, 2022).
3. **Kebakaran hutan dan lahan:** Setiap musim kemarau, ribuan hektar lahan gambut terbakar di Sumatra dan Kalimantan. Asapnya tidak hanya menutupi langit lokal, tapi menyebar lintas negara menjadi bencana transnasional (Ge, C., et al., 2024).



Gambar 3. Asap kendaraan

Sumber: economictimes.indiatimes.com



Gambar 4. Kebakaran hutan

Sumber: wri.idonesia.org





Gambar dibawah ini dapat kita lihat bahwa pencemaran udara diakibatkan oleh kepulan asap yang berasal dari asap kendaraan bermotor (a), dan juga asap dari kebakaran hutan (c).

Fakta mengejutkan:

Menurut Laporan Kualitas Udara Dunia 2024 oleh IQAir, Jakarta menempati peringkat ke-6 kota dengan polusi udara terburuk di Asia Tenggara. Rata-rata konsentrasi PM_{2.5} di sana mencapai 2,7 kali batas aman WHO.

Dampaknya nyata:

Anak-anak di sekolah pinggir jalan raya memiliki risiko 40% lebih tinggi terkena ISPA (Infeksi Saluran Pernapasan Akut). Guru sering mengeluh batuk kronis. Dan di hari-hari berkabut tebal, jumlah kunjungan ke puskesmas melonjak drastis.

b. Pencemaran Air

Ketika Sungai Jadi Tempat Pembuangan, Bukan Sumber Kehidupan

Sungai seharusnya mengalirkan kehidupan menjadi sumber air, jalur transportasi, dan habitat ribuan spesies. Tapi banyak sungai di Indonesia kini lebih mirip selokan raksasa.



 Scan Me





Ambil contoh Sungai Citarum di Jawa Barat yang pernah disebut “sungai terkotor di dunia” oleh Bank Dunia (World Bank, 2020). Warnanya tidak lagi bening, tapi cokelat pekat, hijau lumpur, atau bahkan terga bergantung limbah pabrik tekstil yang dibuang hari itu. Di beberapa titik, sampah plastik menumpuk setebal 1 meter, membentuk “jembatan sampah” yang bisa dilewati orang (KLHK, 2023; World Bank, 2023).

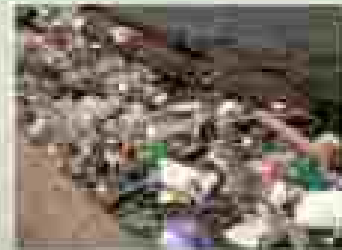
Sumber pencemaran air sangat dekat dengan kehidupan kita:

1. **Limbah domestik:** Air bekas mencuci, mandi, dan memasak yang mengandung deterjen, minyak, dan sisa makanan sering langsung dialirkan ke selokan tanpa pengolahan. Deterjen mengandung fosfat yang memicu eutrofikasi ledakan pertumbuhan alga, lalu kematian ikan karena kekurangan oksigen (Coccoran et al., 2020).
2. **Limbah industri:** Pabrik tekstil, makanan, dan kimia sering membuang cairan berwarna, beracun, dan bersuhu tinggi langsung ke badan air. Logam berat seperti timbal (Pb) dan kromium (Cr) menumpuk di dasar sungai, lalu masuk ke rantai makanan lewat ikan (Ali, Khan, & Sajad, 2024).
3. **Sampah plastik & limbah padat:** Botol, kantong, sedotan yang tidak terurai dalam ratusan tahun menyumbat saluran, memperparah banjir, dan melukai satwa laut (Rochman et al., 2023).





Gambar 1. Limbah industri
Sumber: nagamasprima.com



Gambar 2. Sampah plastik
Sumber: antardatu.com

Gambar. Sungai di daerah perkotaan yang sudah tercemar (a), dan tercemar limbah industri (b)

Dan dampaknya menyentuh langsung ke dapur kita:

Ikan dari sungai tercemar mengandung logam berat yang menumpuk di hati dan ginjal manusia. Air tanah di permukiman padat mulai berbau dan berwarna karena terkontaminasi air lindi dari TPA atau septictank yang bocor.

c. Pencemaran Tanah

Ketika Bumi Kita Kehilangan "Ingatan" Menjadi Subur

Tanah adalah organisme tempat jutaan mikroba, cacing, dan jamur bekerja sama mengurai bahan organik, menyediakan nutrisi, dan menjaga struktur tanah. Tapi kini, banyak lahan pertanian dan permukiman kehilangan nyawa itu.



Scan Me





Penyebab Utamanya:

1. **Tumpukan sampah di TPA (Tempat Pembuangan Akhir):** Indonesia menghasilkan sekitar 67,8 juta ton sampah per tahun (KLHK, 2023). Sekitar 60% adalah sampah organik, yang seharusnya bisa kembali ke tanah sebagai kompos. Tapi karena sistem pengelolaan yang buruk, hampir semua dikubur begitu saja di TPA terbuka. Di sana, tanpa oksigen, sampah organik membusuk dan menghasilkan gas metana (CH₄) gas rumah kaca 28 kali lebih kuat dari CO₂ serta air lindi, cairan hitam pekat yang meresap ke tanah dan mencemari sumber air bawah tanah (World Bank & KLHK, 2020).
2. **Penggunaan pestisida & pupuk kimia berlebihan:** Petani sering terjebak “efek kecanduan” kimia semakin sering dipakai tanah semakin keras, mikroba mati, dan hasil panen justru menurun. Residu kimia itu tertisa di tanah selama puluhan tahun (Setyanto et al., 2023).
3. **Limbah plastik yang terpendam:** Plastik tidak terurai la hanya pecah menjadi mikroplastik, lalu masuk ke rantai makanan lewat sayuran yang akhirnya menyerap partikel itu (Li, Wang, & Rillig, 2023).



Gambar 7. Tumpukan sampah di TPA
Sumber: [nagumapertiniani](https://www.instagram.com/nagumapertiniani)



Gambar 8. tanah mengering
Sumber: [aktual.com](https://www.aktual.com)





Gambar. Tumpukan sampah di TPA (a), tanah mengering akibat penggunaan pestisida berlebihan (b).

Di beberapa daerah, tanah sudah tidak bisa menahan air. Saat hujan, air langsung mengalir ke bawah (*run-off*), membawa lapisan tanah subur menyebabkan erosi dan banjir bandang. Saat kemarau, tanah retak-retak, tandus, tak bisa ditanami (FAO & UNEP, 2021).

Dan ironisnya: kita membuang "makhluk" untuk tanah setiap hari. Kulit buah, sisa sayur, ampas kopi yang seharusnya jadi kompos alami justru dikirim ke TPA, memperparah pencemaran, alih-alih memperbaiki tanah.

d. Keterkaitan Antar Jenis Pencemaran

Satu Masalah Banyak Wajah

Pencemaran tidak pernah berdiri sendiri. Ia adalah sistem dan setiap bagian saling memperkuat kerusakan.





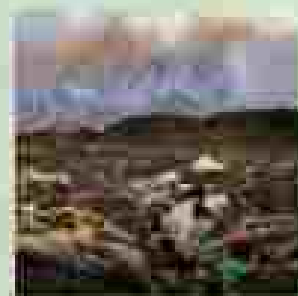
Contoh nyata

1. **Sampah organik di TPA** → membusuk tanpa oksigen → menghasilkan gas metana (pencemaran udara) + air lindi (pencemaran air & tanah).
2. **Air lindi meresap ke tanah** → mencemari sumur warga → memicu penyakit pencernaan (dampak kesehatan).
3. **Tanah tercemar tidak subur** → petani pakai lebih banyak pupuk kimia → residu masuk ke sungai → ikan mati → nelayan kehilangan penghasilan (dampak sosial-ekonomi).

Inilah sebabnya kita butuh solusi yang holistik, berkelanjutan, dan berbasis sistem, bukan sekadar berdiskusi bersila sekali setahun.



Gambar 8. Pembakaran hutan.
Sumber: www.prouneta.co



Gambar 10. Pencemaran limbah.
Sumber: www.alodokter.com

Gambar. Pembakaran hutan (a), pencemaran limbah (b).





C. Rangkuman

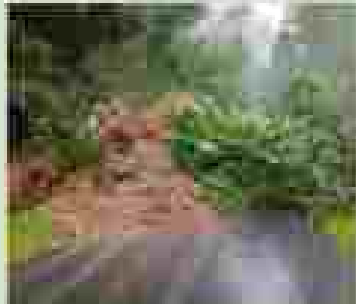
Pencemaran lingkungan terjadi ketika zat, energi, atau bahan berbahaya masuk ke dalam lingkungan, baik udara, air, maupun tanah dalam jumlah yang melebihi daya dukung alam, sehingga menurunkan kualitas lingkungan dan mengancam kesehatan manusia, hewan, tumbuhan, serta keseimbangan ekosistem. Sumber pencemaran sangat beragam: aktivitas industri menghasilkan limbah cair dan gas beracun seperti logam berat, sulfur dioksida, dan partikulat; kendaraan bermotor menyumbang polusi udara berupa karbon monoksida dan nitrogen oksida; pertanian intensif menggunakan pestisida dan pupuk kimia yang mencemari air tanah dan sungai; sementara sampah rumah tangga terutama plastik dan limbah elektronik menumpuk di TPA atau masuk ke perairan, merusak habitat alami. Dampaknya luas: pada kesehatan manusia muncul gangguan pernapasan, keracunan, bahkan penyakit kronis seperti kanker; pada ekosistem, terjadi kematian massal biota air akibat eutrofikasi atau tumpahan minyak; penurunan keanekaragaman hayati, serta degradasi lahan; secara global, emisi gas rumah kaca mempercepat perubahan iklim, menaikkan suhu bumi, dan memicu bencana alam ekstrem. Tanpa kesadaran kolektif dan tindakan nyata seperti pengelolaan limbah yang baik, penggunaan energi bersih, dan gaya hidup berkelanjutan dampak pencemaran akan terus memburuk bagi generasi kini dan mendatang.





D. Penugasan

Cermati berbagai gambar perubahan lingkungan di bawah ini:



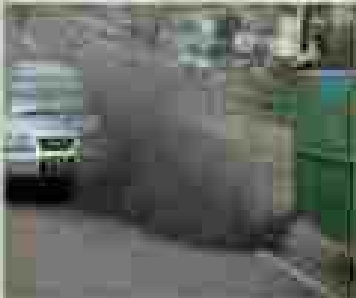
Gambar 1. Tanah Longsor
Sumber: www.halipost.com



Gambar 2. Banjir
Sumber: www.dailymirror.lk



Gambar 3. Limbah Sampah
Sumber: envylife.co.id



Gambar 4. Asap Kendaraan
Sumber: aktual.com

1. Sebutkan faktor-faktor yang mengakibatkan perubahan lingkungan pada gambar 1, 2, 3 dan 4!
2. Jelaskan jenis pencemaran yang terjadi pada gambar 3 dan 4!
3. Jelaskan dampak perubahan lingkungan yang terjadi pada peristiwa di gambar 4 serta carilah alternatif penanggulangannya!
4. Dari keempat gambar, manakah yang menurutmu memiliki dampak paling serius terhadap kesehatan manusia dalam jangka panjang? Berikan alasanmu.

SCAN ME





E. Penilaian Diri

Nama:

Kelas:

Materi: Pencemaran Lingkungan (Dampak & Solusi)

Tanggal:

SCAN ME



Berilah tanda centang (✓) pada pernyataan yang paling sesuai dengan dirimu, lalu jawab pertanyaan refleksi di akhir.

| NO | PERNYATAAN | SERING | KADANG | JARANG |
|----|--|--------|--------|--------|
| | | | KADANG | |
| 1 | Saya dapat menjelaskan minimal 3 jenis pencemaran (udara, air, tanah) beserta contoh penyebabnya. | | | |
| 2 | Saya memahami hubungan antara aktivitas manusia (misal: membuang sampah sembarangan, membakar limbah dengan dampak lingkungan) dengan dampak lingkungan (banjir, kabut asap, kematian ikan). | | | |
| 3 | Saya bisa menyebutkan minimal 2 solusi konkret untuk mengurangi pencemaran di lingkungan sekolah/rumah (misal: pilah sampah, kompos, hemat listrik). | | | |
| 4 | Saya bisa menyebutkan minimal 2 solusi konkret untuk mengurangi pencemaran di lingkungan sekolah/rumah (misal: pilah sampah, kompos, hemat listrik). | | | |
| 5 | Saya tertarik untuk terlibat dalam kegiatan nyata terkait pengurangan pencemaran (misal: bersih-bersih lingkungan, kampanye sampah, proyek eco-friendly). | | | |





MATERI II

1. Pengelolaan Limbah Organik Menjadi Eco-Enzyme
2. Kaitannya Eco-Enzyme dengan eco-STEM



A. Tujuan Pembelajaran

1. Menjelaskan hubungan antara limbah organik dan pencemaran lingkungan dari sudut pandang sains.
2. Merancang dan merencanakan proses pembuatan eco-enzyme dengan pendekatan teknik sederhana.
3. Menggunakan matematika untuk menghitung rasio, menganalisis data, dan memprediksi dampak skala besar.
4. Mengembangkan ide kreatif dalam pemanfaatan eco-enzyme untuk kehidupan sehari-hari.
5. Mengajukan argumen berbasis bukti mengenai efektivitas solusi berkelanjutan.





B. Uraian Materi

Hai, Sobat Bumi!

Kamu pernah membuang kulit jeruk, nanas, atau apel ke tempat sampah? Tahukah kamu, limbah dapur yang sering kita abaikan itu bisa menjadi senjata ampuh melawan pencemaran lingkungan tanpa listrik, tanpa bahan kimia, dan tanpa biaya mahal.

Di e-modul ini, kamu tidak hanya belajar tentang masalah lingkungan, tapi juga merancang, membuat, dan menguji solusi nyata: **eco-enzyme**.

1. Limbah Organik

Limbah organik adalah sisa bahan yang berasal dari makhluk hidup (tumbuhan, hewan, manusia) dan mengandung senyawa karbon yang dapat diurai secara alami oleh mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan cacing. Kata kuncinya bukan "sampah", tapi "bisa kembali ke alam" asalkan kondisinya mendukung (Kaya et al., 2024).

Ciri utamanya:

1. **Mudah terurai (biodegradable):** dalam kondisi ideal (lembab, beroksigen, suhu 20–40°C), limbah organik bisa terurai dalam hitungan minggu hingga bulan (Zhang et al., 2021).
2. **Kaya nutrisi:** mengandung karbon, nitrogen, fosfor, kalium unsur hara utama bagi tanaman (Lehmann et al., 2024).
3. **Berpeluang tinggi untuk didaur ulang hayati:** bisa diubah menjadi kompos, biogas, pupuk cair, atau **eco-enzyme** (Kurniawan et al., 2024).





Kenapa Kita Harus Peduli pada Sampah Organik?

Sampah bukan hanya soal "kotor" atau "bau". Ia adalah cermin dari pola konsumsi kita dan dampaknya nyata, bahkan jika kamu tidak melihatnya langsung.

Bayangkan ini:

Setiap hari, satu keluarga di Indonesia rata-rata menghasilkan sekitar satu kilogram sampah organik. Kalikan dengan 70 juta rumah tangga hasilnya adalah **puluhan juta ton limbah** yang berujung di tempat pembuangan akhir (TPA). Di sana, tanpa oksigen, sampah itu membusuk dan melepaskan gas metana, salah satu gas rumah kaca yang 28 kali lebih kuat dari karbon dioksida dalam mempercepat pemanasan global. Selain itu, air limas (cairan hitam dari tumpukan sampah) meresap ke tanah dan sungai, mencemari sumber air minum serta membunuh biota air. Di banyak daerah, bus menyengat dari TPA bahkan mengganggu kesehatan warga sekitar (Sultoni et al., 2020).

Pertanyaannya bukan lagi apakah kita punya masalah, tapi: Apa yang bisa kita lakukan, mulai dari hal paling sederhana untuk mengubah arah cerita ini?





"DARI SAMPAH MENJADI SOLUSI"

**PROJEK ECO-ENZYME BERBASIS STEM
UNTUK MENUMBUHKAN JIWA KRITIS DAN KREATIF**



**"KARENA SETIAP KULIT BUAH PUNYA
POTENSI MENYELAMATKAN BUMI."**



UNTUK SMA/MA KELAS X SEMESTER GENAP



2. Eco-Enzyme

Apa Itu Eco-Enzyme?

Eco-enzyme pertama kali dipopulerkan oleh **Dr. Rosukon Poompanvong**, seorang praktisi pengolahan alternatif dan aktivis pertanian organik dari Thailand, pada awal tahun 2000-an. Ia memperkenalkan eco-enzyme sebagai solusi alami rumah lingkungan yang dibuat dari limbah dapur (terutama sisa buah-buahan), gula (biasanya gula merah atau molase), dan air melalui proses fermentasi anaerob selama 3 bulan (Arifin et al., 2023).

Eco-enzyme adalah cairan sjaib yang lahir dari proses alami fermentasi anaerobik. Kata "anaerobik" berarti "tanpa oksigen" jadi, proses ini terjadi dalam wadah tertutup, seperti botol plastik bekas (Chen et al., 2024).

Meskipun konsep fermentasi limbah organik telah lama dikenal dalam berbagai budaya, Dr. Rosukon mengembangkan dan menyebarkan formula spesifik dengan rasio 1 bagian gula : 3 bagian limbah buah : 10 bagian air, serta mempromosikan berbagai manfaatnya mulai dari pembersih rumah tangga, pupuk cair, hingga penjernih air (Kurniawan et al., 2024).





Itulah "eco-enzyme" sendiri diciptakan oleh Dr. Ronkon untuk menekankan aspek ekologi dan enzimatik dari produk fermentasi ini, meskipun secara ilmiah cairan tersebut lebih tepat disebut sebagai **fermentat limbah organik** karena tidak mengandung enzim dalam arti biokimiawi murni (yaitu protein katalitik) melainkan mengandung asam organik, alkohol, dan mikroorganisme hasil fermentasi (Chen et al., 2024).

Bahan Utama Eco-Enzyme Sangat Sederhana:

1. **Limbah buah-buahan**, khususnya kulit yang kaya enzim dan minyak atsiri (jeruk, nanas, apel sangat ideal).
2. **Gula alami**, seperti gula merah atau tetes tebu, yang berfungsi sebagai "makanan" bagi mikroba baik.
3. **Air bersih**, sebagai media pelarut dan pengatur konsentrasi.

Dalam waktu 3 hingga 6 minggu, mikroorganisme alami terutama ragi dan bakteri asam laktat mulai bekerja. Mereka mengubah gula menjadi alkohol, lalu alkohol itu diubah lagi menjadi asam organik: asam asetat, asam laktat, dan asam sitrat. Hasil akhirnya adalah cairan berwarna coklat kemerahan, beraroma asam segar seperti cuka buah, yang mengandung enzim aktif dan senyawa antimikroba alami.

Yang menakjubkan: eco-enzyme bisa digunakan sebagai pembersih lantai, penghilang bau, pelunak pakaian, pupuk cair, bahkan pengolahan air limbah domestik semua tanpa residu berbahaya.





3. Eco-STEM dalam Setiap Tetes Eco-Enzyme

Pendekatan eco-STEM bukan sekadar singkatan eco-STEM adalah cara berpikir menyeluruh untuk memecahkan masalah dunia nyata. Dan eco-enzyme adalah contoh sempurna integrasi keempat pilar itu.



Kita eco- pada eco-STEM berasal dari **ecological**, bukan sekadar "hijau" atau "alami".

Artinya: STEM yang dirancang dengan pertimbangan ekologis sebagai prinsip utama, bukan pelengkap (Zimmerman & Bell, 2024).



Sains membantu kita memahami mengapa proses ini bekerja: bagaimana mikroba mengurai senyawa organik, mengapa pH turun seiring waktu, dan bagaimana asam organik bisa melarutkan lemak atau menekan pertumbuhan bakteri.



Teknologi muncul dalam bentuk sederhana: penggunaan botol daur ulang sebagai bioreaktor mini, aplikasi ponsel untuk mencatat perubahan harian, atau alat ukur pH digital yang membuat observasi lebih akurat.





Rekayasa (Engineering) hadir saat kita merancang proses memilih wadah yang aman (tahan tekanan gas), menentukan rasio bahan agar fermentasi optimal, atau merancang sistem ventilasi sederhana agar gas tidak membuat botol meledak.



Matematika menjadi alat untuk memastikan keberhasilan: menghitung komposisi 1 bagian gula, 3 bagian limbah, dan 10 bagian air; menganalisis tren penurunan pH; memperkirakan penghematan biaya jika eco-enzyme menggantikan produk kimia komersial.

Langkah-Langkah Membuat Eco-Enzyme Sebuah Proses Rekayasa

Anda dapat mengakses video langkah-langkah membuat eco-enzyme pada QR code berikut:





Siapkan Bahan



- Wadah plastik (bukan kaca) 1,6 liter, bersih dan kering. Pastikan tutupnya tidak bocor.
- Kulit buah segar: 500 gram (seperti kulit jeruk, nanas, apel). hindari buah berminyak seperti alpukat atau durian.
- Gula merah: 100 gram/molase
- Air bersih (bukan air panas): 1000ml

Langkah Pembuatan

1. Siapkan bahan dengan rumus 1:3:10.
2. Siapkan air bersih 1000ml lalu masukkan gula merah/molase.
3. Jika memakai gula merah aduk sampai larut lalu tuangkan air yang sudah tercampur gula merah sedikit demi sedikit ke dalam wadah eco-enzyme.
4. Masukkan potongan kulit buah, hindari buah yang berminyak, sudah busuk atau yang sudah berjamur.
5. Tutup wadah eco-enzyme dengan rapat, lalu buka 1-2 kali sehari selama 1-2 minggu pertama untuk membuang gas CO₂.
6. Simpan di tempat teduh, jauh dari sinar matahari langsung.
7. Tunggu waktu fermentasi minimal 3 bulan.





Refleksi - Menumbuhkan Kesadaran Mendalam

"Di akhir proyek, luangkan waktu untuk merenung secara pribadi atau dalam diskusi kelompok.

Tanyakan pada dirimu:

1. Apa momen paling mengejutkan selama eksperimen ini?
2. Apakah persepsi kamu tentang "sampah" berubah? Jika ya, bagaimana?
3. Jika proyek ini dilakukan oleh 100 sekolah di kotaku, berapa ton sampah yang bisa dihibahkan dari TPA dalam satu tahun? Berapa karbon yang bisa dikurangi?
4. Apa hambatan terbesar dalam mengajak orang lain bergabung? Bagaimana cara mengatasinya?

Refleksi bukan sekadar formalitas. Ia adalah jembatan antara pengetahuan dan tindakan antara "tahu" dan "peduli".





C. Rangkuman

Pemanfaatan limbah organik dapur (seperti kulit buah dan sisa sayur) untuk membuat eco-enzyme adalah solusi ramah lingkungan yang menerapkan pendekatan eco-STEM:

1. Science, fermentasi anaerob selama 3 bulan oleh mikroba alami menghasilkan enzim dan asam organik yang berfungsi sebagai pembersih, pengurai, atau pupuk cair.
2. Technology, proses ini memanfaatkan alat sederhana (botol daur ulang) dan aplikasi digital untuk memantau perkembangan fermentasi.
3. Engineering, siswa merancang variabel eksperimen (misalnya rasio 1:3:10 gula, limbah, air, atau modifikasi wadah) serta mengembangkan formulasi akhir sesuai kebutuhan.
4. Mathematics, dilakukan perhitungan rasio bahan, analisis data (rata-rata, persentase pengurangan noda/pertumbuhan tanaman), dan estimasi dampak (misal: 1 kg limbah/hari menghasilkan 30 liter eco-enzyme/tahun).

Sehingga kegiatan ini tidak hanya mengurangi sampah organik, tetapi juga memperkuat pemahaman sains terapan dan keterampilan berpikir kritis dan kreatif berbasis lingkungan.





D. Projek Eco-Enzyme

1. Tahap Perencanaan (Minggu 1)

- Bentuk kelompok (4-5 orang).
- Lakukan survei kecil: catat jenis & volume limbah organik di rumah masing-masing (3 hari).
- Rancang eksperimen dengan 1 variabel bebas (contoh jenis limbah jeruk dan nanas dengan rasio gula 2:1 dan 3:1).
- Buat proposal singkat (1 halaman): latar belakang, tujuan, desain percobaan, dan pembagian tugas.

2. Tahap Pelaksanaan (Minggu 2-4)

- Buat eco-enzyme sesuai rancangan (gunakan wadah transparan berlabel).
- Lakukan observasi harian/mingguan: catat perubahan bau, warna dan gelembung gas.
- Dokumentasikan dengan foto/video.

3. Tahap Pelaporan & Presentasi (Minggu 4)

- Buat produk akhir berupa:
- Laporan tertulis (format sederhana: pendahuluan, metode, hasil & grafik, pembahasan, kesimpulan).
- Video singkat proses pembuatan dan proses fermentasi eco enzyme (3-5 menit) atau poster digital yang menjelaskan proses, hasil, dan pesan lingkungan.





Kisi-Kisi Tes Kemampuan Berpikir Kritis (Facione, 2023)

| NO | Indikator Berpikir Kritis | PERNYATAAN | Bentuk Soal | No Soal |
|----|---------------------------|--|-------------------------------------|---------|
| 1 | Interpretasi | Membaca/meni membaca data percobaan (gelombang, gas, bau, ketertiduran selama pembuatan eco-enzyme) | Uraian | 1 |
| 2 | Analisis | Mengidentifikasi hubungan sebab-akibat antara komposisi bahan waktu fermentasi dan kualitas eco-enzyme | Uraian | 2 |
| 3 | Evaluasi | Menilai kredibilitas klaim "eco-enzyme lain atau peracunan orang" berdasarkan bukti ilmiah | Uraian | 3 |
| 4 | Inferensi | Menarik kesimpulan dari data eksperimen: apakah eco-enzyme efektif mengurangi BOD limbah cair? | Uraian | 4 |
| 5 | Elaborasi | Menjelaskan proses fermentasi dan peran mikroba dalam eco-enzyme secara ilmiah & logis | Uraian | 5 |
| 6 | Regulasi Diri | Merefleksi kelemahan desain eksperimen & memperbaiki proses berpikir | Terintegrasi & dalam penilaian diri | - |





E. Latihan Soal

1. Siswa mencatat perubahan selama 30 hari: hari ke-7: bau alkohol, hari ke-14: gelembung gas, hari ke-20: cairan bening berbau asam. Jelaskan makna perubahan tersebut dalam konteks proses fermentasi.

Jawab:

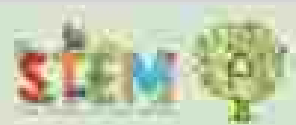
2. Dua kelompok merancang campuran awal untuk pembuatan eco-enzyme dengan rasio bahan berbeda: Kelompok A menggunakan perbandingan 1:2:10 (gula : buah : air), sedangkan Kelompok B menggunakan perbandingan 3:1:10. Jelaskan secara ilmiah bagaimana perbedaan rasio gula dan buah dalam campuran awal dapat memengaruhi proses fermentasi yang akan terjadi nanti.

Jawab:

3. Ada pernyataan yang beredar: "Karena eco-enzyme terbuat dari bahan alami, maka aman digunakan untuk mengolah semua jenis limbah." Evaluasilah pernyataan tersebut berdasarkan prinsip keamanan dan kelayakan penggunaan eco-enzyme.

Jawab:





4. Dalam suatu uji-coba, limbah kantin yang diolah dengan eco-enzyme menunjukkan pengurangan bau yang signifikan, namun endapan padat tetap terdasa. Apa kesimpulan logis yang dapat diambil mengenai kemampuan eco-enzyme berdasarkan hasil tersebut?

Jawaban:

5. Jika proses pembuatan eco-enzyme dilakukan dalam wadah yang tertutup rapat (kedap udara), apa dampaknya terhadap proses fermentasi dan keselamatan? Jelaskan dari segi biokimia dan keselamatan.

Jawaban:

Berikut link pengisian jawaban soal di atas

SCAN ME





F. Penilaian Diri

Nama: _____

Kelas: _____

Kelompok: _____

Tanggal: _____

Berilah tanda centang (✓) pada kolom yang paling sesuai dengan pengalaman dan usahamu selama proyek Laba. Tuliskan penjelasan singkat atau contoh di kolom "Refleksi".

| NO | PERNYATAAN | YA | TIDAK |
|----|---|----|-------|
| 1 | Saya memahami konsep ilmiah di balik fermentasi co-culture (misal: peran mikroba yang dibudidayai). | | |
| 2 | Saya terlibat aktif dalam perencanaan & pelaksanaan eksperimen (misal: menyiapkan bahan, mencatat data, mengamati perubahan). | | |
| 3 | Saya berusaha memecahkan masalah sesuai kreatifitas menghadapi kendala (misal: bau menyengat, wadah bocor, fermentasi gagal). | | |
| 4 | Saya melakukan pengukuran atau perhitungan dengan teliti (misal: massa bahan, perubahan tinggi turunan, persentase keberhasilan). | | |
| 5 | Saya berkontribusi dalam diskusi kelompok & menghargai pendapat teman. | | |
| 6 | Saya mampu menghubungkan proyek ini dengan isu lingkungan di sekitar (misal: pengurangan sampah, penggunaan bahan kimia). | | |
| 7 | Saya berani menyampaikan hasil/temuan/pertanyaan saat presentasi (lisan/tertulis/video). | | |





Refleksi Diri (Jawab dengan jujur dan Kritis)

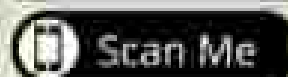
1. Apa hal paling menarik atau mengejutkan yang kamu pelajari selama proyek ini?

2. Apa satu hal yang ingin kamu perbaiki jika mengulang proyek ini?

3. Bagaimana proyek ini mengubah cara pandangmu terhadap "sampah"?

4. Apa manfaat nyata eco-enzyme menurutmu untuk keluarga, sekolah, atau lingkungan?

Berikut link pengisian jawaban soal di atas





DAFTAR PUSTAKA

- Ali, H., Khan, E., & Sajad, M. A. (2024). Heavy metal contamination in aquatic ecosystems: Sources, bioaccumulation, and ecotoxicological effects. *Journal of Hazardous Materials*, 462, 132750.
- Arifin, N., Sri, D. K., & Wijayanti, M. (2023). Eco-enzyme from kitchen waste: A sustainable alternative for agroecological farming. *Journal of Environmental Management*, 348, 116612.
- Chen, Y., Liu, X., & Wang, J. (2024). Biochemical characterization and application potential of fruit waste-derived eco-enzyme. *Bioresource Technology Reports*, 25, 102674.
- Corcoran, E., Scott, R., & UNEP. (2023). Wastewater Management and Eutrophication: A Global Review. *Environmental Science & Technology*, 57(12), 4667–4679.
- Dr. Roslan J. (2018). *Eco-Enzyme: The Miracle Solution for Environmental Problems*. Malaysia: Eco-Enzyme Research Centre.
- Food and Agriculture Organization (FAO) & United Nations Environment Programme (UNEP). (2014). *Global Land Outlook: Thematic Report on Soil Health*. Rome: FAO.
- Ge, C., et al. (2024). Transboundary haze pollution from Indonesian peatland fires. *Nature Communications*, 15, 1123.
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, T. (2024). Organic waste management for circular economies: Principles and practices. *Journal of Cleaner Production*, 432, 139967.





- KLHK. RI. (2023). Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2023.
- Kurniawan, T. A., Hapsari, D. R., & Ouyang, D. (2024). From waste to resource: Circular management of urban organic waste for soil regeneration in Southeast Asia. *Waste Management*, 176, 1–10.
- IQAir. (2024). World Air Quality Report 2024.
- Lehmann, J., Hossain, D., & Solomon, D. (2024). Organic waste recycling for soil health and climate resilience. *Nature Sustainability*, 6(5), 509–516.
- Li, W., Wang, J., & Rillig, M. C. (2023). Microplastic uptake by crop plants in agricultural soils: Evidence from field studies and implications for food safety. *Nature Food*, 4(9), 723–731.
- Rochman, C. M., Brookson, C., Bikker, J., Djuric, N., Eurn, A., Bucci, K., ... & Vermeiren, P. (2023). Plastic pollution in the world's oceans and freshwater systems. *Nature Reviews Earth & Environment*, 4(5), 332–347.
- Setyanto, P., Mariana, A., & Flantik, D. (2023). Soil health degradation due to intensive agrochemical use in Indonesian rice and vegetable farming systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 325, 108642.
- Sultoni, M. I., Prayoga, I. G. A. A., & Wijaya, A. (2024). Methane emissions from municipal solid waste landfills in tropical developing countries: A case study from Java, Indonesia. *Environmental Pollution*, 340, 122876.





- United Nations Environment Programme (UNEP). (2024). Global environment outlook: Environmental pollution and planetary health. United Nations.
- World Bank. (2023). Indonesia Solid Waste Management Program: Progress and Challenges.
- World Health Organization. (2023). Health Impacts of Open Waste Burning in Southeast Asia.
- World Bank & Ministry of Environment and Forestry RI. (2024). Urban Air Quality Management in Indonesia.
- Zhang, Y., Venkataratnam, K., & Wang, C. (2023). Kinetics and microbial dynamics of organic waste decomposition under controlled composting. *Bioresour. Technology*, 367, 129678.
- Zimmerman, A., & Bell, P. (2020). Reimagining STEM education through an ecological lens: Toward eco-STEM as a transformative framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(2), 1-24.



Lampiran 5 Angket Validasi Konten

ANGKET VALIDASI AHLI KONTEN E-MODUL BERBASIS STEM TERINTEGRASI PROJEK LINGKUNGAN

A. Identitas Validasi

Komposisi: Kelompok
 Nama Validasi: Dr. Pujiyanti, M.Pd
 Bidang Keahlian: Ahli Konten Ahli Media
 Alamat/Instansi: Dusun Liris
 Pendidikan Terakhir: S2
 Tanggal Pengisian: 15 / 01 / 2024

B. Petunjuk Pengisian

1. Diisi oleh Bapak/Ibu untuk memberikan penilaian terhadap konten E-Modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan yang telah dibuat sesuai dengan kriteria yang telah tertera dalam instruksi penelitian.
2. Berilah tanda centang (checkbox/√) pada kolom yang telah tersedia, dengan mengisi alternatif jawaban yang tersedia. Terdapat lima alternatif jawaban, yaitu:

| Skor | Keterangan |
|------|-------------------|
| 1 | Sangat Tidak Baik |
| 2 | Tidak Baik |
| 3 | Cukup Baik |
| 4 | Baik |
| 5 | Sangat Baik |

3. Apabila Bapak/Ibu merasa kurang sesuai atau tidak ada pilihan jawaban yang perlu ditambahkan, dimohon untuk menambahkan tanda sehingga dapat dilakukan review lebih lanjut lagi.
4. Apabila dimohon menambahkan atau pada kolom yang telah disediakan.
5. Apabila dimohon memberikan tanda centang (checkbox/√) terhadap hasil ahli penilaian penelitian terhadap pengembangan E-Modul ini.

C. Lembar Penilaian Ahli

| No | Aspek Penilaian | Indikator | Sub-Indikator | Skor | | | | |
|----|-----------------|--|---|------|---|---|---|---|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Kelayakan Isi | Kemudahan akses konten pembelajaran (CP) | Kemudahan akses materi pembelajaran lingkungan CP | | | | √ | |
| | | | Ketersediaan akses | | | | | |

| | | | maneri dan CP | | | | | | |
|---|--|-------------------------------|---|--|--|--|--|---|---|
| 2 | Aktasi Kuatir Dindih | Kategori konsep STEM | Kategori konsep minir temang pencapaian Kemampuan minir, teknologi, teknik, dan matematika | | | | | | ✓ |
| 3 | Kemampuan dengan Proyek Lingkungan | Relevansi aktivitas proyek | Kemampuan aktivitas proyek dengan masalah lingkungan nyata Kemungkinan awal dan praktik | | | | | ✓ | ✓ |
| 4 | Kepuasan Ponyajan Bilimasi | Sesuai ponyajan | Urutan nomor loga dan rumus Bilimasi mudah dipahami siswa SMA | | | | | ✓ | ✓ |
| 5 | Kualitas Ilustrasi & Media Pembelajaran | Relevansi gambar/diagram | Gambar mendukung pemahaman konsep | | | | | ✓ | ✓ |
| 6 | Keterlibatan Punya Dindih | Aktivitas belajar nyata | Adanya loga refleksi/evaluasi Keterlibatan dalam proses proyek | | | | | ✓ | ✓ |
| 7 | Kemampuan Perilaku & Interaksi Timbul | Evaluasi formatif | Variasi soal sesuai level kognitif Interaksi proyek jelas | | | | | ✓ | ✓ |
| 8 | Originalitas & Keberman- kanaan | Keberman- kanaan | Ida ada penemuan baru Keberman- kanaan | | | | | ✓ | ✓ |

D. Kriteria Penilaian

| Kriteria | Kategori |
|--------------------------------------|---|
| Keberhasilan E-Modul dalam Proses | Sangat layak digunakan tanpa revisi |
| | Layak digunakan dengan revisi kecil |
| | Cukup layak digunakan dengan revisi besar |
| | Belum layak digunakan |

E. Komentar dan Saran

Sudah dipindai & login ✓/Agustina

Revisi, 19 Januari 2020

Ny

Dr. Nurhuni, M.Pd

NP. 19011203017012128

ANGKET VALIDASI AHLI KONTEN E-MODUL BERBASIS STEM TERINTEGRASI PROJEK LINGKUNGAN

A. Identitas Validator

Komporen **Keterangan**
Nama Validator Hendra Dwi
Bidang Keahlian Ahli Konten Ahli Media
Jabatan/Fungsi Guru / Guru Mata Pelajaran
Pendidikan Terakhir SP
Tanggal Pengisian: 23 / 01 / 2024

B. Petunjuk Pengisian

1. Diisi oleh Bapak/Ibu untuk memberikan penilaian terhadap konten E-Modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan yang telah dibuat sesuai dengan lembar yang telah tertera dalam instrumen penilaian.
2. Berilah tanda centang (checkmark) pada kolom yang telah tersedia, dengan memilih alternatif jawaban yang tersedia. Terdapat lima alternatif jawaban, yaitu:

| Skor | Keterangan |
|------|-------------------|
| 1 | Sangat Tidak Baik |
| 2 | Tidak Baik |
| 3 | Cukup Baik |
| 4 | Baik |
| 5 | Sangat Baik |

3. Apabila Bapak/Ibu memiliki kurang atau lebih pendapat beberapa hal yang perlu diperbaiki, dimohon untuk memberikan tanda sehingga dapat dilakukan revisi lebih lanjut lagi.
4. Bapak/Ibu dimohon memberikan tanda pada kolom yang telah disediakan.
5. Bapak/Ibu dimohon memberikan tanda centang (checkmark) terhadap hasil akhir penilaian penilaian terhadap pengembangan E-Modul ini.

C. Lembar Penilaian Ahli

| No | Aspek Penilaian | Indikator | Sub-Indikator | Skor | | | | | |
|----|-----------------|---------------------------|--|------|---|---|---|---|---|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | Kelayakan Isi | Komunikasi dengan capaian | Kemampuan materi pemecahan lingkungan CP | | | | | | ✓ |

| | | pendidikan (CP) | Kemampuan antara materi dan CP | | | | | |
|---|--|----------------------------|--|--|--|--|--|---|
| 2 | Aksesibilitas Konten Digital | Kemampuan konsep STEM | Kemampuan konsep sains tentang pemecahan | | | | | ✓ |
| | | | Kemampuan sains, teknologi, sains, dan matematika | | | | | ✓ |
| 3 | Keterpaduan dengan Proyek Lingkungan | Relevansi aktivitas proyek | Kemampuan aktivitas proyek dengan masalah lingkungan nyata | | | | | ✓ |
| | | | Keterhubungan teori dan praktik | | | | | ✓ |
| 4 | Kepuasan Pengguna Informasi | Struktur program | Utama materi logis dan runtut | | | | | ✓ |
| | | | Dibaca mudah dipahami siswa SMA | | | | | ✓ |
| 5 | Kualitas Gambar & Media Pembelajaran | Relevansi gambar/diagram | Gambar mendukung pemahaman konsep | | | | | ✓ |
| 6 | Keterlibatan Peserta Didik | Aktivitas belajar siswa | Adanya tugas efektif/efisien | | | | | ✓ |
| | | | Keterlibatan dalam proses proyek | | | | | ✓ |
| 7 | Kemampuan Penilaian & Instrumen Evaluasi | Evaluasi formatif | Validasi soal sesuai level kognitif | | | | | ✓ |
| | | | Instrumen proyek jelas | | | | | ✓ |
| 8 | Orisinalitas & Kebaruan Konten | Kemampuan materi | Ide atau pendekatan baru | | | | | ✓ |
| | | | Kemampuan plagiarisme | | | | | ✓ |

D. Kriteria Penilaian

| Kriteria | Kategori |
|----------------------------------|---|
| Ketersediaan E-Modul secara umum | Sangat layak digunakan tanpa revisi |
| | Layak digunakan dengan revisi kecil |
| | Cukup Layak digunakan dengan revisi besar |
| | Belum layak digunakan |

V. Komentar dan Saran

Bengkala, Januari 2026



Herich M.P.A.

Lampiran 6 Angket Validasi Media



**ANGKET VALIDASI AHLI MEDIA E-MODUL BERBASIS STEM TERINTEGRASI
PRIMER LINGKUNGAN**

A. Identitas Validator

Komponen Keterangan
 Nama Validator Dr. Nurfitriani, M.Pd
 Bidang Keahlian AMK Kimia AM Media
 Jabatan/Fungsional Dosen LMB
 Pendidikan Terakhir S3
 Tanggal Pengisian 01/01/2016

B. Petunjuk Pengisian

1. Dimohon bagi/nya untuk memberikan penilaian terhadap produk E-Modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan yang telah dibuat sesuai dengan kriteria yang telah tercantum dalam instrumen penelitian.
2. Bertilah tanda centang () pada kolom yang telah tersedia, dengan memilih alternatif jawaban yang tersedia. Terlepas jika alternatif jawaban, yaitu:

| Skor | Keterangan |
|------|-------------------|
| 1 | Sangat Tidak Baik |
| 2 | Tidak Baik |
| 3 | Cukup Baik |
| 4 | Baik |
| 5 | Sangat Baik |

3. Apabila bagi/nya sudah terang sesuai atau terdapat beberapa hal yang perlu diperbaiki, dimohon untuk memberikan tanda sehingga dapat dilakukan revisi lebih lanjut lagi.
4. Bagi/nya dimohon memberikan saran pada halaman yang telah disediakan.
5. Bagi/nya dimohon memberikan tanda centang () terhadap hasil akhir penilaian penelitian terhadap pengembangan E-Modul ini.

C. Lembar Penilaian Ahli

| No | Aspek | Indikator | Skor | | | | |
|--------------------------|-------------------|--|------|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| A. Aspek Tampilan | | | | | | | |
| 1 | Konistensi Desain | Konistensi nama letak, font, dan warna warna di seluruh e-modul. | | | | | ✓ |
| 2 | Keterbacaan Teks | Penggunaan jenis, ukuran, dan warna font yang mudah dibaca. | | | | | ✓ |

| | | | | | | | | | | |
|--|------------------------------|---|--|--|--|--|--|--|--|---|
| 3 | Tata Letak (Layout) | Organisasi elemen visual (teks, gambar, video) yang selingkung dan tidak padat. | | | | | | | | ✓ |
| 4 | Kualitas Grafik | Kualitas gambar, ilustrasi, dan diagram yang jelas dan relevan dengan materi lingkungan. | | | | | | | | ✓ |
| 5 | Desain Antarmuka (Interface) | Tampilan sederhana, menarik, mudah digunakan, dan intuitif. | | | | | | | | ✓ |
| B Aspek Fungsional | | | | | | | | | | |
| 6 | Kebergunaan | Kemudahan berinteraksi atau melaksanakan fungsi sebagai berfungsinya dengan baik. | | | | | | | | ✓ |
| 7 | Interaktivitas | Fitur interaktif (teks, animasi, audio, skenario) berfungsinya optimal dan mendukung pembelajaran STEM. | | | | | | | | ✓ |
| 8 | Kompatibilitas | E-modul dapat diakses dengan baik di berbagai perangkat (komputer, tablet, smartphone). | | | | | | | | ✓ |
| 9 | Pemrosesan (Loading) | Waktu pemrosesan cepat dan efisien di dalamnya cepat dan efisien. | | | | | | | | ✓ |
| C Aspek Media & Integrasi Proyek Lingkungan | | | | | | | | | | |
| 10 | Pemanfaatan Media | Penggunaan media (video, audio, animasi) mendukung pembelajaran konsep STEM dan proyek lingkungan. | | | | | | | | ✓ |
| 11 | Relevansi Proyek Lingkungan | Media yang digunakan relevan untuk membekali kegiatan proyek nyata terkait isu lingkungan. | | | | | | | | ✓ |
| 12 | Kepuasan Interaksi Proyek | Interaksi virtual dalam proyek lingkungan dalam e-modul disajikan secara jelas. | | | | | | | | ✓ |

D. Kriteria Penilaian

| Kriteria | Kategori |
|--------------------------------|---|
| Kejelasan E-Modul secara umum: | Sangat layak digunakan tanpa revisi |
| | Layak digunakan dengan revisi kecil |
| | Cukup Layak digunakan dengan revisi besar |
| | Belum layak digunakan |

E. Komentar dan Saran

Kedah dipertahankan Indeks of Agrikultur

Bandaraya, 19 Januari 2020



Dr. Nurhidayah M.Ed
NIP. 1988101012017042128

**ANGKET VALIDASI AHLI MEDIA E-MODUL BERBASIS STEM TERINTEGRASI
PROJEK LINGKUNGAN**

A. Identitas Validator

Komponen Keterangan
 Nama Validator Dedy Purdita
 Bidang Keahlian Ahli Kurikulum Ahli Media
 Jabatan/Fungsional Guru (SMP N. 1) Kota Bengkulu
 Pendidikan Terakhir S2
 Tanggal Pengisian 09.01.2024

B. Petunjuk Pengisian

1. Dimohon kepada/nya untuk memperhatikan penilaian terhadap produk E-Modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan yang telah dibuat sesuai dengan kriteria yang telah tertera dalam uraian penelitian.
2. Berilah tanda centang (checkmark) pada kolom yang telah tersedia, dengan memilih alternatif jawaban yang sesuai. Terdapat lima alternatif jawaban, yaitu:

| Skor | Keterangan |
|------|-------------------|
| 1 | Sangat Tidak Baik |
| 2 | Tidak Baik |
| 3 | Cukup Baik |
| 4 | Baik |
| 5 | Sangat Baik |

3. Apabila kepada/nya memiliki kurang sesuai atau ketidak tercapaian hal yang perlu diperbaiki, dimohon untuk memberikan tanda sehingga dapat diklasifikasi ulang lebih lanjut lagi.
4. Kepada/nya dimohon memberikan sumbu pada halaman yang telah disediakan.
5. Apabila dimohon memberikan tanda centang (checkmark) terhadap hasil akhir penilaian penelitian terhadap pengembangan E-Modul ini.

C. Lembar Penilaian Ahli

| No | Aspek | Indikator | Skor | | | | |
|--------------------------|------------------|---|------|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| A. Aspek Tampilan | | | | | | | |
| 1 | Kemudahan Desain | Kemudahan tata letak, font, dan skema warna di seluruh e-modul. | | | | | ✓ |
| 2 | Kemudahan Foto | Penggunaan jenis, skema, dan warna font yang mudah dibaca. | | | | | ✓ |

| | | penelitian (CP) | Kemampuan siswa sesuai dan CP | | | | | |
|---|--|----------------------------|--|--|--|--|--|---|
| 2 | Akurasi Konten Ilmiah | Kemampuan konsep STEM | Kemampuan konsep sains tentang pecemuran | | | | | ✓ |
| | | | Kemampuan sains, teknologi, etika, dan matematika | | | | | ✓ |
| 3 | Ketepatan dengan Proyek Lingkungan | Relevansi aktivitas proyek | Kemampuan aktivitas proyek dengan masalah lingkungan nyata | | | | | ✓ |
| | | | Keterlibatan teori dan praktik | | | | | ✓ |
| 4 | Ketepatan Penyajian Informasi | Struktur penyajian | Urutan materi logis dan runtut | | | | | ✓ |
| | | | Bahasa mudah dipahami siswa SMA | | | | | ✓ |
| 5 | Kualitas Gambar & Media Pembelajaran | Relevansi gambar/diagram | Gambar mendukung pembelajaran konsep | | | | | ✓ |
| 6 | Ketelitian Perantara Dialek | Aktivitas belajar siswa | Adanya tigon efektif/eksperimental | | | | | ✓ |
| | | | Keterlibatan dalam proses proyek | | | | | ✓ |
| 7 | Ketepatan Pemilihan & Instrumen Evaluasi | Evaluasi formatif | Yasari soal sesuai level kognitif | | | | | ✓ |
| | | | Instrumen proyek-jelas | | | | | ✓ |
| 8 | Orisinalitas & Kebaruan Karya | Kebaruan materi | Ada atau pendekatan baru | | | | | ✓ |
| | | | Kebaruan plagiarisme | | | | | ✓ |


D. Kriteria Penilaian

| Kriteria | Kategori |
|------------------------------------|---|
| Kelengkapan E-Media sesuai standar | Sangat layak digunakan tanpa revisi |
| | Layak digunakan dengan revisi kecil |
| | Cukup Layak digunakan dengan revisi besar |
| | Belum layak digunakan |



E. Komentar dan Saran

Bengkala, Januari 2020


Rudy Soelwa

| | | | | | | | |
|---|------------------------------|---|--|--|--|--|--|
| 3 | Tata Letak (Layout) | Organisasi elemen visual (teks, gambar, video) yang seimbang dan tidak padat. | | | | | |
| 4 | Kemudahan | Kemudahan gambar, bunyian, dan diagram yang jelas dan relevan dengan materi lingkungan. | | | | | |
| 5 | Dasar Anatomis (Interface) | Tampilan antarmuka menarik, ramah pengguna, dan intuitif. | | | | | |
| B. Aspek Fungsional | | | | | | | |
| 6 | Navigasi | Kemudahan berpindah antar halaman/ruang (melalui navigasi berbasis dengan ikon) | | | | | |
| 7 | Interaktivitas | Fitur interaktif (teks, animasi, bunyi eksternal) berbasis optimal dan mendukung pembelajaran STEM. | | | | | |
| 8 | Kompatibilitas | E-modul dapat diakses dengan baik di berbagai perangkat (komputer, tablet, smartphone). | | | | | |
| 9 | Pemaman (Loading) | Waktu pemaman e-modul dan elemen di dalamnya cepat dan efisien. | | | | | |
| C. Aspek Media & Integrasi Proyek Lingkungan | | | | | | | |
| 10 | Penggunaan Media | Penggunaan media (video, audio, animasi) mendukung pembelajaran konsep STEM dan proyek lingkungan. | | | | | |
| 11 | Relevansi Proyek Lingkungan | Media yang digunakan relevan untuk mendukung kegiatan proyek nyata terkait isu lingkungan. | | | | | |
| 12 | Efektifitas Integrasi Proyek | Integrasi terkait tahapan proyek lingkungan dalam e-modul disajikan secara jelas. | | | | | |

D. Kriteria Penilaian

| Kriteria | Kategori |
|---------------------------------|---|
| Keefektifan E-Modul untuk siswa | Sangat layak digunakan tanpa revisi |
| | Layak digunakan dengan revisi kecil |
| | Cukup Layak digunakan dengan revisi besar |
| | Berharap layak digunakan |

E. Kesimpulan dan Saran

Bangaya, Januari 2016


Fauzan T. S.

Lampiran 7 Analisis Data Validasi

REKAPITULASI NILAI VALIDASI AHLI MATERI PENGAMBANGAN E-MODUL BERBASIS STEM TERINTEGRASI PROJEK LINGKUNGAN UNTUK MENSTIMULKASI BERPIKIR KRITIS DAN KREATIF SMA

| No | Nama Validator | Aspek yang dinilai | | | | | | | | | | | | | | | Jumlah | Nilai (%) | Kriteria |
|------------------|--------------------|--------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|--------|-----------|--------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | | | |
| 1 | Dr. Nopriyem, M.Pd | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 3 | 66 | 88% | Sangat valid |
| 2 | Herlita, M.Pd | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 72 | 96% | Sangat valid |
| Total | | | | | | | | | | | | | | | | | 138 | 92% | Sangat valid |
| Rata-rata | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

REKAVITULASI NILAI VALIDASI AHLI MEDIA PENGAMBANGAN E-MODUL BERBASIS STEM TERINTEGRASI PROJEK LINGKUNGAN UNTUK MENSTIMULKASI BERPIKIR KRITIS DAN KREATIF SMA

| No | Nama Validator | Aspek yang dinilai | | | | | | | | | | | Jumlah | Nilai (%) | Kriteria |
|------------------|---------------------|--------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|--------|-----------|---------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | | |
| 1 | Dr. Nopriyem, M.Pd | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 57 | 95% | Sangat Valid |
| 2 | Esterlin, M.Pd | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 60 | 100% | Sangat Valid |
| 3 | Dibdy Puolosa, M.Pd | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 59 | 98% | Sangat Valid |
| Total | | | | | | | | | | | | | 176 | | Sangat Valid |
| Rata-rata | | | | | | | | | | | | | 98% | | |

Lampiran 8 Angket Respon Siswa

**ANGKET RESPON PESERTA DIDIK MENGGUNAKAN E-MODUL BERBASIS
STEM TERINTEGRASI PROJEK LINGKUNGAN**

Mata Pelajaran : Biologi
Materi : Pencemaran Lingkungan
Jenjang : SMA
Responden : Peserta Didik

A. Identitas Peserta Didik

Kelas : _____ Keterangan : _____
Nama Peserta Didik : Eka Nurmah
Kelas : X-11
Tanggal Pengisian : 12 / 01 / 2024

B. Petunjuk Pengisian

Angket ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kepuasan e-modul berbasis STEM yang terintegrasi dengan proyek lingkungan pada materi pencemaran lingkungan.

Berilah tanda (✓) pada salah satu pilihan jawaban yang paling sesuai dengan pengalaman Anda setelah menggunakan e-modul ini.

Skala penilaian:

4 = Sangat Sesuai (SS)

3 = Sesuai (S)

2 = Tidak Sesuai (TS)

1 = Sangat Tidak Sesuai (STS)

C. Lembar Penilaian

| No | Aspek Penilaian | Pernyataan | Skor | | | |
|----|----------------------------------|--|------|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Kemudahan Penggunaan (Usability) | E-modul mudah diakses melalui perangkat yang saya gunakan (HP/Laptop). | | | ✓ | |
| | | Perangkat penggunaan e-modul dimilikinya dengan jelas dan mudah dipahami. | | | ✓ | |
| | | Navigasi (menu, tombol, screen) pada e-modul mudah digunakan. | | | ✓ | |
| | | Saya tidak mengalami kesulitan ketika saat menggunakan e-modul. | | | | ✓ |
| 2 | Kedalaman Materi dan Penjelasan | Materi pencemaran lingkungan diajarkan secara komprehensif dan menarik. | | | | ✓ |
| | | Hal-hal yang dipaparkan dalam e-modul mudah dipahami. | | | | ✓ |
| | | Contoh dan ilustrasi dalam e-modul membantu saya memahami materi. | | ✓ | | |
| | | Keterkaitan konsep sains, teknologi, etika, dan matematika (STEM) dijelaskan dengan jelas. | | | | ✓ |

| | | | | | | |
|---|--------------------------------------|---|--|--|--|---|
| 3 | Ketepatan Proyek Lingkungan | Proyek lingkungan yang dimulai sebelum dengan mulai pemecahan lingkungan. | | | | ✓ |
| | | Langkah-langkah pelaksanaan proyek dijelaskan dengan jelas. | | | | ✓ |
| | | Proyek mendukung saya untuk mengatasi permasalahan lingkungan di sekitar. | | | | ✓ |
| | | Proyek dalam e-modul dapat dikembangkan dengan alat dan bahan yang mudah diperoleh. | | | | ✓ |
| 4 | Kemudahan dan Motivasi Belajar | Tampilan e-modul menarik dan tidak membosankan. | | | | ✓ |
| | | E-modul membuat saya lebih tertarik mengetahui materi pemecahan lingkungan. | | | | ✓ |
| | | Aktivitas dalam e-modul mendukung saya untuk belajar secara mandiri. | | | | ✓ |
| | | E-modul meningkatkan motivasi saya untuk menjaga lingkungan. | | | | ✓ |
| 3 | Kepraktisan dalam Pembelajaran | E-modul dapat digunakan kapan saja dan di mana saja. | | | | ✓ |
| | | Waktu pembelajaran menjadi lebih efisien dengan menggunakan e-modul ini. | | | | ✓ |
| | | E-modul membantu saya memahami materi tanpa harus selalu dituntun guru. | | | | ✓ |
| | | Selain pembelajaran, e-modul ini dapat digunakan dalam pembelajaran lainnya. | | | | ✓ |

B. Saran dan Masukan

Bojonegara, Februari 2024



**ANGKET RESPON PESERTA DIDIK MENGGUNAKAN E-MODUL BERBASIS
STEM TERINTEGRASI PROJEK LINGKUNGAN**

Mata Pelajaran : Biologi
Materi : Pencemaran Lingkungan
Jenjang : SMA
Responden : Peserta Didik

A. Identitas Peserta Didik

Kelas : Kelas
Nama Peserta Didik : Meja Elvina
Kelas : X K
Tanggal Pengisian : 05 / 02 / 2016

B. Petunjuk Pengisian

Angket ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kepraktisan e-modul berbasis STEM yang terintegrasi dengan proyek lingkungan pada materi pencemaran lingkungan.

Berilah tanda (✓) pada salah satu pilihan jawaban yang paling sesuai dengan pengalaman Anda setelah menggunakan e-modul ini.

Skala penilaian:

4 = Sangat Sesuai (SS)

3 = Sesuai (S)

2 = Tidak Sesuai (TS)

1 = Sangat Tidak Sesuai (STS)

C. Lembar Penilaian

| No | Aspek Penilaian | Pernyataan | Skor | | | |
|----|----------------------------------|--|------|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Kemudahan Penggunaan (Usability) | E-modul mudah diakses melalui perangkat yang saya gunakan (HP/Laptop). | | | | ✓ |
| | | Petunjuk penggunaan e-modul disajikan dengan jelas dan mudah dipahami. | | | ✓ | |
| | | Perintah menu, tombol, tautan pada e-modul mudah digunakan. | | | | ✓ |
| | | Saya tidak mengalami kesulitan when saat menggunakan e-modul. | | | | ✓ |
| 2 | Ejelaskan Materi dan Penjelasan | Materi pencemaran lingkungan disajikan secara sistematis dan runtut. | | | | ✓ |
| | | Gambar yang digunakan dalam e-modul mudah dipahami. | | | | ✓ |
| | | Contoh dan ilustrasi dalam e-modul membantu saya memahami materi. | | | | ✓ |
| | | Kemudahan konsep alam, lingkungan, teknik, dan matematika (STEM) disajikan dengan jelas. | | | | ✓ |

| | | | | | | |
|---|-----------------------------------|---|--|--|---|---|
| 3 | Kemudahan Proyek Lingkungan | Proyek lingkungan yang diajarkan relevan dengan materi pembelajaran lingkungan. | | | ✓ | |
| | | Langkah-langkah pelaksanaan proyek dilakukan dengan jelas. | | | ✓ | |
| | | Proyek mendorong siswa untuk mengamati permasalahan lingkungan di sekitar. | | | | ✓ |
| | | Proyek dalam e-modul dapat dilaksanakan dengan alat dan bahan yang mudah diperoleh. | | | | ✓ |
| 4 | Kemudahan dan Motivasi Belajar | Langkah e-modul menarik dan tidak membosankan. | | | | ✓ |
| | | E-modul membuat siswa lebih tertarik mempelajari materi pembelajaran lingkungan. | | | | ✓ |
| | | Aktifitas dalam e-modul mendorong siswa untuk belajar secara mandiri. | | | | ✓ |
| | | E-modul meningkatkan motivasi siswa untuk belajar lingkungan. | | | | ✓ |
| 5 | Efektifitas dalam Pembelajaran | E-modul dapat digunakan kapan saja dan di mana saja. | | | | ✓ |
| | | Waktu pembelajaran menjadi lebih efisien dengan menggunakan e-modul ini. | | | | ✓ |
| | | E-modul membantu siswa memahami materi yang harus selalu dihindari saat. | | | | ✓ |
| | | Secara keseluruhan, e-modul ini praktis digunakan dalam pembelajaran Biologi. | | | | ✓ |

D. Saran dan Masukan
 E-madulnya sangat mudah akses dan mudah dipahami

Bengkas, Februari 2024



Mela Elviana

**ANGKET RESPON PESERTA DIDIK MENGGUNAKAN E-MODUL BERBASIS
STEM TERINTEGRASI PROJEK LINGKUNGAN**

Mata Pelajaran : Biologi
Materi : Persebaran Lingkungan
Jenjang : SMA
Responden : Peserta Didik

A. Identifikasi Peserta Didik

Kelas : _____ Keterangan : _____
Nama Peserta Didik : VIENITA INDIRA SARIT
Kelas : X10
Tanggal Pengisian : 19.02.2024

B. Petunjuk Pengisian

Angket ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kepuasan e-modul berbasis STEM yang terintegrasi dengan proyek lingkungan pada materi persebaran lingkungan.

Berilah tanda (✓) pada salah satu pilihan jawaban yang paling sesuai dengan pengalaman Anda setelah menggunakan e-modul ini.

Skala penilaian:

- 4 = Sangat Sesuai (SS)
3 = Sesuai (S)
2 = Tidak Sesuai (TS)
1 = Sangat Tidak Sesuai (STS)

C. Lembar Penilaian

| No | Aspek Penilaian | Pernyataan | Skor | | | |
|----|----------------------------------|---|------|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Kemudahan Penggunaan (Usability) | E-modul mudah diakses melalui perangkat yang saya gunakan (HP/Smart). | | | | ✓ |
| | | Petunjuk penggunaan e-modul disajikan dengan jelas dan mudah dipahami. | | | | ✓ |
| | | Navigasi (menu, tombol, warna) pada e-modul mudah digunakan. | | | | ✓ |
| | | Saya tidak mengalami kesulitan dalam saat menggunakan e-modul. | | | | ✓ |
| 2 | Kejelasan Materi dan Penyajian | Materi persebaran lingkungan disajikan secara menarik dan nyata. | | | | ✓ |
| | | Bahasa yang digunakan dalam e-modul mudah dipahami. | | | | ✓ |
| | | Contoh dan ilustrasi dalam e-modul membantu saya memahami materi. | | | | ✓ |
| | | Kemudahan konsep alam, teknologi, etika, dan masyarakat (STEM) diterapkan dengan jelas. | | ✓ | | |

| | | | | | | |
|---|-----------------------------------|---|--|--|---|---|
| 3 | Kejelasan Proyek Lingkungan | Proyek lingkungan yang dijelaskan relevan dengan materi pembelajaran lingkungan. | | | ✓ | |
| | | Langkah-langkah pelaksanaan proyek dijelaskan dengan jelas. | | | | ✓ |
| | | Proyek mendukung siswa untuk mengoptimalkan peranannya lingkungan di sekitar. | | | ✓ | |
| | | Proyek dalam e-modul dapat dilaksanakan dengan alat dan bahan yang mudah diperoleh. | | | | ✓ |
| 4 | Kemudahan dan Motivasi Belajar | Tampilan e-modul menarik dan tidak membosankan. | | | | ✓ |
| | | E-modul membuat siswa lebih tertarik mempelajari materi pembelajaran lingkungan. | | | | ✓ |
| | | Aktivitas dalam e-modul mendukung siswa untuk belajar secara mandiri. | | | | ✓ |
| | | E-modul meningkatkan motivasi siswa untuk belajar lingkungan. | | | | ✓ |
| 5 | Kepraktisan dalam Pembelajaran | E-modul dapat digunakan kapan saja dan di mana saja. | | | | ✓ |
| | | Waktu pembelajaran menjadi lebih efisien dengan menggunakan e-modul ini. | | | | ✓ |
| | | E-modul membantu siswa memahami materi yang harus dipelajari guru. | | | | ✓ |
| | | Secara keseluruhan, e-modul ini praktis digunakan dalam pembelajaran Biologi. | | | | ✓ |

D. Saran dan Masukan

Saya jadi sangat tertarik mengetahui manfaat limbah organik. Selain itu, semoga dibuat menjadi eco-enzyme

Bengkali, Februari 2026


Yusita Rizki Septi

Lampiran 9 Angket Respon Guru

**ANGKET UM KEPRAKTIKAN GURU
E-MODUL BERBASIS STEM TERINTEGRASI PROYEK LINGKUNGAN**

Mata Pelajaran : Biologi
Materi : Persepsi Lingkungan
Jenjang : SMA
Responden : Guru SMA

A. Identitas

Kategori : Kotabogor
Nama : Muhammad Syarif
Jabatan/Jumlah : Guru
Pendidikan Terakhir : S1
Tanggal Pengisian : 15 / 02 / 2024

B. Pemasuk Pengisian

Angket ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kepraktisan e-modul berbasis STEM yang terintegrasi dengan proyek lingkungan pada materi persepsi lingkungan.

Berilah tanda (✓) pada salah satu pilihan jawaban yang paling sesuai dengan pengalaman Anda setelah menggunakan e-modul ini.

Skala penilaian:

4 = Sangat Sesuai (SS)

3 = Sesuai (S)

2 = Tidak Sesuai (TS)

1 = Sangat Tidak Sesuai (STS)

C. Lembar Penilaian

| No | Aspek Penilaian | Pernyataan | Skor | | | |
|----|---|--|------|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Kemudahan dengan Kerjasama dan Pembelajaran | E-modul sesuai dengan capaian pembelajaran/kompetensi pada materi persepsi lingkungan SMA. | | | | ✓ |
| | | Tujuan pembelajaran dalam e-modul dirumuskan dengan jelas. | | | | ✓ |
| | | Materi dalam e-modul mendukung pencapaian pembelajaran berbasis proyek. | | | | ✓ |
| | | Integrasi pengetahuan STEM dalam e-modul sesuai dengan karakteristik materi. | | | | ✓ |
| 2 | Kemudahan Penggunaan oleh Guru | E-modul mudah digunakan sebagai bahan ajar dalam pembelajaran di kelas. | | | | ✓ |
| | | Pemasukan pengisian e-modul bagi guru disajikan dengan jelas. | | | | ✓ |
| | | Guru tidak memerlukan perintah khusus. | | | | ✓ |

| | | | | | | | |
|---|---|--|--|--|--|--|---|
| | | untuk menggunakan e-modul ini. | | | | | |
| | | E-modul sudah dipabukan dengan metode pembelajaran yang bisa digunakan guru. | | | | | ✓ |
| 3 | Kejelasan Materi dan Aktivitas Pembelajaran | Materi perincian dan lingkungan dijabarkan secara sistematis dan mudah dipahami peserta didik. | | | | | ✓ |
| | | Aktivitas pembelajaran dalam e-modul mendukung keterlibatan aktif peserta didik. | | | | | ✓ |
| | | Tugas dan latihan dalam e-modul sesuai dengan tingkat kemampuan peserta didik SMA. | | | | | ✓ |
| | | Proyek lingkungan dalam e-modul membantu peserta didik mengaitkan materi dengan masalah nyata. | | | | | ✓ |
| 4 | Kepastian Pelaksanaan Proyek Lingkungan | Langkah-langkah pelaksanaan proyek dijabarkan dengan jelas dan mudah diikuti. | | | | | ✓ |
| | | Alat dan bahan yang diperlukan dalam proyek sudah dijabarkan di lingkungan sekolah. | | | | | ✓ |
| | | Waktu pelaksanaan proyek sesuai dengan standar waktu pembelajaran. | | | | | ✓ |
| | | Proyek lingkungan dalam e-modul memungkinkan penerapan pembelajaran kontekstual. | | | | | ✓ |
| 5 | Efektifitas dan Manfaat dalam Pembelajaran | Penggunaan e-modul membantu guru dalam kegiatan pembelajaran. | | | | | ✓ |
| | | E-modul menunjang kompetensi pada sumber belajar lain. | | | | | ✓ |
| | | E-modul membantu meningkatkan pemahaman peserta didik melalui materi pokok dan lingkungan. | | | | | ✓ |
| | | Secara keseluruhan, e-modul ini sudah digunakan dalam pembelajaran Biologi SMA. | | | | | ✓ |

B. Saran dan Masukan

Bengkulu, Februari 2024



**ANGKET Uji KEPRAKTISAN GURU
E-MODUL BERBASIS STEM TERINTEGRASI PROJEK LINGKUNGAN**

Mata Pelajaran : Biologi
Materi : Perencanaan Lingkungan
Jenjang : SMA
Responden : Guru SMA

A. Identitas

Keterangan

Nama : Hani Agustia
Jalan/Instansi : SMA
Pendidikan Terakhir : S1
Tanggal Pengisian : 11 / 02 / 2024

B. Petunjuk Pengisian

Angket ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kepraktisan e-modul berbasis STEM yang terintegrasi dengan proyek lingkungan pada materi perencanaan lingkungan.

Berilah tanda (✓) pada salah satu pilihan jawaban yang paling sesuai dengan pengalaman Anda setelah menggunakan e-modul ini.

Skala penilaian:

4 = Sangat Sesuai (SS)

3 = Sesuai (S)

2 = Tidak Sesuai (TS)

1 = Sangat Tidak Sesuai (STS)

C. Lembar Penilaian

| No | Aspek Penilaian | Pernyataan | Skor | | | |
|----|---|--|------|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Kemampuan dengan Keterampilan dan Pengetahuan | E-modul sesuai dengan tujuan pembelajaran/kompetensi pada materi perencanaan lingkungan SMA. | | | | ✓ |
| | | Tujuan pembelajaran dalam e-modul dirumuskan dengan jelas. | | | | ✓ |
| | | Materi dalam e-modul mendukung pencapaian pembelajaran berbasis proyek. | | | | ✓ |
| | | Integrasi pendekatan STEM dalam e-modul sesuai dengan karakteristik materi. | | | | ✓ |
| 2 | Kemudahan Penggunaan oleh Guru | E-modul mudah digunakan sebagai bahan ajar dalam pembelajaran di kelas. | | | | ✓ |
| | | Petunjuk penggunaan e-modul bagi guru disajikan dengan jelas. | | | ✓ | |
| | | Guru tidak memerlukan pelatihan khusus | | | | ✓ |

| | | | | | | |
|---|---|--|--|--|---|---|
| | | untuk menggunakan e-modul ini. | | | | ✓ |
| | | E-modul sudah dipelajari dengan metode pembelajaran yang biasa digunakan guru. | | | | ✓ |
| 3 | Kelengkapan Materi dan Aktivitas Pembelajaran | Materi pembelajaran lingkungan disajikan secara sistematis dan mudah dipahami peserta didik. | | | ✓ | |
| | | Aktivitas pembelajaran dalam e-modul mendukung keterlibatan aktif peserta didik. | | | | ✓ |
| | | Tugas dan latihan dalam e-modul sesuai dengan tingkat kemampuan peserta didik SMA. | | | | ✓ |
| | | Proyek lingkungan dalam e-modul membantu peserta didik mengaitkan materi dengan masalah nyata. | | | | ✓ |
| 4 | Kepertahanan Pelaksanaan Proyek Lingkungan | Langkah-langkah pelaksanaan proyek dijelaskan dengan jelas dan mudah diikuti. | | | | ✓ |
| | | Ara dan bahan yang diperlukan dalam proyek mudah diperoleh di lingkungan sekitar. | | | | ✓ |
| | | Waktu pelaksanaan proyek sesuai dengan waktu pembelajaran. | | | | ✓ |
| | | Proyek lingkungan dalam e-modul memungkinkan penerapan pembelajaran kontekstual. | | | | ✓ |
| 5 | Efisiensi dan Manfaat dalam Pembelajaran | Penggunaan e-modul membantu guru dalam mengelola pembelajaran. | | | | ✓ |
| | | E-modul mengasah kemampuan guru pada sumber belajar lain. | | | ✓ | |
| | | E-modul membantu meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap materi penerapan lingkungan. | | | | ✓ |
| | | Sebelum berakhir, e-modul ini praktis digunakan dalam pembelajaran Biologi SMA. | | | | ✓ |

D. Saran dan Masukan

Singaja, Februari 2025



**ANGKET UJI KEPRAKTIKAN GURU
E-MODUL BERBASIS STEM TERINTEGRASI PROJEK LINGKUNGAN**

Mata Pelajaran : Biologi
Materi : Perseman Lingkungan
Jenjang : SMA
Responden : Guru SMA

A. Identitas

Komponen : Kecamatan
Nama : Lda Fitriani, S.Pd
Jabatan/Fungsi : Guru
Pendidikan Terakhir : Si
Tanggal Pengisian : 13 / 03 / 2025

B. Deskripsi Pengisian

Angket ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kepraktisan e-modul berbasis STEM yang terintegrasi dengan proyek lingkungan pada materi perseman lingkungan.

Berilah tanda (✓) pada setiap satu pilihan jawaban yang paling sesuai dengan pengalaman Anda untuk menggunakan e-modul ini.

Skala penilaian:

4 = Sangat Sesuai (SS)

3 = Sesuai (S)

2 = Tidak Sesuai (TS)

1 = Sangat Tidak Sesuai (STS)

C. Lembar Penilaian

| No | Aspek Penilaian | Pernyataan | Skor | | | |
|----|--|---|------|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Kejelasan dan Keragaman dan Perkelengkapan | E-modul sesuai dengan tujuan pembelajaran/kegiatan pada materi perseman lingkungan SMA. | | | | ✓ |
| | | Tipe dan pembelajaran dalam e-modul disampaikan dengan jelas. | | | | ✓ |
| | | Materi dalam e-modul mendukung penerapan pembelajaran berbasis proyek. | | | ✓ | |
| | | Integrasi praktiknya STEM dalam e-modul sesuai dengan karakteristik materi. | | | | ✓ |
| 2 | Kemudahan Penggunaan oleh Guru | E-modul mudah digunakan sebagai bahan ajar dalam pembelajaran di kelas. | | | | ✓ |
| | | Penyajian penggunaan e-modul bagi guru disajikan dengan jelas. | | | ✓ | |

| | | | | | | |
|---|---|--|--|--|---|---|
| | | Guru tidak membatasi pelajaran khusus untuk menggunakan e-modul ini. | | | | ✓ |
| | | E-modul sudah dipelajari dengan metode pembelajaran yang biasa digunakan guru. | | | | ✓ |
| 3 | Kejelasan Materi dan Aktivitas Pembelajaran | Materi pembelajaran lingkungan disajikan secara sistematis dan mudah dipahami peserta didik. | | | | ✓ |
| | | Aktivitas pembelajaran dalam e-modul meningkatkan keterlibatan aktif peserta didik. | | | | ✓ |
| | | Tugas dan latihan dalam e-modul sesuai dengan tingkat kemampuan peserta didik SMA. | | | | ✓ |
| | | Proyek lingkungan dalam e-modul membantu peserta didik tanggapian materi dengan masalah nyata. | | | | ✓ |
| 4 | Kepraktisan Pelaksanaan Proyek Lingkungan | Langkah-langkah pelaksanaan proyek dijelaskan dengan jelas dan mudah diikuti. | | | ✓ | |
| | | Aler dan bahan yang diperlukan dalam proyek mudah diperoleh di lingkungan sekitar. | | | ✓ | |
| | | Waktu pelaksanaan proyek sesuai dengan alokasi waktu pembelajaran. | | | | ✓ |
| | | Proyek lingkungan dalam e-modul meningkatkan semangat pembelajaran kembali. | | | | ✓ |
| 5 | Efisiensi dan Manfaat dalam Pembelajaran | Penggunaan e-modul membantu guru dalam mengelola pembelajaran. | | | | ✓ |
| | | E-modul mengurangi ketergantungan pada sumber belajar lain. | | | | ✓ |
| | | E-modul membantu meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap materi pembelajaran lingkungan. | | | | ✓ |
| | | Secara keseluruhan, e-modul ini sudah digunakan dalam pembelajaran Biologi SMA. | | | | ✓ |

D. Saran dan Masukan

Bojonegara, Februari 2024


Lela Fitriani, S.Pd

Lampiran 10 Rekapitulasi Respon Siswa

**REKAPITULASI PENILAIAN KEPERAKTISAN
SISWA UJI COBA TERBATAS**

| No | Nama Siswa | Aspek yang dinilai | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Jumlah | Nilai (%) | Kriteria | |
|----|-------------------------|--------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|-----------|----------|----------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | | | | 20 |
| 1 | Ade Syafiq | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 77 | 96% | Sangat Praktis |
| 2 | Aurelia Putri Rahmadani | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 76 | 95% | Sangat Praktis |
| 3 | Fara Talita Afrifah | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 78 | 98% | Sangat Praktis |
| 4 | Kheila Novha Putri | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 78 | 98% | Sangat Praktis |
| 5 | M. Sergio Al Rizki | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 78 | 98% | Sangat Praktis |
| 6 | Rizki Abillah | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 80 | 100% | Sangat Praktis |
| 7 | Ahmad Devilla | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 78 | 98% | Sangat Praktis |
| 8 | Balqis Medina Anisa | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 76 | 95% | Sangat Praktis |
| 9 | Gea Nadia Pahaz | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 77 | 96% | Sangat Praktis |
| 10 | Michael Rafiq Al-Fajar | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 78 | 98% | Sangat Praktis |
| 11 | Nafine Pratama Vintre | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 78 | 98% | Sangat Praktis |
| 12 | Sandy Dwi Anugrah | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 78 | 98% | Sangat Praktis |
| 13 | Aisyah Octafani | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 75 | 94% | Sangat Praktis |
| 14 | Citra Athallah Ssima | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 78 | 98% | Sangat Praktis |
| 15 | Gusta Yulha | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 78 | 98% | Sangat Praktis |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|------|----------------|
| 16 | M. Achya Marwan | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 77 | 96% | Sangat Praktis |
| 17 | Nanda Keyra Praveary | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 80 | 100% | Sangat Praktis |
| 18 | Tri Handoyo | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 79 | 99% | Sangat Praktis |
| 19 | Alifah Izzannisa R. | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 77 | 96% | Sangat Praktis |
| 20 | Ehea Za Solentia | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 80 | 100% | Sangat Praktis |
| 21 | Brahim Movic | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 74 | 93% | Sangat Praktis |
| 22 | M. Daffa Al Furqan | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 79 | 99% | Sangat Praktis |
| 23 | Nestifah Humaira Asmita | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 76 | 95% | Sangat Praktis |
| 24 | Niseta Indah Sekar N | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 77 | 96% | Sangat Praktis |
| 25 | Annisa Zamrani Qalby | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 75 | 94% | Sangat Praktis |
| 26 | Diri Albul Setiawan | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 79 | 99% | Sangat Praktis |
| 27 | Ihan Putri Prama | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 80 | 100% | Sangat Praktis |
| 28 | M.Naufal Radhica | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 78 | 98% | Sangat Praktis |
| 29 | Rana Anika | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 77 | 96% | Sangat Praktis |
| 30 | Yunika Putri Lestari | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 79 | 99% | Sangat Praktis |
| 31 | Zlita Tri Ramadisa F | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 79 | 99% | Sangat Praktis |
| 32 | Syifa Tasyadiah Sofiri | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 77 | 96% | Sangat Praktis |
| 33 | Faisal Noka Abiyu P | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 77 | 96% | Sangat Praktis |
| 34 | Keysha Love Dewantika | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 79 | 99% | Sangat Praktis |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-----|----------------|
| 35 | M.Rifho Zulita P | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 77 | 96% | Sangat Praktis |
| 36 | Reynal Muhammad Gusti | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 71 | 89% | Sangat Praktis |
| Total | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rata-rata | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Total Skor Keseluruhan = 1782

Persentase Keseluruhan = $(1782 \div 1880) \times 100\% = 94\%$

Kriteria Umum = Sangat Praktis

REKAPITULASI NILAI ANKET KEPRAKTISAN RESPON SISWA KELAS UJI COBA LUAS

| No | Nama Siswa | Aspek yang dinilai | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Jumlah | Nilai (%) | Kriteria |
|----|-------------------------|--------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|-----------|----------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | | | |
| 1 | Qanita Fitri Rahmadani | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 77 | 96% | Sangat Praktis |
| 2 | Rivuldi Chesar Hutauruk | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 76 | 95% | Sangat Praktis |
| 3 | Sarah Nurrahma | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 76 | 95% | Sangat Praktis |
| 4 | Sahin Wicandari | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 73 | 91% | Sangat Praktis |
| 5 | Sri Martia | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 79 | 99% | Sangat Praktis |
| 6 | Channika Putri Howardi | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 76 | 95% | Sangat Praktis |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-----|----------------|
| 7 | Fathma Masduffira | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 77 | 96% | Sangat Praktis |
| 8 | Key Bin | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 75 | 94% | Sangat Praktis |
| 9 | Nadhira Syarifah Jazsani | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 75 | 94% | Sangat Praktis |
| 10 | Keyral Aqbar Ridwan | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 76 | 95% | Sangat Praktis |
| 11 | Theresia Ningsiolan | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 74 | 93% | Sangat Praktis |
| 12 | Ferial Adi Putra | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 76 | 95% | Sangat Praktis |
| 13 | Kevin Pratama | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 78 | 98% | Sangat Praktis |
| 14 | M. Zikri | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 74 | 93% | Sangat Praktis |
| 15 | Tintu Dwi Tasari | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 76 | 95% | Sangat Praktis |
| 16 | Quesayah Yng Dynanti | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 67 | 84% | Praktis |
| 17 | Fair Alberto Verwin P | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 75 | 94% | Sangat Praktis |
| 18 | Jessica Montara Salia | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 75 | 94% | Sangat Praktis |
| 19 | Mata Epiano | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 72 | 90% | Sangat Praktis |
| 20 | Queen Tara | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 78 | 98% | Sangat Praktis |
| 21 | Maja Falentina M | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 65 | 81% | Praktis |
| 22 | Aquila Melramisa Endikat | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 75 | 94% | Sangat Praktis |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|------|----------------|
| 23 | Isa Bella | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 77 | 96% | Sangat Praktis |
| 24 | Meisya Putri | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 76 | 93% | Sangat Praktis |
| 25 | Qury Marysa | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 70 | 88% | Sangat Praktis |
| 26 | M Dzaki Mahfuzrahjab | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 80 | 100% | Sangat Praktis |
| 27 | Andre Arhanus Putra | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 70 | 88% | Sangat Praktis |
| 28 | Gian Pradana Putra | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 74 | 93% | Sangat Praktis |
| 29 | Kirana Ayudia Mufidah | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 74 | 93% | Sangat Praktis |
| 30 | Rido Kristian Sinaga | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 71 | 89% | Sangat Praktis |
| 31 | Ninda Aquila Mahrussa | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 67 | 84% | Praktis |
| 32 | Ahmad Arsha Nur R. | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 77 | 96% | Sangat Praktis |
| 33 | Fatih Alfarazi | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 80 | 100% | Sangat Praktis |
| 34 | Khofidhi Gentiang Aldrin | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 74 | 93% | Sangat Praktis |
| 35 | Nanda Ayu Ann | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 66 | 83% | Praktis |
| 37 | Aiffan Dwi Putra | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 67 | 84% | Praktis |
| 38 | Durga Alby Hutamu | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 69 | 86% | Sangat Praktis |
| 39 | Farel Putra | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 73 | 91% | Sangat Praktis |
| 40 | Keyla Asyfa | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 74 | 93% | Sangat Praktis |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|------|----------------|
| 41 | Mutiara Nul Fadhilah | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 76 | 95% | Sangat Praktis |
| 42 | Shangrah | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 75 | 94% | Sangat Praktis |
| 43 | Alqan Zacky | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 67 | 84% | Praktis |
| 44 | Citra Rahmadani | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 77 | 96% | Sangat Praktis |
| 45 | Syafira | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 71 | 89% | Sangat Praktis |
| 46 | Fani Rahma | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 72 | 90% | Sangat Praktis |
| 47 | Naomi Gracia | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 80 | 100% | Sangat Praktis |
| 48 | Arina Suci R. | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 77 | 96% | Sangat Praktis |
| 49 | Dora Julianti | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 76 | 95% | Sangat Praktis |
| 50 | Ferdinan | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 76 | 95% | Sangat Praktis |
| 51 | M. Amara | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 73 | 91% | Sangat Praktis |
| 52 | Nurul Wafa | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 79 | 99% | Sangat Praktis |
| 53 | Aryaguna Pandega | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 76 | 95% | Sangat Praktis |
| 54 | Erfina Nurbasid | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 77 | 96% | Sangat Praktis |
| 55 | Haskell Zivenu | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 75 | 94% | Sangat Praktis |
| 56 | M. Fethian Akber | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 75 | 94% | Sangat Praktis |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-----|----------------|--|
| 57 | Rahma Nurulima | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 76 | 95% | Sangat Praktis | |
| 58 | Azka Auraini | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 74 | 93% | Sangat Praktis | |
| 59 | Eyenezi | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 76 | 95% | Sangat Praktis | |
| 60 | Humaira | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 78 | 98% | Sangat Praktis | |
| 61 | M. Nirel | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 74 | 93% | Sangat Praktis | |
| 62 | Ramegza | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 76 | 95% | Sangat Praktis | |
| 63 | Zahra | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 67 | 84% | Praktis | |
| 64 | Fahri Adhrya | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 75 | 94% | Sangat Praktis | |
| 65 | Jela Lenzan | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 75 | 94% | Sangat Praktis | |
| 66 | M. Wisni | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 72 | 90% | Sangat Praktis | |
| 67 | Reynaida | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 78 | 98% | Sangat Praktis | |
| 68 | M. Fadhil Inrika | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 65 | 81% | Praktis | |
| Total | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kata-rata | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Total Skor Keseluruhan = 5055

Persentase Keseluruhan = $(5055 \div 5440) \times 100\% = 93\%$

Kriteria Ummu = Sangat Praktis

Lampiran 11 Rekapitulasi Respon Guru

REKAPITULASI NILAI ANGKET KEPRAKTISAN RESPON GURU UJI TERBATAS

| No | Nama Siswa | Aspek yang dinilai | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Jumlah | Nilai (%) | Kriteria |
|-----------|---------------------|--------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|-----------|----------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | | | |
| 1 | Lola Febriani, S.Pd | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 77 | 96% | Sangat Praktis |
| 2 | Nurhaini, S.Pd | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 76 | 95% | Sangat Praktis |
| Total | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 153 | | Sangat Praktis |
| Rata-rata | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 96% | Sangat Praktis |

REKAPITULASI NILAI ANGKET KEPRAKTISAN RESPON GURU UJI LUAS

| No | Nama Siswa | Aspek yang dinilai | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Jumlah | Nilai (%) | Kriteria |
|-----------|--------------------------|--------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|-----------|----------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | | | |
| 1 | Prichilla Agustina, S.Pd | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 80 | 100% | Sangat Praktis |
| 2 | Marchelly Susanti, S.Pd | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 76 | 95% | Sangat Praktis |
| 3 | Nadya Agusta, S.Pd | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 77 | 96% | Sangat Praktis |
| 4 | HelmiMarzani, S.Pd | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 76 | 95% | Sangat Praktis |
| Total | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 309 | | Sangat Praktis |
| Rata-rata | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 97% | Sangat Praktis |

Lampiran 12 Dokumentasi Penelitian

Kegiatan Uji Terbatas



Kegiatan pendahuluan, penjelasan materi pencemaran lingkungan



Kegiatan inti, pelaksanaan dan monitoring proyek



Presentasi dan refleksi

Kegiatan Uji Lanjutan SMAN 4 Kota Bengkulu



Kegiatan pendahuluan, penjelasan materi pencemaran lingkungan





Kegiatan inti, pelaksanaan dan monitoring proyek.



Presentasi dan refleksi

Kegiatan Uji Lanjutan SMAN 7 Kota Bengkulu



Kegiatan pendahuluan, penjelasan materi pencemaran lingkungan



Kegiatan inti, pelaksanaan dan monitoring proyek.



Presentasi dan refleksi

Lampiran 13 Surat Selesai Penelitian



PEMERINTAH PROVINSI BENGKULU
SMA NEGERI 7 KOTA BENGKULU

Jalan Jenggot Nomor 1, Lingkar Barat, Gading Cempaka, Bengkulu 38225,
 Telp: (078) 25222, Fax: sma7kota@ptsbengkulu@gmail.com



SURAT SELESAI PENELITIAN

Nomor : 400.3.8/ 58 / SMA N 7/2026

Kepala SMA Negeri 7 Kota Bengkulu menerangkan bahwa :

NAMA : METIA VINLIANI
 NPM : 2484105004
 Prodi : S2 Pendidikan Biologi
 Universitas : Universitas Muhammadiyah Bengkulu

Telah melakukan penelitian di SMA Negeri 7 Kota Bengkulu, dengan judul
 "Pengembangan E-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Proyek
 Lingkungan Untuk Menstimulasi Keterampilan Berfikir Kritis Dan
 Kreatif Siswa SMA". Dari tanggal 10 Februari – 25 Februari 2026.

Demikian surat ini di buat dengan sebenarnya, agar dapat dipergunakan
 sebagaimana mestinya.



02 Maret 2026

MAMU SINABUTAR, S.Pd
 Kepala SMA Negeri 7 Kota Bengkulu
 NIP. 197304151094121001



PEMERINTAH PROVINSI BENGKULU
SMA NEGERI 4 KOTA BENGKULU

Jalan Satrio Kota, Desa Satrio, Kecamatan Kota Bengkulu 39131
 Telp: (0733) 22111, Faksimil: (0733) 22111
 Email: sma4kota@bengkulu.go.id



BUKTI KETERANGAN SELESA PENELITIAN
NOMOR B.408.3.10.6/19/SMAN4B/2021

Yang bertanggung jawab di bawah ini :

Nama : Sartul Muli, M.Pd.
 NP : 197206052005021002
 Jabatan : Kepala SMA Negeri 4 Kota Bengkulu
 Pangkat/gol : Pertama Tingkat I (P/1)
 Unit Kerja : SMA Negeri 4 Kota Bengkulu

Yang di menandatangani bawah :

Nama : Mita Viriani
 NPM : 2454101004
 Prodi : Pendidikan Magister Pendidikan Biologi
 Universitas : Universitas Muhammadiyah Bengkulu

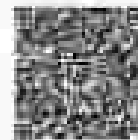
Telah melaksanakan penelitian di SMA Negeri 4 Kota Bengkulu.

Pada tanggal 26 Januari 2021 s.d 26 Februari 2021.

Judul : Pengembangan e-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Proyek
 Lingkungan untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan
 Kreatif.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Bengkulu, 26 Februari 2021
 Kepala SMA Negeri 4 Kota Bengkulu,



Sartul Muli, M.Pd.
 Pertama Tingkat I (P/1)
 NP 197206052005021002



PEMERINTAH PROVINSI BENGKULU
SMA NEGERI 2 KOTA BENGKULU
 J. Mahoei No. 14, Padang Jati, Kota Gemban, Bengkulu 38227
 Telepon (0736) 21002, Faksimile (0736) 348123 Pos-el: sma2kota@bengkulu.go.id



SURAT KETERANGAN SELESAI PENELITIAN

Nomor : 070/200-SMA N 2026

Yang bertanda tangan di bawah ini Kepala Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 2 Kota Bengkulu, menerangkan bahwa:

| | |
|---------------|-------------------------------|
| nama | : Melia Vidiast |
| npn | : 2484105004 |
| program studi | : Magister Pendidikan Biologi |

Berdasarkan surat izin dari Dinas Pendidikan dan Kebudayaan Provinsi Bengkulu Nomor : B.000.9/715/Dikbud/2026 Tanggal 29 Januari 2026, yang bersangkutan telah selesai mengadakan penelitian di SMA Negeri 2 Kota Bengkulu dengan judul Penelitian:

"Pengembangan E-modul Berbasis STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif".

Demikian surat keterangan ini dibuat dengan sebenarnya, untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bengkulu, 2 Maret 2026

Kepala Sekolah



1772988508711_BAB I-5 METIA.docx

By Turnitin

RAB 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 harus mengikuti momentum yang diberikan seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi digital. Integrasi teknologi dalam proses pembelajaran menjadi ketuntasan penting untuk meningkatkan kualitas pendidikan, khususnya dalam berbagai sumber belajar, serta menciptakan pengalaman belajar yang lebih inovatif dan relevan dengan kebutuhan zaman.

Perkembangan era teknologi yang terus berlanjut telah memberikan dampak signifikan terhadap berbagai bidang kehidupan manusia, seperti pendidikan, budaya, sektor finansial, pemerintahan, hingga dunia pendidikan (Griyanti, 2021). Menurut (Yuliani & Supriya, 2019), era tersebut ditandai dengan era yang telah mengarahkan pendidikan masa depan dan mempersiapkan individu untuk menghadapi tantangan masa depan, anak-anak perlu memiliki kemandirian berpikir dan belajar. Teknologi komunikasi dan informasi yang cepat dapat berkembang berkat integrasi global. Pembelajaran digital adalah era masa depan untuk mengajarnya secara digital menggunakan media multimedia seperti smartphone, laptop, notebook, video, audio, dan visual (Verdundhi & Taufik, 2019). Dengan menggunakan media pembelajaran yang semakin menarik secara visual, pendidikan telah berubah secara signifikan seiring dengan kemajuan teknologi (Molali et al., 2022). Transformasi digital telah mengubah pendidikan signifikan dalam bidang pendidikan, khususnya dalam penyediaan bahan ajar digital yang lebih menarik, adaptif, dan dapat diakses secara fleksibel memungkinkan

penelitian pembelajaran serta peningkatan literasi siswa didik di berbagai jenjang (Khalid & Orosu-Beatey, 2024).

Bahan ajar merupakan perangkat 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 media untuk memfasilitasi pemahaman konseptual melalui aktivitas belajar yang menarik. Rahmani & Muhiyini, (2020) menyatakan bahwa bahan ajar dirancang berdasarkan prinsip pembelajaran agar dapat membekali peserta didik dalam memantapkan minimal aspek-aspek kompetensi yang ditetapkan. Aspek utama bahan ajar dibedakan menjadi bahan ajar cetak dan bahan ajar digital. Bahan ajar cetak, menurut Mc. Nem, konsep, prinsip, dan teori yang disusun untuk mencapai tujuan pembelajaran (Laila dkk., 2019), sedangkan bahan ajar digital memanfaatkan teknologi seperti internet dan perangkat elektronik guna menciptakan lingkungan belajar yang lebih fleksibel dan interaktif (Gunnudin, 2020). Selain dengan itu, (Harnara & Kadirah, 2016) mengatakan bahwa bahan ajar yang dirancang dengan model pembelajaran yang dapat meningkatkan pemahaman konsep peserta didik.

Peserta didik dapat memperoleh keterampilan proses sains dan kemampuan berpikir yang lebih baik (Lover et al., 2021). Menurut (Widayati, 2021) Bahan ajar digital lebih praktis, relevan, dan mudah diakses, sementara bahan ajar yang memiliki fitur seperti teks, audio, animasi, gambar, dan video dianggap lebih interaktif dan menarik (Chusniyah 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 (Mulyani, 2024).

Menurut (Laila, 2019) mengatakan bahwa modul yang disediakan dalam bentuk elektronik memiliki kemampuan untuk menampilkan teks, gambar, video, dan animasi melalui perangkat elektronik. Menurut

(Gunaryo, 2020) e-modul berfungsi sebagai alat bantu pendidik dalam menyampaikan materi agar secara efektif, sehingga memudahkan pemahaman siswa (Wahyuni et al., 2021). 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 (Setiwi et al., 2019). Untuk membuat bahan ajar digital yang lebih menarik secara visual, tetapi juga bergaya dan interaktif untuk meningkatkan proses pembelajaran, kombinasi aplikasi Canva dan Flipbook digunakan untuk membuat modul digital menjadi buku digital interaktif yang mudah diakses dan diakses oleh siswa (Hartik, 2024). Fakta di lapangan menunjukkan bahwa pemanfaatan belajar ajar digital, khususnya e-modul dalam proses pembelajaran sudah berjalan optimal. Berdasarkan hasil observasi di SMPN 10 Kota Bengkulu, seperti SMA Negeri 1, SMA Negeri 2, dan SMA Negeri 4, diketahui bahwa sebagian besar guru masih menggunakan bahan ajar konvensional berupa buku teks dan lembar kerja siswa (LKS). Meskipun sebagian guru telah memanfaatkan media digital dalam pembelajaran, penggunaan e-modul interaktif yang memuat unsur multimedia seperti video, animasi, dan latihan pembelajaran masih sangat terbatas.

Salah satu upaya untuk meningkatkan kemampuan sebagai bahan ajar interaktif, 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 memotivasi minat belajar dan memotivasi minat belajar dengan hasil penelitian sebelumnya (Ardian & Arwan, 2024). Studi yang dilakukan oleh Lu et al. (2021) yang menyatakan bahwa jika minat pelajaran STEM ditunjukkan ke dalam kurikulum sekolah, ini akan meningkatkan kemampuan akademik dan non-akademik siswa. Dineswari Devi et al. (2021) menyatakan bahwa membuat lingkungan belajar yang fleksibel yang mengintegrasikan pembelajaran online saat mengajar akan

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 (Gulidiq & Auzied, 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 (Pinto *et al.*, 2024). Salah satu pendekatan pembelajaran yang paling populer saat ini adalah pendekatan STEM, yang membantu dan mempersiapkan siswa yang *serampil dan mampu berkolaborasi di dunia kerja*. Dengan menerapkannya pada pembelajaran sains khususnya, pendekatan STEM membantu siswa memperoleh keterampilan *meneliti, menganalisis, dan memecahkan masalah* yang *terkait dengan* dan keterampilan abad ke-21 (Murtazita, 2023). Dalam pendidikan modern, pendekatan STEM tidak hanya menekankan penguasaan *ilmu, pengetahuan dan teknologi* tetapi juga meningkatkan keterampilan berpikir kritis melalui analisis, evaluasi, dan pengumpulan 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 menyelesaikan masalah nyata (Abdullah, 2022).

Proyek lingkungan merupakan kegiatan yang dirancang secara terencana dan sistematis untuk menjaga, memperbaiki, serta melindungi kualitas lingkungan hidup melalui tindakan nyata yang melibatkan individu maupun kelompok. Kegiatan ini biasanya dimulai dengan *identifikasi permasalahan lingkungan*, kemudian dilanjutkan dengan *perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi program yang bertujuan untuk mengurangi dampak kerusakan lingkungan serta mendukung kesadaran masyarakat terhadap pentingnya pelestarian lingkungan secara berkelanjutan* (Thomas, 2022).

Keterampilan berpikir kritis sangat penting di dunia pendidikan saat ini. Ini membantu para siswa untuk *menemukan masalah, membuat*

keputusan, menggunakan pendapat, dan menggunakan (David et al., 2021). Kemampuan berpikir kritis seseorang dipengaruhi oleh kemampuan dalam berbagai aspek kehidupan mereka. Selain keuletihan, berpikir kritis juga berarti memiliki pengetahuan yang lebih baik tentang suatu situasi atau aspek serta kemampuan untuk mempertimbangkan berbagai perspektif sebelum membuat keputusan atau membuat kesimpulan (Ardiyanti et al., 2024). Menyusun argumen yang kuat, membedakan antara fakta dan pendapat, dan memisahkan informasi dengan libel (kritik) adalah kemampuan yang lebih umum bagi individu yang memiliki kemampuan berpikir kritis (Salsal et al., 2022). Namun, kemampuan berpikir kritis juga 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 memonitor, memuat, memarah, melihat situasi dan berbagai sudut pandang, dan mengembangkan ide baru. Meski 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 kemampuan berpikir kreatif sejak dini. Berpikir kreatif berwujud karena menggunakan berbagai pengalaman dan pengetahuan (Kusnawati et al., 2021). Namun, itu juga dapat membantu bagi siswa karena dapat membantu mereka menyelesaikan masalah yang sebelumnya mereka hadapi yang menggunakan proses pengetahuan keemasan (Salsal et al., 2022). Meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa memungkinkan mereka untuk mengembangkan bakat, minat, dan prospek ilmiah (Lauig, 2021). Mereka yang kreatif akan dapat menghasilkan ide-ide inovatif yang pada akhirnya akan menghasilkan penemuan yang mudah digunakan. 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 (Suprianto et al., 2023). Hal ini didukung oleh penelitian (Tebing & Setiawan, 2024) yang 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 masalah utama yang menghambat siswa untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis melalui pendekatan STEM adalah ketiadaan **literasi digital yang sesuai dengan kebutuhan kekinian dan keterampilan pelatihan guru yang berkelanjutan** (Chinua 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 **literasi digital yang digunakan masih secara konvensional** mencakup berupa buku cetak dan LKS. Namun, mereka sudah mulai mulai menggunakan materi digital, termasuk e-modul atau presentasi praktikum. Namun sejauh ini sekolah tersebut belum menggunakan e-modul, terutama yang berkaitan dengan STEM terintegrasi proyek. Halangan yang khusus untuk penelitian ini berkisar literasi dan literasi.

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

B. **Metode Penelitian**

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

1. Penelitian dilakukan pada peserta didik di 3 SMA Kota Bengkulu;
2. Materi dalam penelitian ini adalah pembelajaran Biologi dengan proyek **eco-engineer**.

3. Penelitian ini hanya dilakukan pada pengembangan e-modul sebagai media pembelajaran berbasis literasi.
4. Penelitian ini hanya fokus tahap pengembangan yaitu mengaitkan e-modul yang valid dan praktis.

C. Rumusan Masalah

Kendala masalah penelitian ini adalah sebagai berikut: berdasarkan literasi menurut 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 di atas, maka tujuan penelitian ini adalah:

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

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian pengembangan e-modul terintegrasi STEM ini secara luas:

1. Bagi Peserta Didik

- a. Memberikan pengalaman belajar yang lebih kreatif dan menarik melalui keaktifan langsung dalam proyek lingkungan.
- b. Meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif melalui eksplorasi masalah nyata dan pemecahan masalah melalui literasi berbasis STEM.

c. Meningkatkan kesadaran terhadap isu-isu lingkungan.

2. Bagi Guru/Pendidik

- Menjadi alternatif media pembelajaran inovatif yang mendukung penguatan kualitas berbasis kompetensi dan pembelajaran abad ke-21.
- Membantu guru dalam merancang pembelajaran inovatif berbasis digital dan proyek yang dapat meningkatkan keterampilan berpikir siswa.
- Menyebarkan referensi terkait dalam mengintegrasikan pendekatan KTSP dengan isu lingkungan di kelas.

3. Bagi Sekolah

- Mendukung upaya sekolah dalam mengimplementasikan program green school serta penguatan, keberlanjutan, *education for sustainable development*.
- Menjadi bahan ajar digital yang dapat digunakan secara luas untuk meningkatkan mutu pembelajaran serta *4IR* sekolah.
- Mendukung upaya dalam *digital* dalam pemenuhan berbasis sekolah *admission dan kompetensi (ITK)*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Deskripsi Teoritis

Berdasarkan masalah di atas, berikut adalah ringkasan dari kajian teori yang digunakan sebagai dasar pemikiran untuk menjawab masalah yang ditanyakan.

1. Pembelajaran Biologi

Biologi adalah ilmu yang mempelajari makhluk hidup dan memahami kelahirannya di alam semesta melalui proses penciptaan. Oleh karena itu, biologi tidak hanya merupakan pengetahuan tentang lingkungan pengetahuan yang terdapat dari fakta dan gagasan biologi juga merupakan pengetahuan tentang proses penciptaan (Darmawan *et al.*, 2021). Dalam biologi, konsep didefinisikan sebagai: secara umum berarti yang menunjukkan ciri untuk dapat mengklasifikasikan objek-objek atau kejadian-kejadian, selanjutnya dari objek dan kejadian tersebut dapat ditunjukkan apakah suatu kejadian tersebut merupakan contoh atau bukan bukan contoh dari apa yang ada (Hindia, 2021). Selain itu, persensi dan persepsi persuti didik tentang biologi adalah bahwa biologi adalah ilmu yang hanya memerlukan keuletan. Namun, biologi sebenarnya adalah ilmu yang memerlukan penemuan, aplikasi, analisis, sintesis, dan penelitian mendalam tentang alasan dan bagaimana (Lufri *et al.*, 2020).

Dalam konteks pendidikan nasional, Biologi tidak hanya bertujuan memajukan pengetahuan, tetapi juga untuk dapat berfungsi sebagai tempat untuk menginternalisasi nilai-nilai yang terkandung dalam Pancasila, Simulasi dan Simulasi (Kemampuan yang Adil dan Berakhlak) dan Kelembutan (Kualitas Simulasi yang Berkualitas Berkualitas Indonesia) melalui pembelajaran yang berkualitas, inovatif dan berkelanjutan (Kemendiknas Pendidikan, Riset, dan Teknologi, 2022). Pembelajaran biologi di sekolah menengah diharapkan dapat menjadi wahana bagi peserta didik untuk mempelajari diri sendiri dan alam sekitar serta proses pengambilan keputusannya dalam pemenuhannya dihidupinya sehari-hari (Zaidia, 2021). Sehingga pendidikan hasil pembelajaran biologi sendiri pada peserta didik dilakukan oleh guru untuk

menyusun secara komprehensif proses belajar dan pembelajaran hasil pembelajaran siswa sesuai dengan potensi dan kemampuan yang dimilikinya (Chilla & et., 2023)

2. Pembelajaran Biologi di SMA

Kegiatan belajar di sekolah harus membuat pembelajaran menjadi mudah bagi siswa. Oleh karena itu, materi harus mudah dipahami dan diajarkan. Selain itu siswa harus dapat membuat dalam keterapilan semua materi dengan ujian pembelajaran (Ananda & Fadilamarudini, 2018). Biologi adalah ilmu pengetahuan alam. Biologi memiliki peran penting dalam mengajarkan siswa tentang kehidupan dan lingkungan sekitar mereka (Mangilay et al., 2023). Pembelajaran biologi di SMA kurang memiliki kelebihan keterampilan karena penanaman konvensional yang berpusat pada guru masih mendominasi pembelajaran (Katzenglongan et al., 2021).

Siswa harus memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan konseptual dan prosedural untuk menyelesaikan masalah dalam pembelajaran biologi sekolah (Apti, 2017). Hal ini sesuai dengan purwaran yang ditetapkan dalam Kurikulum 2013 yang menuntut pendakian lebih besar pada peran aktif siswa dalam menggunakan dan menyusun data dari berbagai sumber (Sulaiman, 2018). Dalam Kurikulum 2013, pembelajaran biologi harus dapat mencapai empat kompetensi utama: sikap sosial, pengetahuan, dan keterampilan (Apti et al., 2017).

2.1. Bahan Ajar

a. Pengertian Bahan Ajar

Bahan ajar adalah segala jenis bahan yang digunakan oleh guru untuk membantu siswa belajar. Bahan ajar dapat berupa kumpulan informasi yang disusun secara sistematis, baik tertulis maupun non-tertulis, untuk menciptakan lingkungan yang memungkinkan siswa belajar (Magdalena et al., 2020). Bahan ajar diperlukan untuk menyampaikan informasi dan pesan kepada siswa. Tujuan dari bahan ajar ini adalah untuk meningkatkan piforan, penguasaan, perhatian, kemampuan, dan keterampilan siswa sehingga proses pembelajaran dapat berjalan lebih cepat. Bahan ajar juga digunakan untuk membuat pengalaman belajar lebih konkret (Deyananti,

et al., 2021). Selain dengan pengujian terstruktur (Kurni & Imanya, 2020) juga terdapat bahwa bahan ajar adalah segala sesuatu yang dirancang secara sistematis dan menyeluruh untuk mencapai tujuan yang akan dikuasai oleh siswa yang dapat digunakan dalam proses pembelajaran untuk meningkatkan dan memperbaiki implementasi pembelajaran. Penggunaan bahan ajar yang tepat akan berdampak pada kompetensi yang akan dicapai siswa. Dibicarakan pada gagasan bahwa pembelajaran adalah proses komunikasi yang terdiri dari beberapa bagian: pesan, sumber pesan, penerima pesan, pesan, media, dan respon penerima. Bahan ajar adalah semua alat yang dapat digunakan untuk menyampaikan pesan untuk mencapai tujuan pembelajaran (Shofa & al, 2011).

b. Jenis-jenis Bahan Ajar

Menurut jita terdapat pendapat tentang bagaimana jenis bahan ajar dikategorikan menurutnya, mereka ibrahim menjadi dua kategori besar, yaitu bahan ajar cetak dan noncetak (Rahmawati & al, 2022). Contoh dari Lector yang nyata, modul, dan handout adalah contoh bahan ajar cetak (Mardiah & al, 2023). Sementara contoh dari jenis bahan ajar noncetak yaitu video, audio dan lain sebagainya (Rahmanama et al., 2023). Adapun penjelasan dari kedua jenis bahan ajar sebagai berikut:

1) Bahan Ajar Cetak

Bahan ajar cetak yaitu bahan ajar untuk menyampaikan informasi kepada siswa selama pembelajaran. Bahan ajar cetak dibuat dalam bentuk cetak. Banyak bahan untuk menggunakan dan membuat bahan ajar cetak seperti kertas, amplop, dan lainnya, membuat bahan ajar cetak tetap populer di dunia pendidikan (Nurinda et al., 2022). Bahan ajar memiliki dampak pada dunia pembelajaran ketika digunakan sebagai media pembelajaran. Media cetak adalah buku kelas di sekolah dari tingkat dasar hingga pendidikan tinggi. Bahan ajar cetak lebih mudah digunakan dan diakses dari berbagai kategori daripada bahan ajar berbasis komputer (Mudrikah & al, 2022). Misalnya, modul berbasis STEM yang dikembangkan secara terintegrasi dan berorientasi siswa

dalam berpikir kreatif dan pemecahan masalah secara sistematis (Firda et al., 2024).

3.1 Bahan Ajar Non-Cetak

Beberapa karakteristik bahan ajar non-cetak adalah sebagai berikut: penggunaan komputer (media digital atau teknologi jaringan), penggunaan teknologi multimedia yang membuat pembelajaran menyenangkan, penggunaan teknologi elektronik yang memungkinkan guru dan siswa berkomunikasi tanpa batasan geografis, dan penggunaan bahan ajar mandiri yang memungkinkan peserta didik atau siswa mengalaminya kapan saja (Nurhidayah et al., 2024). Penggunaan bahan ajar digital berbasis Android dan e-Book RTDM terbukti efektif dalam membantu siswa memahami konsep pembelajaran secara mandiri dan menarik (Wahidati & Purnama, 2019).

Selain memahami karakteristik bahan ajar non-cetak, Anda juga harus memahami jenis bahan ajar non-cetak. Berikut adalah beberapa jenis bahan ajar non-cetak:

a) Bahan ajar display

Bahan ajar display adalah materi belajar yang gambar yang dapat ditampilkan di ruang kelas tanpa proyektor. Ini mencakupnya dari materi **PowerPoint Interaktif**. Bahan ajar jenis ini biasanya **digunakan oleh guru untuk menyajikan siswa secara**. Fasilitas termasuk grafik, gambar, foto, film, dan tulisan adalah contoh bahan ajar display (Rusmanana et al., 2023).

b) Overhead transparency (OHP) dan Overhead Projector

Jenis bahan ajar non-cetak yang ditulis dengan elemen grafik dan grafik disebut **transparansi** atau. Jenis materi pelajaran ini ditampilkan menggunakan **overhead projector (OHP)**. Karena sulit dibuat, OHP jarang digunakan oleh guru sebagai media pembelajaran. LCD lebih canggih daripada OHP (Wahyuni, 2019).

g) Audio

Program audio adalah siaran atau pemutar yang menampilkan orang berbicara atau membacakan teks melalui sinyal radio. Kata-kata, intonasi, dan nada berkontribusi pada program ini. Program audio sangat bermanfaat untuk pendidikan, terutama bahasa, dan bisa penduan program audio lainnya meliputi kaset audio. Siswa dapat mendengar dan mempelajari materi guru di rumah pun **berita, berita** (Rahmanita et al., 2022)

h) Video dan televisi

Video dan televisi adalah sumber pembelajaran dua arah yang penuh dengan **kelebihan** dan termasuk pada pembelajaran. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa materi pelajaran yang disediakan tidak memiliki gambar atau suara. Sebaliknya, siswa dapat melihat **gambar, bergerak** dan mendengarkan suara sehingga mereka merasa berada di tempat yang sama (Suzani & al., 2022).

i) Bahan ajar berbasis komputer

Penggunaan komputer meningkat selama pandemi COVID-19. Ini **berkaitan** dengan koneksi internet dan media berbasis web web seperti **Zoom, E-learning, Google Classroom, dan sebagainya** (Suzani & al., 2022).

j) Bahan Ajar sebagai Sumber Belajar

Bahan ajar **merupakan** prasyarat dalam dunia pendidikan untuk guru, peserta didik, dan lembaga pembelajaran karena bahan ajar sangat penting untuk menyalipkan proses pendidikan yang efektif dan efisien (Wahyuni, 2024).

4. E-Modul

E-modul merupakan salah satu sumber daya bahan ajar elektronik. Siswa dapat menggunakan e-modul untuk belajar sesuai karena e-modul berarti merakit dan memfasilitasi pembelajaran. E-modul adalah sumber belajar yang digunakan untuk memfasilitasi pembelajaran mandiri

yang mendorong et al., 2011). E-modul mempermudah siswa dalam mencapai kompetensi dasar sesuai dengan kompetensi dan konsep belajar-mengajar (Rahmi & Dyana, 2024). **E-modul adalah bentuk digital dan media konvensional yang disajikan melalui perangkat elektronik**, seperti komputer, untuk memberikan kemudahan dan kemudahan berbagai materi pembelajaran secara lebih luas. Dengan keunggulan tersebut, e-modul memiliki peran yang semakin signifikan dalam proses pengajaran, pembelajaran, dan pengembangan literasi pengetahuan (Pulandri et al., 2019).

a. Karakteristik e-modul

Menurut (Lestari et al., 2027). **Salah satunya, e-modul dapat digunakan oleh siswa karena dianggap lebih efisien dan efektif sebagai bahan ajar mandiri dan memiliki empat fitur berikut:**

- 1) **Self-structured**, artinya bahwa siswa dapat belajar secara mandiri dengan e-modul sebagai mediana
- 2) **Self-contained**, artinya bahwa e-modul memuat keseluruhan materi yang akan diajarkan
- 3) **Stand alone**, artinya bahwa e-modul dapat digunakan tanpa media lain karena e-modul telah menyajikan pada media pendukung lainnya
- 4) **Adapt**, artinya bahwa e-modul selalu mudah diunduh dengan perkembangan IPTEK
- 5) **Ever ready**, artinya bahwa penggunaan e-modul yang mudah sehingga lebih hemat biaya dengan interaktifitas

b. Langkah-Langkah Pembuatan e-modul

Salah modul yang sudah dibuat banyak ditemukan disebut e-modul. Pembuatan e-modul melibatkan struktur yang dapat digunakan pada modul cetak. menurut Putram, Arzamin, (Prasara et al., 2021) bahwa struktur dari e-modul adalah:

- 1) **Judul modul**, bagian ini memuat mengenai nama modul dan nama mata pelajaran

- 2) Pengetik bahasa, bagaimana bentuk, jumlah, frekuensi, dan jenis yang akan dipelajari selama proses pembelajaran pada suatu kelas.
- 3) Kompetensi yang akan dicapai, seperti (a) menulis, membaca, dan memahami bahasa yang akan dipelajari oleh siswa setelah proses pembelajaran selesai selesai.
- 4) Contoh kegiatan pembelajaran, kegiatan (a) menulis, membaca, dan memahami materi pembelajaran.
- 5) Tujuan belajar (tujuan)
- 6) Langkah kerja, dan prosedur (prosedur), kegiatan (a) bertujuan untuk mengetahui

Sebagai yang telah dipelajari di atas, e-modul harus memiliki struktur yang memudahkan siswa mencapai tujuan pembelajaran yang akan dipelajari. Struktur ini termasuk (a) pengetik bahasa, kompetensi yang akan dicapai, bentuk kegiatan pembelajaran, tugas dan latihan, petunjuk kerja atau lembar kerja, dan prosedur.

5. STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics)

A. Pengertian STEM

Studi ini mengintegrasikan STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) ke dalam kurikulum. Pengembangan pembelajaran didasarkan pada kesadaran akan pentingnya materi pembelajaran berkualitas tinggi bagi siswa. STEM juga menjadi salah satu dari pembelajaran abad 21. STEM dapat berdampak bagi pendidikan untuk memberikan (a) siswa dalam proses belajar mengajar (Clev & Dine, 2014). Dengan menggunakan bahasa yang berbasis STEM, diharapkan (a) siswa dapat mengembangkan pemikiran yang lebih baik, merasa nyaman dengan kegiatan belajar sambil melakukannya, memiliki ketekunan dan ketahanan dalam menyampaikan ide-ide mereka, dapat memotivasi sendiri pembelajaran mereka, dan dapat bekerja sama atau bekerja sama. Luthansihing & Azraha (2021) mengklaim bahwa pemerajap

pendekatan STEM dalam proses pembelajaran adalah dan meningkatkan elemen penting dari pendidikan STEM, seperti keterampilan pemecahan masalah untuk memecahkan masalah. Aspek sains, misalnya, mencakup penggunaan pengetahuan dan keterampilan proses ilmiah untuk memahami dan mengelola fenomena alam (Ajayg et al., 2022). Aspek teknologi mencakup pemahaman tentang mesin baru yang dapat digunakan dan digunakan untuk mempermudah pekerjaan manusia. Aspek teknik mencakup operasi, pemeliharaan, dan perbaikan yang didasarkan pada ilmu pengetahuan dan teknologi (Lekkar et al., 2018). Sebaliknya, elemen matematika berfokus pada kemampuan untuk menganalisis, memberikan bantuan, menyelesaikan masalah, dan menggunakan data dan hasil perhitungan.

b. Komponen-Komponen STEM

1) Sains (Science)

Merupakan kajian tentang fenomena alam yang melibatkan observasi, pengukuran, dan metode ilmiah. Sains mendukung pemahaman konsep-konsep ilmiah dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Komponen ini paling dominan dalam pembelajaran STEM karena berkaitan langsung dengan metode ilmiah dan eksperimen (Zulfanda & Wulandari, 2023).

2) Teknologi (Technology)

Meliputi elemen yang berkaitan dengan kemampuan pengetahuan, proses, dan perangkat yang menciptakan serta menggunakan benda-benda. Teknologi berkaitan dengan pemanfaatan ilmu pengetahuan untuk membuat alat dan mesin yang bermanfaat (Fierliani et al., 2021).

3) Rekayasa (Engineering)

Berfokus pada desain dan pembuatan benda-benda buatan manusia serta proses pemecahan masalah secara sistematis. Komponen ini mengajuk peserta didik mengidentifikasi kemampuan rekayasa

untuk menciptakan produk dan solusi inovatif (Zuhada & Widada, 2024).

3. Matematika (Mathematics)

Matematika adalah ilmu tentang pola-pola dan hubungan-hubungan, dan menyediakan bahasa bagi sains, teknologi, seni, dan engineering (Yulita, 2024).

c. Tujuan STEM

Selama periode 2020-2025, penelitian mengenai STEM di Indonesia berfokus pada pembastan dan pembelajaran berbasis STEM yang meningkatkan literasi, berpikir kritis, dan kemampuan kolaboratif siswa. Penelitian mengenai STEM di Indonesia selama periode 2020-2025 menunjukkan fokus pada peningkatan perangkat pembelajaran berbasis STEM yang meningkatkan kemampuan berpikir kritis, kreatifitas, dan kolaborasi siswa (Sarnuti, Asprati & Setiandoko, 2025). Penelitian lain menggunakan ekuivalensi integrasi kurikulum STEM di sekolah Indonesia dengan mengidentifikasi kendala seperti keterbatasan kompetensi guru dan infrastruktur, serta perlunya kolaborasi berbagai pihak dalam implementasi yang nyata (Utami & et al., 2025). Selain itu, ada studi kuantitatif eksperimen yang menguji pengaruh model STEM pada peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa dengan hasil signifikan secara statistik (Sarnuti & Wijaya, 2025). Penelitian-penelitian ini menunjukkan perlunya penelitian lebih lanjut yang relevan untuk meningkatkan kualitas pendidikan STEM di Indonesia.

d. Langkah-langkah STEM

- 1) **Aspek Sains** dalam pendidikan STEM didefinisikan sebagai kemampuan menggunakan pengetahuan dan nilai untuk memahami gejala alam secara kritis dan analitis. Hal ini penting untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa dalam mengeksplorasi fenomena alam dan mengintegrasikan konsep sains dengan konteks pembelajaran nyata (Sarnuti et al., 2025).

- 2) Aspek *Technology* dalam STEM merupakan penguasaan keterampilan mengoperasionalkan teknologi terbaru yang dapat mempermudah pekerjaan manusia. Salah satu kemampuan untuk menguasai dan berinteraksi dengan teknologi sebagai praktik yang mendukung pembelajaran dan kehidupan sehari-hari (Kurni & Santosa, 2023).
- 3) Sedangkan aspek *Engineering* melibatkan ilmu tahap pembelajaran yang sistematis, meliputi identifikasi masalah, penancangan solusi, pembuatan prototipe, pengujian, dan evaluasi. Pendekatan ini memastikan proses kreatif dan inovatif dalam memecahkan masalah riil sehingga siswa mampu berpikir secara konstruktif dan aplikatif (Wahidi et al., 2025).
- 4) Terakhir, aspek *Mathematics* merupakan keterampilan yang digunakan untuk menganalisis data, memberikan alasan, serta mengkomunikasikan ide secara efektif. Dalam kerangka STEM, matematika dipelajari pada permasalahan masalah dan diterapkan untuk membentuk perhitungan numerik yang akurat (Zahra, 2025).

Pembelajaran STEM dapat dianggap sebagai solusi terhadap permasalahan pendidikan di Indonesia. STEM dikembangkan sebagai pendekatan untuk meningkatkan kualitas pendidikan dan integrasikan ke dalam pembelajaran, sehingga membantu proses pembelajaran lebih bermakna dan kontekstual karena peserta didik menjadi lebih kreatif dan inovatif secara lingkungannya. Hal ini dapat meningkatkan literasi STEM dalam masyarakat secara umum (Pujari, 2020). Dengan demikian, pembelajaran STEM menjadi salah satu solusi dalam mengatasi tantangan pendidikan di Indonesia di era abad ke-21, serta berkontribusi dalam meningkatkan mutu pendidikan.

c. Kelebihan dan Kekurangan STEM

Setiap model pembelajaran tentu memiliki kelebihan dan kekurangan, dalam penerapan dan pencapaian tujuan yang

dilaksanakan, bentuk kelebihan dan kekurangan dari STEM sesuai lain, sebagai berikut:

1) Kelebihan

Kelebihan pendidikan STEM menurut (Santoso et al., 2021) meliputi:

- a) Kemampuan menumbuhkan pengetahuan dan keterampilan terkait konsep dan prinsip ilmu disiplin
- b) Meningkatkan nilai-nilai sains, berpikir kritis, dan kreativitas siswa.
- c) Selain itu, STEM membantu memfasilitasi *experiential* praktik ilmiah, yang kolaborasi yang positif, serta menghubungkan kemampuan berpikir, bertindak, dan belajar secara mandiri terhadap kelompok.
- d) Pendekatan ini juga memanfaatkan pengetahuan aktif para siswa yang sangat penting dalam pembelajaran abad ke-21.

2) Kekurangan

Namun, kekurangan pendidikan STEM juga perlu diperhatikan, yaitu:

- a) Pendekatan ini membutuhkan waktu yang relatif lebih lama dalam pelaksanaannya, sehingga bisa mempengaruhi pelaksanaan kurikulum secara umum.
- b) Selain itu, ada siswa yang kurang minat dalam eksperimentasi sehingga kesulitan mengikuti pembelajaran.
- c) Pola ini ketidakefektifan ketidaksihingga karena beberapa siswa bergantung pada teman kelompoknya tanpa berpartisipasi aktif (Lazni, 2019).

3) Tantangan

Thapran (2021) menjelaskan bahwa masalah lain dengan STEM adalah siswa mungkin lebih tertarik pada salah satu bidang (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) dan sulit untuk memulainya (integrasi antar bidang sains alam). Namun, meskipun hal-hal ini dapat menghambat ketuntasan akademik siswa, STEM

dapat meningkatkan kemampuan siswa dan mempersiapkan mereka untuk menghadapi tantangan teknologi dan dunia modern.

K. Proyek Lingkungan

Proyek lingkungan merupakan kegiatan senius yang dirancang untuk mengidentifikasi, memahami, serta menyelesaikan berbagai permasalahan lingkungan melalui tindakan nyata yang melibatkan individu atau kelompok. Kegiatan ini dapat berupa pengelirian sampah, penghijauan, konservasi air, pemanfaatan sumber energi, maupun berbagai upaya pelestarian lingkungan lainnya yang dilakukan secara sistematis. Melalui proyek lingkungan, peserta didik tidak hanya mempelajari konsep tentang lingkungan namun terdapat juga terdapat kegiatan dalam praktik nyata dan melestarikan lingkungan hidup. Dengan demikian, kegiatan ini dapat memandirikan kesadaran ekologis, sikap tanggung jawab, serta kepedulian terhadap keberlanjutan lingkungan (Mubandipah, et al 2025).

Dalam konteks pendidikan, proyek lingkungan sering diintegrasikan dengan pembelajaran berdasarkan masalah proyek yang menekankan keaktifan siswa dalam menyelesaikan masalah nyata di lingkungan sekitar. Pelaksanaan ini melibatkan keragaman kapabilitas peserta didik untuk melibatkan proses pembelajaran terhadap kondisi lingkungan, mengidentifikasi permasalahan yang ada, serta merencanakan solusi yang dapat dilakukan secara berkolaborasi. Kegiatan tersebut juga mendorong peserta didik untuk bekerja secara kolaboratif, mengembangkan kemampuan berpikir kritis, serta mengidentifikasi masalah nyata yang berdampak positif terhadap lingkungan (Aris, 2024).

Pelaksanaan proyek lingkungan dalam pembelajaran umumnya dilakukan melalui berbagai tahapan yang terstruktur. Tahap awal dimulai dengan identifikasi masalah lingkungan di sekitar peserta didik, kemudian dilanjutkan dengan perencanaan proyek yang meliputi penentuan tujuan kegiatan, penyusunan langkah-langkah kerja, serta pembagian tugas dalam kelompok. Selanjutnya peserta didik melaksanakan kegiatan proyek sesuai dengan rencana yang telah dibuat, seperti kegiatan

penelitian, penelitian umum, dan penelitian khusus. Setelah kegiatan dilaksanakan, guru bersama peserta didik melakukan pemantauan dan evaluasi terhadap proses maupun hasil proyek yang telah dilakukan. Tahap terakhir adalah presentasi hasil proyek serta refleksi pembelajaran, sehingga peserta didik dapat menambah pengetahuan belajar yang diperoleh sekaligus meningkatkan kesadaran terhadap pentingnya menjaga kelestarian lingkungan secara berkelanjutan (Angraini et al., 2022).

7. E-Model **Integrasi Pembelajaran STEM**

Pada penelitian ini, **STEM** (**Science, Technology, Engineering, and Mathematics**) dimasukkan ke dalam bahan ajar: Pengembangan pembelajaran didasarkan pada kesadaran akan pentingnya materi matematika dalam proses belajar anak yang digambarkan, yang juga dapat digunakan dalam kombinasi dengan berbagai pendekatan pembelajaran, termasuk pendekatan STEM. Selain itu, penelitian oleh (Tartjono, 2022) menyatakan bahwa e-modul STEM berpotensi meningkatkan literasi sains dan keterampilan proses sains di tingkat SMA, yang menggabungkan prinsip-prinsip STEM dalam materi yang dikembangkan secara digital. Hal ini mendorong siswa untuk membangun konsep belajar sekaligus praktik eksperimen dengan lebih baik. Dengan menggunakan **belajar aktif** berbasis STEM, diharapkan **peserta didik dapat** mengembangkan pemikiran yang **lebih** luas, memiliki kebebasan dan kemampuan dalam menyampaikan ide-ide mereka, merasa nyaman dengan kegiatan belajar sendiri melakukannya, dapat menuntun studi pembelajaran mereka, dan dapat bekerja sama atau bekerja sama (Lambertling & Ananda, 2020) menjelaskan bahwa dalam proses pembelajaran biologi, pendekatan STEM akan meningkatkan aspek penting, yaitu keterampilan peserta didik dalam pemecahan masalah.

8. **STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan**

E-modul berbasis STEM ini dirancang untuk meningkatkan pengetahuan peserta didik tentang sains dan teknologi serta pengetahuan mereka tentang lingkungan. Modul/modul ini tidak hanya

menyediakan rumus digital, serta juga meningkatkan pembelajaran UHJ melalui pendekatan *interdisciplinary* yang menggabungkan konsep dari bidang sains, teknologi, rekayasa, dan matematika. Pendekatan ini meningkatkan pembelajaran kontekstual (Pratiwi & Soejana, 2023). Dengan menggabungkan proyek lingkungan seperti pengabdian sampah, energi terbarukan, atau konservasi air, siswa dapat terlibat dalam penelitian ilmiah, membuat aksi berkelanjutan, dan mengaitkan diri keaktifan. Ini membantu mereka belajar keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis, literasi, dan bekerja sama (Nurhayati & Supriana, 2022). Selain itu, e-modul STEM menggunakan pendekatan berbasis proyek untuk meningkatkan kondisi siswa tentang lingkungan dan kemampuan mereka untuk memecahkan masalah. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa siswa menawarkan kerangka *real-world* yang berkaitan dengan masalah yang muncul dalam kehidupan nyata (Fitriani et al., 2023). Oleh karena itu, e-modul STEM yang terintegrasi dalam proyek lingkungan tidak hanya memenuhi kebutuhan kurikulum siswa tetapi juga membantu.

9. Pencemaran Lingkungan

Pencemaran lingkungan terjadi ketika aktivitas manusia menimbulkan **S**alah satu zat, energi, atau elemen lainnya ke dalam lingkungan sehingga menurunkan kualitasnya sehingga lingkungan tidak dapat berfungsi dengan baik lagi (Ridwan et al., 2021). Meskipun banyak aktivitas manusia menyebabkan pencemaran lingkungan, alam juga dapat memelihara pencemaran, seperti abu dari letusan gunung berapi. Dampak-bukan ini memusnahkan lingkungan dan dapat berbahaya bagi kehidupan (Rahmawati, 2021). Menurut (Othman, 2022), Pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh aktivitas antropogenik seperti *urbanization*, *urbanisasi*, *perusakan alam*, dan pengolahan limbah yang tidak berkelanjutan adalah salah satu masalah utama di dunia pada abad ke-21. Berbagai sumber dampak *environmental* dan lokal termasuk *metamorfosis* di bumi karena dan peroleh udara luas pegas.

9.1 Jenis-Jenis Pencemaran Lingkungan

1) Pencernaan Air

Pencernaan air terjadi ketika zat energi, makrolik hidup, atau ion-ion lain masuk ke dalam air akibat dari aktivitas manusia sehingga diperlukan dalam memantapkan kualitas air sehingga air tidak bisa di manfaatkan sebagaimana mestinya. Jika perairan tercemar kesubutangan ekosistemnya juga akan terganggu (Tulita, 2022). Pencernaan air terjadi akibat pembuangan limbah organik, limbah domestik, dan limbah kimia berbahaya ke badan air, misalnya limbah dari rumah. Limbah tersebut menyebabkan penurunan kualitas air yang berdampak pada kesehatan manusia dan kesubutan manusia. Menurut (Ariana et al., 2025), pencernaan air disebabkan limbah yang mengandung ion, limbah domestik, serta terdapat bahan-bahan kimia yang merusak kualitas air dan keberlangsungan hidup biota air. Hal ini dapat ditunjukkan oleh Jurnal Ilmu Lingkungan, Cipta dan Teknologi Lingkungan (2025), bahwa polutan biologis dan kimia menjadi ancaman serius terhadap perairan dan ekosistem sungai (Ariana et al., 2025).

2) Pencernaan Udara

Pencernaan udara berasal dari emisi gas berbahaya seperti gas rumah kaca (GRK) seperti karbon dioksida (CO₂), metana, serta gas rumah kaca dari aktivitas industri, perkebunan, lahan pertanian, dan pertanian. Pencernaan air tidak hanya mengganggu kualitas udara tetapi juga memiliki gangguan pencemaran serta perubahan iklim. Menurut Modul Pencernaan Udara dan Perubahan Iklim UIN Matang (2025), emisi dari sektor industri, rumah tangga, dan pertanian memiliki kontribusi besar dalam polusi udara yang berbahaya bagi kesehatan masyarakat. Selain itu, penelitian lainnya menegaskan pentingnya pengalihan energi untuk mengurangi tingkat polusi di atmosfer (Ariana et al., 2025).

3) Pencernaan Tanah

Perencanaan tanah juga merupakan jenis perencanaan yang lebih detail perencanaan sampai pada tingkat dan tingkat yang lebih terperinci dengan baik. Untuk lima pertanian seperti padi, jagung, serta kacang buncis dan kacang kedelai. Mufid dan Budiana (2021) menjelaskan bahwa perencanaan tanah terbagi menjadi perencanaan kimia, biologi, dan fisik yang menghambat produktivitas dan kualitas lahan. Lintub tersebut berpotensi merusak struktur tanah dan menurunkan kesuburan sehingga berdampak negatif pada tanaman dan kesehatan manusia (Mufid & Budiana, 2021).

10. Berpikir Kritis

a. Pengertian Kemampuan Berpikir Kritis

Berpikir kritis adalah proses memanalisis masalah yang terstruktur yang mencakup aktivitas mental seperti menganalisis masalah, memberikan ide, membuat evaluasi, dan mengambil keputusan (Saputra, 2022). Selain dengan hal tersebut (Halipera et al., 2017) juga menjelaskan bahwa berpikir kritis berarti berpikir secara analitis dengan menggunakan cara-cara yang rasional, logis, dan objektif yang tepat dan mampu bertanggung jawab. Menurut Halipera dalam Suni et al. (2019) Kemampuan untuk mencapai ciek berpikir kritis yang diinginkan meningkat ketika Auli menggunakan metode atau kerangka kerja kritis yang sesuai. Salah satu contohnya berpikir kritis yang diterapkan untuk membuat keputusan dan menyelesaikan masalah adalah menyelesaikan masalah dalam situasi yang kompleks.

Sejalan dengan itu, (Jung & Katiandi, 2021) melalui pengembangan soal open-ended meningkatkan bahwa kemampuan berpikir tingkat tinggi termasuk berpikir kritis dan kreatif, dapat dilatihkan melalui penyusunan instrumen yang valid dan sistematis berdasarkan aspek kognitif, afektif, dan psikomotor. Proses validasi oleh ahli serta uji kepraktisan kepada peserta didik menjadi langkah penting untuk memastikan bahwa soal yang dikembangkan benar-

baik mampu menguji kemampuan analisis, evaluasi, dan problem solving. Dengan demikian, berpikir kritis dalam konteks pembelajaran tidak hanya dipahami sebagai kemampuan verbal, tetapi sebagai kemampuan yang dapat dilatih melalui desain soal yang terbuka, menantang, dan berorientasi pada pemecahan masalah nyata.

6. Indikator Berpikir Kritis

Facinet (2021) mengemukakan bahwa terdapat enam hal yang dapat dilatih dalam menguji kemampuan berpikir kritis yaitu:

- 1) **Menalar** dan mengorganisasikan informasi dari berbagai pengamatan, situasi, data, penelitian, penelitian, konvensi, keyakinan, atau prosedur atau kriteria di dalam situasi. (Facinet, 2021)
- 2) Tujuan analisis adalah untuk menemukan **alasan-referensial yang disimpulkan dan aktual di mana pernyataan, konsep, deskripsi, atau bentuk representasi lain yang digunakan untuk menyimpulkan keyakinan, penemuan, pengamatan, atau informasi, atau opini.**
- 3) **Evaluasi** adalah proses menilai **keabsahan pernyataan dan representasi lain yang terdiri dari cara atau deskripsi pengamatan, prosedur, situasi, penelitian, keyakinan, atau opini seseorang.** Evaluasi juga mencakup menilai **keabsahan logis dari berbagai inferensial yang sebenarnya atau yang disimpulkan atau pernyataan, deskripsi, pernyataan, atau representasi lainnya.**
- 4) **Keabsahan** berarti mengidentifikasi dan meniadakan komponen yang diperlukan untuk membuat **keabsahan yang logis**; membuat argumen dan hipotesis; **mempertimbangkan informasi yang relevan dan berpikir tentang keabsahan yang berasal dari pernyataan, data, "premis," "sifat," keyakinan, opini, konsep," "deskripsi, pernyataan, atau bentuk representasi lainnya.**
- 5) Kemampuan untuk **menyimpulkan hasil penelitian seseorang secara menyeluruh dan logis adalah sebagai penjelasan. Ini**

meningkatkan bahwa mereka memiliki kemampuan untuk memberikan pemahaman yang lengkap tentang masalah secara keseluruhan baik "mempertahankan dan mempertahankan" masalah tersebut berdasarkan pertimbangan *evidensial*, *linguistik*, *metalinguistik*, *litereritologi*, dan *konvensional* yang menjadi dasar hasil penilaian *keseluruhan*; dan menyajikan penilaian *keseluruhan* dalam bentuk argumen yang *majemuk*."

- 6) *Pengetahuan* dan *kebiasaan* untuk menggunakan *algoritma* *kegaitif* *keseluruhan*, *komponen* yang digunakan dalam *algoritma* tersebut, dan *hasil* yang diperoleh dari *algoritma* tersebut, *terutama* dengan *menempatkan* *ketertarikan* *analisis* dan *evaluasi* pada *posisi* *inferensialnya* (*keseluruhan* dengan *tujuan* *memperkuat*, *memperbaiki*, *memperluas*, atau *meningkatkan* *pemahaman* *siswa* yang *dipelajari*).

11. Berpikir Kreatif

a. Pengertian Kemampuan Berpikir Kreatif

Berpikir kreatif berarti *mengolah* informasi menjadi *berbagai* ide atau *perspektif*. Orang yang memiliki *kemampuan berpikir kreatif* dapat *menghasilkan* ide, ide, atau *produk* *baru* yang *berbeda* dengan *ide*, *ide*, atau *produk* yang *sudah* ada (Sari et al., 2019). *Kemampuan untuk* *mencari* dan *mengembangkan* *ide* *orinal* dari *perspektif* *sendiri* atau *ide* *terdahulu* *berpikir* *kreatif* (Rafferty et al., 2022). *Orang kreatif* di sisi lain, *lebih* *seraka* yang *tertarik* pada *hal-hal* *besar*, *memiliki* *minat* *dan* *keinginan* *penting* dan *tidak* *tertarik* pada *urusan*, *gagah* *dalam* *mencapai* *tujuan*, *pada* *kehadapan* *masalah*, *berpikir* *kreatif*, *berpikir* *positif*, *menjaga* *pada* *kemampuan* *dan* *berfokus* *pada* *masa* *depan*, dan *memiliki* *bergugah* *imajinasi* *dan* *minat* yang *kuat* (Nawangsari et al., 2020). *Orang kreatif* tidak hanya *baru* *menemukan* *ketertarikan* *baru* *dari* *hal* yang *baru*, tetapi *juga* *dapat* *dalam* *mengajukan* *pertanyaan* yang *bertujuan*, *menjaga* *belajar* *secara* *mandiri*, *tidak* *mudah* *terpengaruh* *oleh* *orang* *lain*, dan *semang* *menjadi* *hal* *baru* (Mawilina et al., 2019).

b. Indikator Berpikir Kritis

Ariyah et al. (2021) mengemukakan bahwa konsep literasi sains yang menjadi indikator dalam mengukur kemampuan berpikir kreatif yaitu:

- 1) Kelancaran (berpikir lancar) menggunakan pengetahuan dalam menjawab pertanyaan-pertanyaan dalam kehidupan sehari-hari. Menunjukkan kemampuan berkolaborasi dalam kehidupan sehari-hari.
- 2) Fleksibilitas (berpikir lebihbel) menggunakan pengetahuan pada tingkat dalam kehidupan. Menunjukkan daya kritis.
- 3) Orisinalitas (berpikir asli) menggunakan kemampuan atau gaya dan cara pemecahan masalah berwujud konkret.
- 4) Ekspansi (berpikir secara rinci) menggunakan hubungan antara gagasan baru pemecahan terhadap masalah tertentu.
- 5) Berpikir metaforis (berpikir secara metaforis) melibatkan bidang memabukan pengertian konsep tekanan pada tekanan hidrostatik.

K. Penelitian Referen

Penelitian yang relevan mencakup penelitian sebelumnya tentang "Pengaruhnya Model Ajar Berbasis Sains Terintegrasi Proyek Lingkungan Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Dan Kreatif". Yang menurut peneliti belum pernah meneliti subjek yang sama dalam penelitian sebelumnya. Berikut ini adalah penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian:

Tabel 1. Penelitian Referen

| No | Nama Peneliti (Tahun) | Judul Penelitian & Jenjang Pendidikan | Persamaan Penelitian | Perbedaan Penelitian |
|----|-----------------------|--|--|---|
| 1 | Chang & Chang (2020) | The Effects of a STEM-Based E-Module on High School Students' Critical Thinking in Environmental Science (Jenjang SMA) | Meneliti model berbasis STEM pada lingkungan. Pengukuran berpikir kritis (kemampuan SMA) | Tidak mengintegrasikan dimensi proyek secara eksplisit. Tidak menekankan keterampilan kreatif (SMA) |

| | | | | |
|---|---------------------------|--|--|--|
| | | | pada jenjang SMA | dan Kurikulum (regenerasi Tawar) |
| 2 | Rahmah Linnah (2024) | <i>Pengembangan E-Modul Interaktif Berbasis STEAM Terpadu untuk Meningkatkan Kemampuan 4C Siswa SMA pada Tipe Perubahan Baru (Jenjang SMA)</i> | E-modul interaktif STEM, jenjang SMA, Kurikulum lingkungan (perubahan) dan Mengikuti <i>critical & creative thinking</i> | Integrasi proyek tidak lengkap (hanya ke <i>smart-class</i>), Pendekatan pada 4C secara umum, tidak fokus khusus pada berpikir kritis & kreatif |
| 3 | Dewi Widiyemakin, (2022) | <i>Innovative STEM E-Module with Augmented Reality on Environmental Issue: Effects on Critical and Creative Thinking in Senior High School (Jenjang SMA)</i> | Meneliti STEM + proyek lingkungan (sangat), Mengikuti berpikir kritis & kreatif jenjang SMA | Isian pengembangan modul e-modul, menggunakan HPP & LKPD konvensional dan Tidak berbasis digital/teknologi interaktif |
| 4 | (Haryanto et al., 2024) | <i>STEM Project-Based Learning in High School Environment: Science, Impact on Student Creativity and Problem-Solving (Jenjang SMA)</i> | Meneliti E-modul interaktif + STEM, lingkungan (guru) (sangat) serta Mengikuti <i>critical & creative thinking</i> Jenjang SMA | Tidak, integrasi proyek cil (hanya siswa) AR) Proyek tidak menghasilkan produk nyata atau aksi lingkungan, Teknologi AR mungkin tidak feasible serta semua sekolah |
| 5 | Caprihana & Delia, (2019) | <i>Pengembangan Modul Digital STEM untuk Meningkatkan Kemampuan Abad 21 Siswa</i> | Meneliti STEM + PBL, + lingkungan pada jenjang SMA untuk mengikut <i>inovatif &</i> | Tidak menggunakan/dikembangkan e-modul, instrumen pembelajaran berbasis kelas & |

| | | | |
|---|---|--|---|
| | STEM melalui dan Lingkungan Global (Jaring SMA) | persiapan masalah (prosy berpikir kritis) | literatur dan Komaka AS, Sutedjo & penduan berbeda |
| 6 | Fitriani, A., Subandi, A., & Hastuti, N.Y. (2021) | Pengembangan E-Modul STEM Berbasis Literasi Berpikir Kritis dan Lingkungan untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA | Meneliti E-modul + STEM seludup Komaka Berpikir Kritis (pola asy pada Jaring SMA dan fokus pada berpikir kritis) Pendekatan ilmiah terbimbing, bukan proyek (PBL). Tidak menyorotkan stimulus kreativitas secara eksplisit. Tidak ada komponen produk proyek (ura emul: silsil teknologi sederhana) |
| 7 | Puri et al. (2023) | Pengembangan Modul Pembelajaran Berbasis STEM pada Materi Pencemaran Lingkungan untuk Meningkatkan Literasi Sains dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa | Semi-otom pengembangan Modul berbasis STEM pada materi pencemaran lingkungan seludup keterampilan berpikir kritis |

Berbagai penelitian telah mengembangkan **Modul berbasis STEM untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa SMA dalam konteks lingkungan**. Menurut (Ching & Chang, 2020) mengembangkan **Modul berbasis STEM untuk meningkatkan berpikir kritis pada sains lingkungan**, namun tidak mengintegrasikan dimensi proyek secara eksplisit, tidak menekankan keterampilan kreatif, dan diluncurkan di Taiwan. (Rohmah & Lintawih, 2024) mengembangkan **e-modul interaktif berbasis STEM pada topik perubahan iklim**, mengaitkan keterampilan 4C siswa SMA,

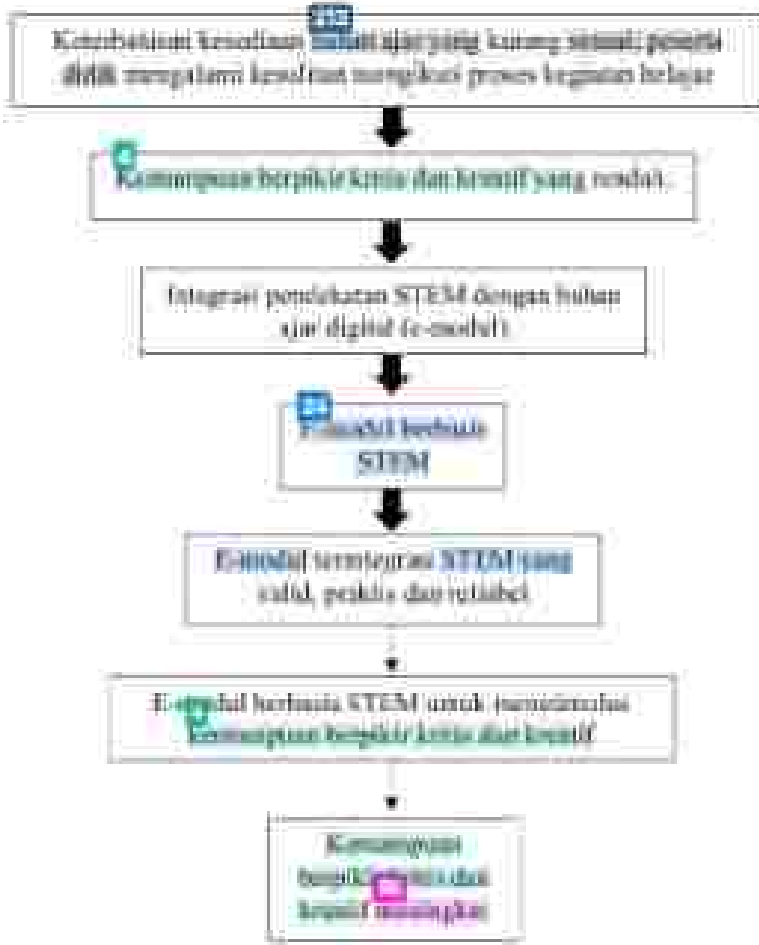
teori pendekatannya lebih inquiry-based tanpa integrasi proyek disiplin. Dewi & Widhiatmoko (2022) meneliti pengaruh STEM dengan proyek lingkungan (sampah) terhadap berpikir kritis dan kreatif siswa SMA, namun menggunakan RPP dan LKPD konvensional, bukan e-modul digital interaktif. Haryanto, Setyati, & Supriyadi (2024) mengembangkan e-modul interaktif STEM pada pokok uluan, mengaitkan *critical dan creative thinking* siswa SMA, tetapi hanya menggunakan simulasi AR tanpa proyek riil atau produk nyata, serta teknologi AR kurang feasible di semua sekolah. Caprihiana & DeLisi (2019) mengintegrasikan modul digital STEM-PBL pada isu lingkungan global untuk kreativitas dan pemecahan masalah siswa SMA, namun tidak menggunakan e-modul melainkan instrumen kelas dan laboratorium lapangan, serta dilakukan di lokasi AS dengan kebutuhan berbeda. Purwati, Setiandi, & Kusarwan (2021) mengembangkan e-modul STEM berbasis video berbasis pada pokok air untuk berpikir kritis siswa SMA, tetapi tidak menekankan keterampilan kreatif atau produksi proyek nyata. Rifa Nurfa Putri, Almar Haryadi, dan Inam Madkur (2022) mengembangkan modul pembelajaran berbasis STEM pada pemecahan lingkungan untuk literasi sains dan berpikir kritis, tetapi tidak menekankan proyek lapangan atau keterampilan kreatif.

Kemampuan Berpikir

Kemampuan pada **pendekatan berbasis air** sangat berkaitan dan kaitannya bukan agar yang sesuai, sehingga siswa mengalami kesulitan mengikuti pelajaran. Kemudian terdapat hambatan pada keterampilan **penalaran** **didik untuk berpikir kreatif** dan kritis. Untuk mengatasi masalah ini, pendekatan STEM harus diintegrasikan dengan materi pelajaran digital seperti e-modul.

Pengembangan e-modul berbasis STEM diharapkan dapat **menjadi solusi yang tepat** karena mampu menyediakan **bahan ajar yang lebih kontekstual, interaktif**, serta **memberikan** **penalaran** **didik untuk berpikir** **konsep** **dan** **analisis** **dan** **proses** **belajar**. Dalam proses pengembangannya, e-modul berbasis STEM harus memiliki **keterampilan** **praktis**, **dan** **selabel** agar dapat digunakan secara efektif dalam pembelajaran.

Selanjutnya, **Model berbasis STEM** tersebut digunakan untuk memfasilitasi **kompetensi berpikir kritis dan kreatif peserta didik** melalui aktivitas pembelajaran yang berorientasi, berbasis sains, teknologi dengan literasi sains, membaca, engineering, dan mathematics. Dengan demikian, penerapan **e-modul berbasis STEM** diharapkan mampu meningkatkan **kompetensi berpikir kritis dan kreatif peserta didik** secara signifikan.



Gambar 1. Kompetensi Berpikir

BAB III METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dan kuantitatif (Sugiyono, 2019) dengan menggunakan desain penelitian pengembangan (*Research and Development*), model pengembangannya ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) (Chubursaputra, 2023). Studi tersebut menghasilkan produk, yaitu bahan ajar berbasis modul elektronik berbasis STEM yang menggunakan proyek lingkungan dengan bahan pencemaran lingkungan.

B. Waktu dan Tempat

Penelitian telah dilaksanakan di sekolah Menengah Atas Negeri Kota Bengkulu tahun ajaran 2025/2026. Waktu penelitian pada bulan Januari-Februari.

C. Subjek dan Objek Penelitian

1. Subjek

Subjek penelitian ini menggunakan 2 SMA Negeri Kota Bengkulu, Smpul dalam penelitian ini adalah siswa SMA Negeri Kota Bengkulu sebanyak 100 orang yaitu 50 orang untuk uji coba 1, yang di ambil dari satu kelas di SMA Negeri 2 Kota Bengkulu, kemudian 50 yang untuk uji coba 2 yang di ambil dari SMA Negeri 7 dan 4 Kota Bengkulu.

2. Objek

Objek penelitian ini termasuk e-modul berbasis STEM yang dikembangkan dan diaplikasikan dengan proyek lingkungan, serta keefektifan belajar *Learning dan Affective* siswa yang menjadi hasil *outcome* dari penggunaan e-modul tersebut.

D. Prosedur Penelitian

Metode utama tahap prosedur pengembangan E-Modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan pada materi pencemaran lingkungan yang difasilitasi dengan desain pada model ADDIE. Model ini digunakan sebagai kerangka kerja sistematis dalam merancang, mengembangkan, dan

menghasilkan **produk** atau program **pendidikan**. ADDIE memberikan alur yang berstruktur sehingga setiap tahap saling berkaitan dan menghasilkan **produk** yang **efektif, valid, akurat, dan sesuai** dengan kebutuhan pengguna.

Secara umum, tahapan ADDIE meliputi:

1. Tahap Analisis (Analysis)

Pada tahap analisis, yaitu bertujuan untuk menentukan masalah dan solusi yang tepat dan menentukan kompetensi siswa. Untuk menentukan kebutuhan lingkungan untuk guru Biologi di sekolah menengah atas, digunakan **teknik observasi pengamatan bahan ajar** **eksist** berbasis **NTM** yang terintegrasi dengan percyk lingkungan. Kemudian, hasil analisis dari tingkat ini, yang dipaparkan **dalam** **forma presentasi**, dan **kemudian diinterpretasikan secara kualitatif**.

Tahapan analisis dalam model ADDIE secara rinci meliputi beberapa langkah penting sebagai berikut:

a. Analisis Kebutuhan

Proses analisis kebutuhan digunakan untuk menemukan masalah atau kekurangan kompetensi yang perlu dipecahkan, seperti **kesulitan siswa dalam memahami materi tertentu**. Kegiatan ini memastikan bahwa **perencanaan pembelajaran disesuaikan** pada masalah nyata.

b. Analisis Karakteristik Peserta Didik

Analisis karakteristik peserta didik, yang meliputi pemahaman profil siswa, termasuk kemampuan awal, minat, gaya belajar, dan latar belakang mereka. Informasi ini penting untuk **mengubah media, metode, dan strategi pembelajaran** agar relevan dan efektif bagi peserta.

c. Analisis Konteks dan Sumber Daya

Analisis konteks dan sumber daya juga merupakan bagian dari proses analisis. Ini mencakup menilai kondisi lingkungan pembelajaran, seperti **fasilitas, waktu yang tersedia, teknologi pendukung, dan sumber daya yang dapat dimanfaatkan**. Analisis ini

memberi dasar pembuatan metode pembelajaran yang ilmiah dan praktis.

d. Penemuan Tujuan Pengembangan

Pada tahap analisis, tujuan pengembangan pembelajaran yang spesifik dan terukur ditetapkan. Tujuan ini berfungsi sebagai pedoman untuk desain dan tahap berikutnya, sehingga produk pembelajaran yang dihasilkan lebih akurat dan dapat mengevaluasi keberhasilan pencapaian tujuan.

e. Tahap Desain (Design)

Pada tahap desain, artikel bahwa apa e-modul Nya? STEM yang menggabungkan proyek lingkungan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif. Tahapan desain ini mencakup:

1. Menetapkan artikel bahwa apa berbasis proyek lingkungan untuk e-modul STEM yang terintegrasi dan meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif.
2. Menentukan skema/tema penyajian materi, ilustrasi dan visualisasi.
3. Membuat storyboard dan draft prototipe awal dari e-modul lingkungan STEM berbasis proyek lingkungan. Pada tahap ini, peneliti juga membuat instrumen untuk validasi konsep, media, artikel, dan tes respons kepraktisan.

Halaman awal e-modul berisi judul, kata pengantar, daftar isi, petunjuk belajar, petunjuk penggunaan, peta konsep, dan judul kompetensi dasar dan indikator, latihan soal, tanggapan, glossarium, referensi, profil penulis, dan informasi materi dan permutasi pendak dengan media gambar dan video. Selanjutnya, disertai dengan penjelasan soal dan modul pembelajaran berbasis proyek, yang meliputi definisi, penelitian, pencarian informasi, penemuan, dan kesimpulan. Pembuatan story board dilakukan pada tahapan awal penyusunan e-modul. Hal tersebut dilakukan agar tahap penyusunan e-modul lebih akurat dan memudahkan dalam penyusunan berdasarkan skema/tema yang telah dibuat sebelumnya. Storyboard

yang sesuai untuk dan logis/begitu yang termasuk dalam e-modul dan memiliki prosedur untuk setiap bagian

2. Tahap Pengembangan (Riset)

Tahap pengembangan merupakan bagian dari proses ilmiah pengembangan (Research and Development) yang bertujuan untuk menghasilkan produk yang valid dan praktis yang selaras dengan kebutuhan siswa, yaitu validasi dan uji coba, yang dilakukan secara berurutan untuk memastikan kualitas produk yang dikembangkan.

a. 1) Validasi

Validasi dilakukan untuk menilai kelayakan produk berdasarkan aspek-aspek tertentu termasuk di dalamnya uji coba lapangan. Validasi dalam penelitian ini merupakan prosedur uji coba ahli yang konsepnya di bidang terkait. Validasi dilakukan terhadap dua aspek utama, yaitu:

(1) Validasi Kurikulum

Validasi kurikulum bertujuan untuk menilai kesesuaian, ketepatan, dan kelengkapan materi yang terdapat dalam produk pengembangan dengan standar kurikulum, konsep pedagogis, serta kebutuhan pengguna. Validasi kurikulernya meliputi: (1) sesuai dan dan meng-cover isi bidang pendidikan sesuai dengan bidang studi yang dikembangkan) dan (2) uji coba pada praktisi yang memiliki pengalaman mengajar minimal lima tahun. Instrumen yang digunakan berupa lembar validasi kurikulernya yang mencakup indikator: (1) kesesuaian dengan capaian pembelajaran (CP), (2) Kemampuan konsep STEM, (3) relevansi aktivitas proyek, (4) Struktur penyajian, (5) relevansi gambar/diagram, (6) aktivitas belajar siswa, (7) evaluasi formatif, dan (8) kelayakan materi. Skala validasi diberikan sesuai kualitatif dan kuantitatif untuk menentukan tingkat kelayakan kurikulernya.

2) Validasi Media

Validasi media dilakukan untuk mengetahui aspek teknis dan estetika dari produk yang dikembangkan, terutama jika produk berbasis digital atau visual (misalnya modul interaktif, video pembelajaran, aplikasi atau media grafis). Validasi media terdiri dari dua orang ahli media pembelajaran dan satu orang desainer interaktif. Aspek yang dinilai meliputi: (1) aspek tampilan, (2) aspek fungsional, dan (3) aspek media dan integrasi proyek lingkungan. Hasil validasi media digunakan sebagai dasar perbaikan teknis sebelum produk diujicobakan kepada pengguna.

a. Uji Kepraktisan

Tujuan dari uji kepraktisan adalah untuk memastikan seberapa mudah dan efektif produk pembelajaran yang dikembangkan dapat digunakan dan diterapkan dalam dunia pembelajaran nyata. Uji ini melibatkan guru dan peserta didik sebagai pengguna langsung. Instrumen yang digunakan berupa angket respons kepraktisan, yang diberikan setelah produk digunakan dalam kegiatan pembelajaran.

Uji kepraktisan dilakukan melalui uji coba lapangan produk yang telah divalidasi. Uji coba dilaksanakan dalam dua tahap, yaitu uji coba terbatas (uji coba terbatas) dan uji coba (uji coba).

1) Uji Coba Terbatas (Uji Coba Terbatas)

Uji coba terbatas pada skala kecil dengan melibatkan sejumlah kecil responden yang representatif (melibatkan 16 orang peserta didik di SMA Negeri 2 Kota Bengkulu). Tujuan utama uji coba ini adalah untuk mengidentifikasi kendala teknis, kesulitan penggunaan, serta umpan balik awal mengenai keterbacaan dan kemenarikan produk. Data yang diperoleh melalui angket respon peserta didik dan observasi langsung selama penggunaan produk. Hasil uji coba I digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk melakukan penyempurnaan akhir sebelum uji coba skala lebih luas.

2) Uji Coba II (Uji Coba Lapangan)

Uji coba II dilakukan dalam kondisi nyata di lingkungan pembelajaran yang sesungguhnya, dengan melibatkan 68 orang pada 2 sekolah, 33 orang di SMAN 4 Kota Bengkulu dan 35 orang di SMAN 7 Kota Bengkulu. Tahap ini bertujuan untuk menilai kepraktisan produk dalam konteks pembelajaran sehari-hari, serta mengukur respons pengguna secara lebih komprehensif. Instrumen yang digunakan meliputi angket respons peserta didik, wawancara dengan guru, dan lembar observasi aktivitas pembelajaran. **Uji: Kuantitatif, sistematis** secara **deskriptif: (deskriptif,)** **penelitian,** sedangkan **data kuantitatif di analisis** secara statistik untuk mengidentifikasi pola respons dan saran perbaikan.

Hasil dari kedua tahap uji coba menjadi dasar penyetoran versi final produk pengembangan, yang selanjutnya dapat diimplementasikan secara lebih luas dan digunakan sebagai bahan rekomendasi ke depan.

4. Tahap Implementasi (Deployment)

Penelitian ini hanya akan tahap pengembangan dan pada tahap implementasi dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya.

5. Tahap Evaluasi (Evaluation)

Dalam penelitian ini, **Evaluasi internal** dilakukan untuk mengetahui **kelebihan produk dan masalah** digunakan sebagai **umpan balik** untuk memperbaiki produk. **Evaluasi internal** mencakup **analisis masalah, pertukaran desain, validasi ahli, uji dan kelayakan, serta tanggapan guru dan siswa.** **Evaluasi eksternal** dilakukan untuk **mengidentifikasi tingkat ketanggapan penelitian masalah (problem solving skills)** siswa. Pada **evaluasi eksternal** dilakukan **penelitian** terhadap **hasil proses-proses** untuk **mengetahui aktivitas** model berbasis STEAM **terintegrasi** proyek lingkungan dalam meningkatkan ketanggapan berpikir kritis dan kreatif. Hasil produk pada tahap evaluasi ini adalah **1) model yang menarik dan efektif.**

E. Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan teknik kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif mencakup data tanggapan berpikir kritis dan kreatif siswa dan hasil validasi produk e-modul. Penelitian ini menggunakan instrumen berikut secara rinci:

1. Data Validasi Produk E-Modul

Data validasi produk terdiri dari validasi isi materi, yang mencakup kelengkapan materi pembelajaran lingkungan, yaitu modul tentang materi pembelajaran lingkungan, yang sesuai dengan kompetensi inti dan tujuan pembelajaran yang diuraikan menjadi beberapa pencapaian/unggulannya, skala lokal. Selain itu, validasi format media, yang menguraikan dan menguraikan fitur seperti tampilan, media, kegunaan, daya komunikasi, penggunaan, keamanan, validasi bahasa digunakan dalam E-Modul integrasi STEM. Itu menguraikan penggunaan bahasa, kata kunci, media foto, skema teks, dan kalimat.

2. Data Respon Produk dan Peserta didik terhadap E-Modul

Untuk mengumpulkan tanggapan pendidik dan siswa, kami menggunakan angket respon yang dibagikan kepada siswa setelah pembelajaran menggunakan E-Modul, serta siswa guru Biologi di tiga SMA di kota Bengkulu. Setiap item pernyataan diberikan skala Likert, dan guru dan siswa diminta untuk memberikan tanda ceklis (✓) pada pilihan yang diajukan.

F. Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen penelitian yang digunakan pada penelitian ini berupa lembar validasi ahli konten, validasi ahli media dan angket respon peserta didik terhadap E-Modul.

1. Lembar Validasi Konten

Tabel 3.1 Lembar Validasi Konten

| No | Aspek Penilaian | Indikator |
|----|-----------------|-------------------------------|
| 1 | Materi | Kelengkapan materi |
| | | Kejelasan tujuan pembelajaran |
| | | Kelengkapan materi |
| | | Kejelasan materi |

| | |
|----------------------|--|
| | Meneri dan media rekaman |
| 2. Penggunaan Bahasa | Penggunaan bahasa bahasa |
| 3. Pengajaran | Kemampuan materi yang diberikan Kejelasan materi dengan ilustrasi |

Skala Penilaian

1. Tidak Layak
2. Kurang Layak
3. Cukup Layak
4. Layak
5. Sangat Layak

2. Lembar Takrifat Media

Tabel 3.2 Lembar Takrifat Media

| No | Aspek Penilaian | Indikator |
|----|-----------------|---|
| 1. | Desain Media | Kemudahan media Tersedia file Kualitas warna dan gambar pada media |
| 2. | Penyusunan | Kesesuaian media dengan pembelajaran Kelengkapan komponen media |
| 3. | Programan Media | Kemudahan media dengan karakteristik sesuai ABA Peningkat penggunaan media Kemudahan penggunaan media |

Skala Penilaian

1. Tidak Layak
2. Kurang Layak
3. Cukup Layak
4. Layak
5. Sangat Layak

3. Angket Respon Siswa

Tabel 3.3 Angket Respon Siswa

| No | Aspek Penilaian | Indikator |
|----|-----------------|---|
| 1. | Tampilan Media | Prinsip penggunaan media Kualitas gambar dan animasi Penggunaan huruf/jenis/gaya/ukuran Gambar (pola, warna, atau tidak ada) Kualitas bahan yang digunakan dan kesesuaian huruf |
| 2. | Mudah Media | Mempermudah proses pembelajaran Mempermudah dalam memahami materi |
| 3. | Materi | Kejelasan materi yang disajikan |

| | Kepuasan Informasi |
|----------------------|---|
| 4 : Amatlah Persepsi | Media mudah untuk digunakan |
| 3 : Cukup Persepsi | Menarik minat peserta didik dalam belajar dan menggunakan media |
| 2 : Cukup Persepsi | Menarik peserta didik saat menggunakan media |

Skala Penilaian

- 1 : Tidak Layak
- 2 : Kurang Layak
- 3 : Cukup Layak
- 4 : Layak
- 5 : Sangat Layak

G. Teknik Analisis Data

Dalam penyediaan penulisan ini, analisis data dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama melibatkan penggunaan metode kuantitatif dan tahap kedua melibatkan penggunaan metode kualitatif. Berikut adalah beberapa metode yang digunakan untuk menganalisis data:

1. Analisis Uji Kevalidan E-Model

Analisis ini dilakukan untuk mengidentifikasi kevalidan E-Model yang telah dirancang pada tahap validasi yang dihasilkan pada validasi digunakan untuk mengukur validitas E-Model. Untuk mengetahui persentasenya, hasil output validasi dihitung. Rumus berikut digunakan untuk menghitung persentase:

$$P = \frac{\sum (R_{max} / N)}{\text{Jumlah Responden}} \times 100\%$$

2. Contoh

P = Jumlah responden

R = Jumlah validasi

Hasil persentase yang diperoleh kemudian disimpulkan berdasarkan hasil tersebut.

Tabel 3.1. Kategori Kesulitan E-Modul

| Kategori | Nilai Persentase (%) | Deskripsi |
|----------|----------------------|--------------|
| 1 | 90-100 | Sangat Mudah |
| 4 | 81-90 | Mudah |
| 3 | 71-80 | Cukup Mudah |
| 2 | 61-70 | Kurang Mudah |
| 1 | 0-20 | Tidak Mudah |

(Rahawan, 2010).

2. Analisis Uji Kepraktisan E-Modul

Analisis dilakukan untuk mengambarkan data hasil peneliti tentang kepraktisan modul elektronik dengan Lembar Praktek, yang terdiri dari lembar angket respon siswa dan praktisi. Data dan angket yang diempikan kemudian diolah untuk mendapatkan persentase hasilnya dengan rumus:

$$P = \frac{\sum \text{Jawaban}}{\text{Skor Maksimal}} \times 100\%$$

Keterangan:

P: Persentase hasil yang dapat diolah diolah hingga mencapai kategori Mudah

Σ: Jumlah jawaban yang diberikan oleh responden praktisi yang terpilih

N: Jumlah skor maksimum yang ada

Dengan kategori praktisi mudah sebagai berikut:

Tabel 3.2. Kategori Kepraktisan E-Modul

| Kategori Nilai | Keterangan |
|----------------|----------------------|
| 9-10 | Sangat Tidak Praktis |
| 4-6 | Tidak Praktis |
| 12-14 | Cukup Praktis |
| 17-17 | Praktis |
| 18-18 | Sangat Praktis |

(Kulikan & Siamsi, 2011).



HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Penelitian hasil penelitian diuraikan secara terstruktur berdasarkan tahapan **perencanaan yang digunakan dalam penelitian ini yang meliputi tahap analisis, perencanaan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi**. Kelima tahapan tersebut dilaksanakan secara berurutan dan saling berkaitan, sehingga membentuk suatu proses pengembangan yang utuh. Tahap analisis berfungsi pada identifikasi kebutuhan pembelajaran dan permasalahan yang dihadapi dalam proses pembelajaran. Tahap perencanaan memuat penyusunan desain awal produk, baik dari segi konten maupun tampilan. Tahap pengembangan mencakup proses validasi ahli serta revisi proses. Tahap implementasi dilakukan melalui uji coba I dan uji coba II untuk melihat kelayakan penggunaan produk. Sementara itu, tahap evaluasi bertujuan untuk menilai efektivitas produk **dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif peserta didik**.

Pada bagian ini, hasil penelitian diuraikan secara deskriptif berdasarkan data yang diperoleh dari instrumen penelitian, meliputi hasil analisis kebutuhan, desain produk, hasil validasi ahli konten dan ahli media, hasil uji kelayakan melalui angket respon guru, serta hasil uji efektivitas melalui perbandingan nilai pretest dan posttest. Penyajian data dilakukan secara deskriptif sesuai dengan temuan di lapangan, tanpa terlebih dahulu dilakukan uji torsi atau penelitian awal/dulu secara mendetail.

1. Tahap Analisis (Analysis)

Tahap analisis merupakan tahap awal dalam model pengembangan ADDIE yang bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran, karakteristik peserta didik, kesesuaian kurikulum, serta permasalahan yang terjadi dalam pembelajaran Biologi pada materi perencanaan lingkungan. Tahap ini memiliki peran strategis karena menjadi landasan utama dalam penentuan dan pengembangan E-Modul berbasis STEM terintegrasi

proyek lingkungan yang relevan dengan kondisi nyata pembelajaran di sekolah menengah atas.

a. Analisis Kebaruan

Hasil analisis kebaruan menunjukkan bahwa pembelajaran materi pencemaran lingkungan masih cenderung berorientasi pada penyampaian konsep melalui metode ceramah dan diskusi terbina. Sumber belajar utama berupa buku teks dan presentasi sederhana, sementara pemanfaatan media digital memiliki belum optimal. Kegiatan pembelajaran lebih banyak dilaksanakan pada penguasaan konsep secara dihandlingkan dengan penerapan konsep melalui kegiatan investigatif atau proyek nyata.

Peneliti didik umumnya memiliki definisi dan jargon-jargon pencemaran lingkungan, tetapi mengalami kesulitan ketika diminta mengartikan konsep kontaminasi atau menguraikan akibat terhadap permasalahan lingkungan di sekitar mereka. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis dan kreatif belum berkembang secara maksimal. Selain itu, integrasi *Smart Science, Technology, Engineering, dan Mathematics (STEM)* dalam pembelajaran belum dilaksanakan secara sistematis.

Hasil wawancara dengan guru mengungkapkan bahwa pengembangan bahan ajar berbasis digital memerlukan waktu, kompetensi teknis, dan perencanaan yang matang. Guru juga menyimpulkan perlunya bahan ajar yang mampu mengintegrasikan pendekatan STEM dengan proyek lingkungan agar peserta didik tidak hanya memahami konsep, tetapi juga mampu menerapkannya dalam bentuk nyata untuk terhadapan masalah pencemaran di lingkungan sekitar.

Temuan ini menunjukkan adanya ketidaksihan terhadap E-Modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan yang dirancang secara sistematis, interaktif, dan kontekstual untuk mendukung pembelajaran yang lebih bermakna serta mendorong keterlibatan aktif peserta didik.

- 1) *Science*: konsep ilmiah tentang jenis, sumber, dan dampak pencemaran.
- 2) *Technology*: pemanfaatan teknologi dalam pengendalian limbah dan pemertanian kualitas lingkungan.
- 3) *Engineering*: perancangan suatu atau produk sederhana untuk mengatasi dampak pencemaran.
- 4) *Mathematics*: analisis data kuantitatif terkait tingkat pencemaran dan perhitungan sederhana dalam proyek.

Integrasi proyek lingkungan dilaksanakan peserta didik menggunakan teori dengan praktik secara langsung sehingga pembelajaran menjadi lebih kontekstual dan bermakna.

Tabel 4.1
Capaian Pembelajaran (CP) Biologi Materi Pencemaran Lingkungan Fase F (SMA)

| Elemen CP Biologi | Capaian Pembelajaran |
|--|--|
| Pemahaman Konsep | Peserta didik mampu menjelaskan konsep pencemaran lingkungan, jenis-jenis pencemaran (air, udara, tanah), sumber pencemaran, serta dampaknya terhadap makhluk hidup dan ekosistem. |
| Keterampilan Proses Sains | Peserta didik mampu mengidentifikasi masalah lingkungan di sekitar, mengumpulkan dan menganalisis data sederhana, serta menyajikan hasil analisis secara ilmiah. |
| Pemahaman Ilmiah | Peserta didik mampu mengaplikasikan berbagai metode ilmiah dalam kasus pencemaran lingkungan serta menerapkan alternatif solusi berbasis data. |
| Keterampilan Rekayasa (Engineering) | Peserta didik mampu merancang solusi atau produk sederhana sebagai upaya penganggulangan pencemaran lingkungan melalui pendekatan proyek. |
| Literasi Kuantitatif | Peserta didik mampu menginterpretasikan data numerik terkait tingkat pencemaran dan melakukan perhitungan sederhana yang relevan. |
| Sikap Ilmiah dan Kepedulian Lingkungan | Peserta didik menunjukkan tanggung jawab di lingkungan, dan partisipasi aktif dalam menjaga kelestarian lingkungan. |

Respirasi, Kritis dan Kreatif) dan mampu mengemukakan gagasan orisinal dan solusi alternatif terhadap permasalahan permasalahan lingkungan.

Sumber: Diadaptasi dari Capaian Pembelajaran Biologi Fase F Kurikulum Merdeka.

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, karakteristik peserta didik, serta kurikulum dan media, dapat dikembangkan bentuk pembelajaran Biologi pada materi peredaran darah yang memanfaatkan pengembangan E-Modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan yang sistematis, individual, dan kontekstual. Hasil analisis ini menjadi dasar dalam tahap perancangan **desain produk prototipe yang valid, praktis, dan sesuai dengan kebutuhan pembelajaran di sekolah**.

Tahap Desain (Design)

Tahap **desain** merupakan tahapan perancangan produk yang dilakukan setelah proses analisis kebutuhan siswa dilaksanakan. Pada tahap ini, seluruh temuan empiris yang diperoleh dari analisis karakteristik peserta didik, kebutuhan pembelajaran, serta fungsi R0 di lapangan ditransformasikan ke dalam bentuk rancangan awal E-Modul berbasis Eco-STEM. Tahap desain bertujuan untuk menghasilkan keaplikasian kerangka konseptual produk yang sistematis, terstruktur, dan sesuai dengan tujuan pembelajaran.

Berdasarkan hasil analisis, modul yang dikembangkan dirancang untuk memfasilitasi pembelajaran **tema-problematika Eco-STEM (Energy, Science, Technology, Environment, and Mathematics)** yang terintegrasi dengan konteks lingkungan sekitar peserta didik. Desain modul disusun dengan memperkembangkan prinsip ketertarikan antara konsep ilmiah dan permasalahan ekologi nyata, **sehingga peserta didik tidak hanya memahami konsep secara teoritis, tetapi bisa mengaitkannya dalam kehidupan sehari-hari.**

a. Penentuan Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaran dalam e-modul ini diartikan sebagai **kecakapan Capaian Pembelajaran Biologi Fase F** serta

- 5) Kegiatan pembelajaran berbasis masalah Eco-STEM.
- 6) Lembar aktivitas dan proyek.
- 7) Refleksi pembelajaran.
- 8) Evaluasi akhir.
- 9) Daftar pustaka.

Setelah kegiatan pembelajaran dirancang, diperlukan pula pendekatan Eco-STEM, yaitu:

- (1) Identifikasi masalah lingkungan,
- (2) Menganalisis konsep sains,
- (3) perancangan solusi sederhana (engineering design),
- (4) perancangan konsep matematika/teknologi, dan
- (5) refleksi hasil.

Table 4. Struktur E-Modul Berbasis Eco-STEM pada Materi Pencemaran Lingkungan

| No | Komponen E-Modul | Keterangan |
|----|------------------------------------|--|
| 1 | Halaman Sampul E-Modul | <ol style="list-style-type: none"> 1) Judul E-Modul berbasis Eco-STEM 2) Mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) 3) Materi Pencemaran Lingkungan 4) Kelas dan jenjang Pendidikan 5) Bermanfaat lingkungan, aman, dan sehat |
| 2 | Kata Pengantar dan Ilustrasi Modul | <ol style="list-style-type: none"> 1) Unsur singkat tujuan pembelajaran modul 2) Kompetensi inti dan kompetensi dasar 3) Indikator dan tujuan pembelajaran 4) Profil pelajar dan perubahan Eco-STEM |
| 3 | Pengantar Pembelajaran Kontekstual | <ol style="list-style-type: none"> 1) Narasi kasus pencemaran di lingkungan sekitar 2) Bermanfaat, aman, dan sehat 3) Portrayal peristiwa, analisis penyebab dan dampak |
| 4 | Kegiatan Science (Sains) | <ol style="list-style-type: none"> 1) Identifikasi jenis dan karakteristik permasalahan 2) Analisis zat pemicu dan dampaknya 3) Eksperimen sederhana (mudahnya pemecahan diri) |

| | | |
|----|-------------------------------------|--|
| | | 4) Pengumpulan dan pemrosesan data |
| 5 | Kegiatan Technology dan Engineering | 1) Perancangan sistem sederhana (sist) pemrosessampah 2) Langkah pemrosesan dan pemilihan bahan 3) Proses pembuatan dan uji coba 4) Evaluasi hasil proyek |
| 6 | Kegiatan Mathematics | 1) Penyajian data dalam tabel 2) Pembuatan grafik sederhana 3) Perhitungan persentase tingkat pemrosesan 4) Analisis data secara kuantitatif |
| 7 | Lembar Aktivitas dan Diskusi | 1) Tugas analisis dampak pemrosesan 2) Diskusi solusi berbasis Eco-STEM 3) Ruang jawaban alternatif |
| 8 | Refleksi Pembelajaran | 1) Pertanyaan refleksi pemahaman konsep 2) Evaluasi sikap peduli lingkungan 3) Rencana aksi sederhana minggu berikutnya |
| 9 | Evaluasi Akhir | 1) Soal pilihan ganda 2) Soal uraian berbasis studi kasus 3) Praktikum proyek dan keterampilan proses |
| 10 | Galeri Portofolio | 1) Refleksi siswa pemrosesan lingkungan 2) Sumber teori dan penelitian Eco-STEM terbaru |

Prinsip Eco-Media berbasis Eco-STEM yang dikembangkan memuat beberapa hal yang akan sebagaimana dituang dalam keyboard di atas. Setiap komponen diolah secara sistematis untuk memuatkan aksi pembelajaran berbasis dan tahap identifikasi masalah, eksplorasi konsep, perancangan solusi, hingga refleksi dan evaluasi. Struktur ini dirancang untuk mendukung keterampilan konsep serta dan kearifan ekologis secara terpadu dan kontekstual.

8. Halaman Sampul E-Modul



Gambar 1. Cover

Halaman sampul **E-Modul** bertema **Eko-STEM** pada materi **Pemertanian Lingkungan** disusun dengan dominasi warna hijau gradasi yang menyempurnakan nilai, keberlanjutan, dan kesadaran ekologis. Latar visual menampilkan ilustrasi kota, bumi, map industri, serta limbah sebagai gambaran dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan.

Judul utama **"E-Modul** Bertema **Eko-STEM"** ditulis dengan huruf Sans Serif berukuran besar sebagai identitas judul dan dan program integrasi *Ecology, Science, Technology, Engineering, dan Mathematics*. Di bagian tengah dicantumkan judul modul sesuai konteks agar fokus pembelajaran sudah diketahui. Logo institusi ditempatkan di bagian atas sebagai identitas akademik.

Halaman buku yang dianggap sangat menarik dengan simbol pencerahan merupakan poin tinggi jernih eslogis. Pada bagian bawah kerangka jernih "MAMA Kata X Semester 2" serta identitas penulis dan menulis sebagai bentuk kejelasan menulis dan pertanggungjawaban akademik. Secara keseluruhan, desain sangat mengedepankan estetika, kerendahan, dan pengumatan pesan lingkungan untuk memantulkan menulis serta keakuratan lebih penerbit didik sejak awal pembelajaran.

2) Kata Pengantar dan Identitas Penulis



Gambar 2. Kata Pengantar

Halaman kata pengantar pada E-Modul berbasis E-G-STEM materi *Perencanaan Lingkungan* berlingkup sebagai pengantar akademik sekaligus penjelasan tujuan penyusunan modul. Judul "Kata Pengantar" ditampilkai di bagian atas dengan ukuran huruf lebih besar agar jelas dan menonjol.

di mana penguatan kembali literasi belahang pengembangan modul, tujuan pembelajaran, serta harapan agar E-Modul dapat membantu peserta didik memahami konsep pemertanian, nilai, dan tanah secara aplikatif melalui pendekatan Eco-STEM. Modul dirancang tidak hanya menyajikan teori tetapi juga menyajikan materi dengan permasalahan lingkungan **Pada** sehingga pembelajaran menjadi lebih kontekstual dan bermakna.

Sejalan dengan itu, diharapkan literasi berbudaya hijau yang selaras dengan tema lingkungan. Pada bagian bawah dicantumkan refleksi dan teknik penyisiran (Designita, 2023) serta kemampuan penali sebagai bentuk pertanggungjawaban akademik.

Identitas Modul

Identitas E-Modul menurut (Informasi) sebagai berikut:

- a. Judul: E-Modul Biologi Berbasis Eco-STEM
- b. Materi: Pemanenan Lingkungan
- c. Mata Pelajaran: Biologi
- d. Kelas Semester: X / Ganjil
- e. Tingkat: SMA/MA
- f. Pengembang: Meta Vullim
- g. Instansi: Universitas Muhammadiyah Bengkulu
- h. Tahun: 2022

Identitas ini bertujuan membeikan kejelasan penelitian dan legitimasi akademik terhadap modul yang dikembangkan.

7) Penyajian Permasalahan Kontekstual



Gambar 3. Materi 1

Halaman penyajian permasalahan kontekstual merintis konsep pemecahan yang dikal dengan kehidupan peserta didik, seperti permasalahan singkat akibat limbah rumah tangga dan pemukiman selian dari acap kondemina. Nomen dikemas secara otentik dan komunikatif untuk membangun kesadaran awal terhadap masalah lingkungan.

Pada bagian atas halaman disertakan kode QR, yang dapat dipindai untuk mengakses video tentang pemukiman lingkungan. Video tersebut bertujuan mempejalat minat melalui visualisasi nyata sehingga pemahaman peserta didik menjadi lebih konkret.

Digaris tengah halaman ditempatkan diagram kerangka lingkungan terencana sebagai penguat visual, sedangkan di bagian bawah disajikan perincian pemantik untuk memunculkan jenis, penyebab, dampak, serta alternatif solusi. Bagian ini menjadi awal pemecahan pendekatan Eco-STEM berbasis masalah nyata.

7) Kegiatan Science (Sains)



Gambar 4. Materi II

Halaman kegiatan sains berfokus pada penjelasan konsep ilmiah tentang proses-proses hubungan Peserta didik diberikan untuk mengidentifikasi jenis dan karakteristik pencemaran air, udara, dan tanah melalui pengamatan serta kajian konsep dasar.

Selain identifikasi, peserta didik diminta mengamati air pencemaran dan dampaknya terhadap kesehatan manusia maupun lingkungan sekitarnya. Penyajian materi didukung tabel klasifikasi dan ilustrasi sederhana agar memudahkan pemahaman.

Pada bagian eksperimen, model rumah kegiatan simulasi penyaringan air menggunakan bahan sederhana seperti pasir, kerikil, arang, dan kapas. Peserta didik melakukan pengamatan sebelum dan sesudah proses penyaringan serta mencatat hasilnya pada lembar pengamatan. Kegiatan ini melatih keterampilan observasi, pengumpulan data, dan penarikan kesimpulan berbasis data.

41 Kegiatan Teknologi dan Engineering



Gambar 5: Proyek Eco-Enzyme.

Halaman ini dirancang untuk membimbing peserta didik melaksanakan proyek eco-enzyme sebagai bentuk solusi pengendalian limbah organik rumah tangga secara berkelanjutan. Kegiatan dilakukan pada tahap teknologi yang menekankan penguasaan alat, bahan, dan prosedur kerja yang tepat dalam proses fermentasi. Peserta didik diajarkan untuk menggunakan wadah fermentasi yang tertutup rapat atau kedap udara guna mendukung proses pembentukan gas selama fermentasi serta mencegah kontaminasi dari luar.

Selain itu, peserta didik menampilkan teknik penanganan bahan secara proporsional, yaitu gula merah, limbah organik (seperti kulit buah), dan air dengan rasio yang telah dirancang (misalnya 1:3:10). Selain itu, peserta didik melakukan wadah eco-enzyme agar system fermentasi tidak meluap (melakukan modifikasi desain wadah agar peserta agar hasil tetap optimal).

3) Kegiatan Mathematics



Gambar 6. Prosedur Eco-Fridge

Pada kegiatan Mathematics, peserta didik mempelajari konsep perbandingan dalam pembuatan eco-ridge dengan menggunakan 1 kg gula pasir yang memiliki nilai 1 kg atau 1000 gram. Jika menggunakan 1 kg gula pasir maka diperlukan 10 bagian air. Siswa menghitung kebutuhan bahan berdasarkan ukuran tertentu, misalnya jika digunakan 100 gram gula pasir maka diperlukan 1000 gram air. Kegiatan ini melatih kemampuan operasi hitung dan pemahaman perbandingan melalui situasi kontekstual, sekaligus menunjukkan bahwa kemampuan perhitungan berpengaruh terhadap keberhasilan proses pembuatan.

6) Halusinasi Lantai Aktif dan Diskusi



Gambar 7. Lantai Aktifitas dan Diskusi



Gambar 8. Lantai Aktifitas dan Diskusi

Halaman ini memuat tugas analisis dampak pemecahan serta dilakukannya sebuah berbasis Etn-STEM. Partisipasi di dalam secara interaktif untuk mendorong peserta didik menggunakan pendekatan berdasarkan data hasil eksperimen dan pengamatan. Pada bagian ini halaman diartikan kode QR yang berfungsi untuk mengakses lembar jawaban pengisian secara digital, sehingga peserta didik dapat mengisi dan mengirimkan hasil kerja secara lebih praktis dan terdokumentasi.

Terdapat pula ruang jawaban sementara pada halaman tersebut agar peserta didik dapat memuliskan hasil analisis, rancangan solusi, serta kesimpulan secara runtut dan logis. Kegiatan ini menekankan penguatan kemampuan argumentasi berbasis data, selachensi dalam diskusi kelompok, serta keterampilan pemecahan masalah secara sistematis dan berkolaborasi.

Ta. Halaman Refleksi Pembelajaran



Gambar 2. Refleksi Pembelajaran



Gambar 10. Refleksi Pembelajaran

Halaman refleksi dirancang sebagai rangkai evaluasi yang sistematis untuk membantu peserta didik meminjau kembali pemahaman konseptual, proses berpikir ilmiah, serta sikap positif lingkungan yang berkembang selama pembelajaran berbasis Eco-STEM. Melalui pertanyaan reflektif yang terstruktur, peserta didik diajarkan untuk mengidentifikasikan aspek mana mereka memahami keterkaitan antara sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam konteks permasalahan lingkungan. Pertanyaan tersebut tidak hanya menilai aspek kognitif, tetapi juga menilai kesadaran personal mengenai kontribusi nyata yang dapat dilakukan dalam menjaga dan memperbaiki kualitas lingkungan sekitar.

Pada bagian ini disertakan kode QR interaktif yang dapat dipindai dan dilirik melalui perangkat digital untuk mengulangi lembar refleksi dan secara daring. Sistem ini memungkinkan rangkai peserta didik melakukan refleksi secara sistematis, terintegrasi dengan rapi, serta dapat dianalisis untuk melihat perkembangan sikap dan pola pikir dari waktu

ke waktu. Pendukungannya digital tersebut juga mendukung transformasi proses pembelajaran serta memulihkan guru dalam melakukan tidak hanya pendidikan. Selain itu, nilai-nilai refleksi memuat secara lebih sederhana yang aplikatif dalam kehidupan sehari-hari, seperti memiliki sikap terbuka dan mengaitkan, mengaitkan penggunaan platform sosial media, serta mengubah limbah dapur menjadi eco-bricks.

Selain kesederhanaan, refleksi ini bertujuan meningkatkan dimensi etika dalam pembelajaran, membangun kesadaran ekologis yang berkelanjutan, serta mendorong internalisasi nilai tanggung jawab terhadap lingkungan. Melalui proses refleksi yang menarik, diharapkan terjadi perubahan perilaku yang tidak bersifat sesaat, melainkan berorientasi menjadi kebiasaan positif yang berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan.

4. Evaluasi Akhir



Gambar 11. Evaluasi Akhir

Halaman evaluasi akhir memuat soal pilihan ganda untuk menguji pemahaman konsep dasar peramalan, serta soal uraian berbasis studi kasus untuk menilai kemampuan analisis dan pemecahan masalah. Pada bagian ini halaman disertakan kode QR yang berfungsi untuk mengakses lembar jawaban penilaian dan secara digital, sehingga peserta didik dapat melakukan refleksi terhadap hasil belajarnya secara mandiri dan berulang.

Selain itu, disertakan penilaian proyek yang menitikapkan kreativitas desain, logika konsep, analisis data, dan keterampilan proses. Evaluasi diakhir semesta kompetensi untuk mengukur aspek kognitif, keterampilan, serta kemampuan berpikir kritis dan kreatif secara holistik.

9) Halaman Daftar Pustaka



Gambar 12. Daftar Pustaka

Halaman daftar pustaka memuat referensi untuk lebih dalam materi peramalan lingkungan dan sumber lain pendukung Eco-STEM.

Pemahaman referensi bertujuan memperkuat landasan akademik modul serta menambahkan kesesuaian materi dengan sumber literasi yang relevan dan mutakhir.

c. Desain Tampilan dan Media

Karena produk yang dikembangkan berbentuk E-Modul, desain visual menjadi bagian penting dalam tahap perancangan. Modul dirancang dengan:

- 1) Tata letak yang sistematis dan mudah dibaca.
- 2) Kombinasi warna yang memudahkan kenyamanan visual.
- 3) Penyajian gambar kontekstual terkait ingatanmu sehari-hari.
- 4) Integrasi ikon-ikon STEM untuk mengperjelas keterpaduan konsep.

Perubahan desain ini bertujuan untuk meningkatkan daya tarik dan memfasilitasi wawasan peserta didik saat menggunakan modul secara mandiri maupun terbimbing.

d. Perancangan Instrumen Penilaian

Uji coba desain juga disusun instrumen penilaian yang meliputi:

- 1) Kemampuan ahli konten di bidang media.
- 2) Angket respon guru dan peserta didik untuk mengukur kepraktisan.
- 3) Instrumen evaluasi  sebagai bentuk uji coba produk dan .

Instrumen penilaian tersebut dirancang menggunakan skala Likert 1-4 untuk mengukur tingkat kelengkapan dan kepraktisan produk.

e. Rancangan Aktivitas Bertujuan Proyek

Sebagai karakteristik utama E-in-STEM, modul memuat aktivitas bertujuan proyek sederhana, seperti:

- 1) Observasi lingkungan sekitar sekolah.
- 2) Analisa permasalahan sampah atau pencemaran.
- 3) Perancangan solusi sederhana berbasis konsep sains.
- 4) Penyajian hasil dalam bentuk laporan atau presentasi.

Rancanglah aktivitas di dalam upaya pemenuhan aspek keefektifan, berpikir sistematis, serta mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu dalam suatu kegiatan pembelajaran.

2. Tahap Develop (Pengembangan)

Tahap pengembangan merupakan tahap lanjutan dari proses penemuan yang bertujuan untuk memantapkan desain e-modul berbasis E-STEM berbasis proyek lingkungan menjadi produk nyata yang siap untuk diuji. Pada tahap ini, penulis yang telah dirancang dikembangkan secara utuh dalam bentuk digital interaktif. Penelitian dilakukan secara mandiri oleh para ahli untuk memastikan kelayakan produk dari segi isi, tampilan, dan keterpilihannya dengan pendekatan E-STEM.

Penelitian dilakukan untuk memastikan bahwa e-modul telah memenuhi standar kelayakan isi, komunikasi pembelajaran, serta aspek teknis media pembelajaran digital. Tahap validasi dilaksanakan dilakukan sebagai dasar dalam melakukan revisi dan penyempurnaan produk sebelum diimplementasikan pada tahap uji coba I dan uji coba II.

a. Uji Kevalidan

1) Validasi Model

a) Validasi Konten

Validasi konten dilakukan untuk menilai kesesuaian materi dalam E-Modul berbasis E-STEM dengan Capaian Pembelajaran (CP), tujuan pembelajaran, kedalaman konsep, strategi ilmiah, keterpaduan pendekatan E-STEM, serta relevansi proyek lingkungan dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif peserta didik SMA.

Penelitian dilakukan oleh dua orang ahli konten menggunakan instrumen validasi yang terdiri atas 15 aspek penilaian dengan skala 1-5. Hasil validasi konten dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 4.3 Hasil Validasi 1 Konten.

| Nilai | Interval | Kategori |
|-------|----------|--------------|
| 80% | 81%-100% | Sangat Valid |

Berdasarkan hasil penilaian Validasi I, modul memperoleh skor 66 dari skor maksimal 75 dengan persentase kevalidan sebesar 88% dan hanya pada kategori sangat valid ¹. Meskipun telah memenuhi kriteria sangat valid, validator memberikan beberapa saran perbaikan untuk penyempurnaan isi materi.

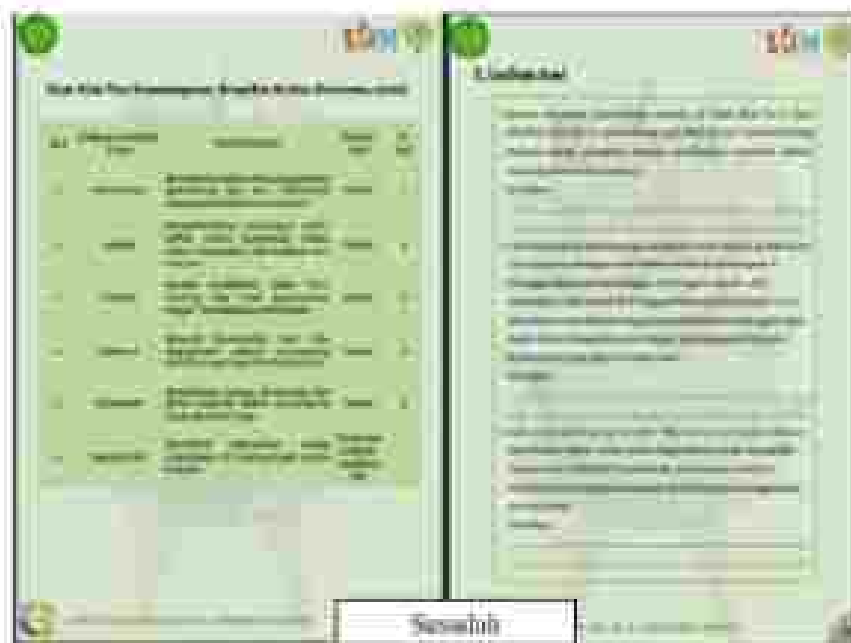
Berdasarkan hasil validasi oleh validator I memberikan saran perbaikan, terutama terkait bentuk ulangnya kisi-kisi soal sebagai dasar penyusunan instrumen evaluasi. Menindaklanjuti masukan tersebut, peneliti menambahkan kisi-kisi soal untuk memperoleh dasar penyusunan instrumen evaluasi. Hasil penilaian validasi I beserta saran ahli penilaian disajikan secara lengkap pada lampiran penelitian.

The image shows a digital form titled "K. Validasi Soal" (Validation of Questions) on a light green background. It contains three numbered questions in Indonesian, each followed by a set of horizontal lines for providing feedback. The questions are:

1. Bagaimana penilaian Anda tentang isi dan bentuk soal? Apakah penilaian Anda tentang isi dan bentuk soal tersebut sudah baik atau perlu diperbaiki?
2. Apakah pertanyaan-pertanyaan yang terdapat pada soal tersebut sudah dapat menguji kemampuan belajar? Apakah pertanyaan-pertanyaan tersebut dapat menguji kemampuan belajar yang diharapkan? Apakah pertanyaan-pertanyaan tersebut dapat menguji kemampuan belajar yang diharapkan? Apakah pertanyaan-pertanyaan tersebut dapat menguji kemampuan belajar yang diharapkan?
3. Apakah pertanyaan-pertanyaan tersebut dapat menguji kemampuan belajar yang diharapkan? Apakah pertanyaan-pertanyaan tersebut dapat menguji kemampuan belajar yang diharapkan? Apakah pertanyaan-pertanyaan tersebut dapat menguji kemampuan belajar yang diharapkan?

At the bottom of the form, there is a button labeled "Selesai" (Finish).

Gambar 13. Sebelum di perbaiki oleh validator I



Gambar 14. Setelah perbaikan dari validator 1

Sebelum dilakukan revisi, versi awal e-modul belum dilengkapi dengan ke-4-si kemampuan berpikir kritis sebagai dasar penyusunan instrumen evaluasi. Kelelahan ke-4-si tersebut menyebabkan indikator pembelajaran, level tingkat, dan bentuk soal belum terpikirkan secara sistematis. Akibatnya, kemitraan atau upaya pembelajaran berbasis Eco-STEM dengan tujuan evaluasi belum sepenuhnya terjansi. Khususnya dalam **Memperkuat kemampuan berpikir kritis peserta didik**. Setelah memperoleh masukan dari validator, dilakukan perbaikan dengan menambahkan **Ke-4-si kemampuan berpikir kritis** secara terstruktur. **KURRBM** yang disusun memuat komponen: indikator pembelajaran, materi pokok, level berpikir tingkat tinggi (HOTS), serta bentuk soal yang digunakan. Revisi ini bertujuan memastikan bahwa setiap butir soal memiliki dasar pengembangannya yang jelas dan selaras dengan

capaian pembelajaran. Dengan adanya ke-4-ke-5 tersebut, instrumen evaluasi menjadi lebih sistematis, terukur, dan mampu mempresentasikan aspek kognitif tingkat tinggi yang menjadi fokus dalam pembelajaran IIS-STEM.

Tabel 4.4 Validasi II Konten

| Nilai | Interval | Kategori |
|-------|----------|--------------|
| 96% | 81%-100% | Sangat Valid |

Hasil penilaian Validasi II menunjukkan skor 72 dari skor maksimum 75 dengan persentase ketidakhadiran sebesar 30% dan berada pada kategori sangat valid. Validasi ini dilakukan setelah revisi direvisi berdasarkan masukan dari Validasi I. Penilaian dilakukan pada kesesuaian materi dengan capaian pembelajaran, kelengkapan konsep (arah, kelengkapan pembelajaran, kesesuaian unsur STEM dalam proyek lingkungan, kelengkapan hierarki soal, serta kesesuaian evaluasi dengan indikator kognitif kritis dan kreatif.

Pada tahap validasi sebelumnya, Validasi II menilai bahwa indikator kesesuaian berpikir kritis dan kreatif pada bagian evaluasi belum sempurna. Oleh karena itu, pada tahap revisi peneliti menambahkan indikator berpikir kritis dan kreatif yang mengacu pada tujuan pembelajaran. Hasil penilaian validasi I secara umum dan penilaian dilakukan secara terpisah pada kesesuaian penilaian.



Gambar 15. Indikator berpikir kritis dan kreatif

Validasi oleh Validator II (GPA Kertany) dilakukan setelah e-modul selesai berdasarkan masukan dari Validator I. Sebelum dilakukan perbaikan, e-modul belum memuat indikator kemampuan berpikir kritis dan kreatif secara eksplisit, sehingga pengukuran kemampuan berpikir tingkat tinggi belum terstruktur secara sistematis. Selain itu, keterkaitan antara capaian pembelajaran, aktivitas proyek, dan instrumen evaluasi masih perlu diperjelas.

Berdasarkan saran validator, dilakukan penambahan indikator berpikir kritis dan kreatif yang ditambahkan secara operasional serta disertai dengan *Hot-Kill* soal. Perbaikan Validator II dilakukan pada kesesuaian materi dengan capaian pembelajaran, kepatutan konsep ilmiah, kedalaman pembahasan, serta keterpakaian materi STEM dalam proyek lingkungan. Validator II menilai bahwa penyederhanaan pada bagian proyek Eco-Enzyme sudah tepat karena mimbar kegiatan lebih terarah dan relevan dengan kompetensi yang diteliti.

Validasi konten ini bertujuan untuk memastikan materi dalam e-modul berbasis Eco-STEM terdapat Capaian Pembelajaran (CP), aspek pembelajaran, domain, aspek, kebalikan konsep, keterpaduan materi, serta relevansi, relevansi, dan mengaitkan serta relevansi proyek lingkungan dalam membandingkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif peserta didik SMA. Penelitian dilakukan oleh dua orang ahli konten menggunakan instrumen validasi yang memuat 15 aspek dengan rentang skala 1-5.

Tabel 4.5 Rekapitulasi Hasil Validasi Konten oleh Dua Ahli

| Validator | Skor | Persentase | Kategori |
|--------------|--------|------------|--------------|
| Validator I | 86,75 | 89% | Sangat Valid |
| Validator II | 72,75 | 91% | Sangat Valid |
| Total | 139,50 | 92% | Sangat Valid |

Berdasarkan tabel 4.5 di atas, bahwa hasil keseluruhan rekapitulasi validasi konten oleh dua ahli yaitu 92% yang berada pada kategori sangat valid. Secara keseluruhan, hasil validasi dua ahli ini menunjukkan adanya peningkatan kualitas sumber materi setelah proses revisi. E-Modul dinyatakan sangat layak dari aspek isi dan dapat dilanjutkan ke tahap uji coba untuk memperoleh keabsahan serta efektivitasnya dalam membandingkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif peserta didik SMA. Hasil rekapitulasi validasi konten oleh para ahli tersebut disajikan secara lengkap pada bagian penelitian.

b) Validasi Media

Validasi media dilakukan untuk menilai kegunaan e-modul berbasis eco-STEM terintegrasi proyek lingkungan dari aspek desain tampilan, kualitas teknis dan visual, kemenarikan tata letak, navigasi, keterbacaan, interaktivitas, serta keterpaduan materi STEM dalam format digital.

Penelitian dilakukan oleh tiga orang ahli media menggunakan instrumen validasi yang terdiri atas 12 aspek penilaian dengan skala 1-3. Hasil validasi media disajikan sebagai berikut:

Tabel 4.4 Hasil Validasi I Media

| Nilai | Interval | Kategori |
|-------|------------|--------------|
| 95% | 91% - 100% | Sangat Valid |

Berdasarkan hasil validasi yang dilakukan oleh Validator I sebagai ahli media, e-modul mempunyai skor total sebesar 37 (kategori persentase validitas 95% dan termasuk dalam kategori sangat valid). Penelitian dilakukan pada aspek desain tampilan, kualitas teknis dan visual, konsistensi tata letak, navigasi, serta kecerpaduan unsur STEM dalam e-modul terintegrasi proyek lingkungan. Media yang telah memenuhi kriteria sangat valid, validitas memberikan beberapa saran perbaikan untuk peningkatan kualitas interaktivitas dan kekayaan media pembelajaran. Salah satu masukan utama adalah bentuk terdapatnya video pembelajaran yang ditampilkan secara langsung dalam e-modul. Pada versi awal, materi hanya disajikan dalam bentuk teks, gambar, dan penggunaan proyek tanpa dukungan media audiovisual. Hasil penilaian validasi I beserta validasi skor dan saran perbaikan diilustrasikan secara lengkap pada lampiran penelitian.





Cambar 16. Perbaikan dari validasi media 1

Berdasarkan **hasil** **validasi** yang dilakukan oleh Validator 1 sebagai ahli **media**, perbaikan dilakukan pada aspek desain tampilan, layout, warna dan visual, konsistensi tata letak, navigasi, serta ketepatan unsur STEK dalam e-modul terintegrasi proyek lingkungan. Validasi ini dilakukan pada versi awal produk sebelum dilakukan penyempurnaan fitur multimedia. Pada tahap ini, kode QR yang disertakan dalam modul berfungsi untuk mengakses langkah-langkah atau proses pembuatan *sci-scryme* sebagai panduan visual dalam pelaksanaan proyek.

Selanjutnya, untuk tersebut, peneliti menambahkan video pembelajaran yang relevan dengan materi dan proyek lingkungan. Video dimasukkan dalam e-modul atau ditubungkan

melalui laman skripsi agar semua diakses secara. Penambahan ini bertujuan memperjelas konsep, meningkatkan daya tarik pembelajaran, serta memperkuat integrasi aspek teknologi dengan pendekatan *case-STEM*.

Tabel 4.7 Hasil Validasi II Media

| Nilai | Interval | Kategori |
|-------|------------|----------|
| 100% | 81% - 100% | Valid |

Berdasarkan hasil validasi oleh Validasi II sebagai ahli media, *e-modul* memperoleh skor total sebesar 60 dengan persentase validasi 100% dari seluruh kategori tingkat valid. Validasi ini dilakukan setelah *e-modul* mengalami revisi berdasarkan masukan sebelumnya.

Meskipun memenuhi kriteria yang sangat valid, validasi menyarankan beberapa perbaikan untuk meningkatkan kualitas interaktivitas *e-modul*. Salah satu masukan utama adalah bahwa sebelum perbaikan, *e-modul* hanya dapat berupa QR yang hanya dapat di-scan, tetapi setelah perbaikan, QR dapat di klik langsung dan dapat mengakses semua QR yang ada. Hasil perbaikan validasi II berupa *revisi dan perbaikan* diupayakan secara lengkap pada lampiran penelitian.



Gambar 17. Perbaikan dan validasi media II

Berdasarkan hasil validasi yang dilakukan oleh Validator II sebagai ahli media, penalaran dilakukan pada aspek desain tampilan, kualitas teknis dan visual, konsistensi tata letak, navigasi, keefektifan, serta kecukupan e-modul dengan pendekatan STEM terintegrasi proyek lingkungan. Validasi ini dilakukan setelah e-modul mengalami revisi berdasarkan masukan pada tahap sebelumnya, terutama terkait peningkatan interaktivitas dan kemudahan akses litera digital.

Validator II memberikan apresiasi terhadap perhatian aspek interaktivitas, terutama pada perubahan kode QR yang sebelumnya harus dipindai menjadi suatu alat yang dapat langsung diakses. Perhatian ini dinilai meningkatkan efisiensi penggunaan e-modul serta kecukupan karakteristik tahun ajar digital yang responsif dan mudah pengguna. Selain itu, konsistensi desain, keefektifan warna, serta simetrisnya penyajian materi dinilai telah sesuai dengan prinsip pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi.

Tabel 4.3 Hasil Validasi III Media

| Nilai | Interval | Kategori |
|-------|----------|--------------|
| 90% | 81%-100% | Sangat Valid |

Berdasarkan hasil validasi oleh Validator III sebagai ahli media, penalaran memperoleh skor total sebesar 29 dengan persentase validasi 90% dan termasuk dalam kategori sangat valid.

Berdasarkan hasil validasi yang dilakukan oleh Validator III sebagai ahli media, diperoleh beberapa masukan terkait aspek interaktivitas dan kecukupan fasilitas respons pada e-modul berbasis Eco-STEM terintegrasi proyek lingkungan. Salah satu masukan pada tahap validasi adalah bahwa pada versi awal e-modul belum tersedia ruang pengisian jawaban secara digital yang terintegrasi langsung dalam modul. Kondisi ini dinilai kurang optimal dalam mendukung keefektifan e-modul sebagai bahan ajar berbasis teknologi yang seharusnya memfasilitasi respons secara langsung dan interaktif. Hasil penilaian validator III beserta

tersebut akan dan akan dilakukan dengan secara lengkap pada
 lampiran penelitian.



Gambar 18. Perbaikan dari validasi media III

Menambahkan **9** **10** **11** **12** **13** **14** **15** **16** **17** **18** **19** **20** **21** **22** **23** **24** **25** **26** **27** **28** **29** **30** **31** **32** **33** **34** **35** **36** **37** **38** **39** **40** **41** **42** **43** **44** **45** **46** **47** **48** **49** **50** **51** **52** **53** **54** **55** **56** **57** **58** **59** **60** **61** **62** **63** **64** **65** **66** **67** **68** **69** **70** **71** **72** **73** **74** **75** **76** **77** **78** **79** **80** **81** **82** **83** **84** **85** **86** **87** **88** **89** **90** **91** **92** **93** **94** **95** **96** **97** **98** **99** **100** **101** **102** **103** **104** **105** **106** **107** **108** **109** **110** **111** **112** **113** **114** **115** **116** **117** **118** **119** **120** **121** **122** **123** **124** **125** **126** **127** **128** **129** **130** **131** **132** **133** **134** **135** **136** **137** **138** **139** **140** **141** **142** **143** **144** **145** **146** **147** **148** **149** **150** **151** **152** **153** **154** **155** **156** **157** **158** **159** **160** **161** **162** **163** **164** **165** **166** **167** **168** **169** **170** **171** **172** **173** **174** **175** **176** **177** **178** **179** **180** **181** **182** **183** **184** **185** **186** **187** **188** **189** **190** **191** **192** **193** **194** **195** **196** **197** **198** **199** **200** **201** **202** **203** **204** **205** **206** **207** **208** **209** **210** **211** **212** **213** **214** **215** **216** **217** **218** **219** **220** **221** **222** **223** **224** **225** **226** **227** **228** **229** **230** **231** **232** **233** **234** **235** **236** **237** **238** **239** **240** **241** **242** **243** **244** **245** **246** **247** **248** **249** **250** **251** **252** **253** **254** **255** **256** **257** **258** **259** **260** **261** **262** **263** **264** **265** **266** **267** **268** **269** **270** **271** **272** **273** **274** **275** **276** **277** **278** **279** **280** **281** **282** **283** **284** **285** **286** **287** **288** **289** **290** **291** **292** **293** **294** **295** **296** **297** **298** **299** **300** **301** **302** **303** **304** **305** **306** **307** **308** **309** **310** **311** **312** **313** **314** **315** **316** **317** **318** **319** **320** **321** **322** **323** **324** **325** **326** **327** **328** **329** **330** **331** **332** **333** **334** **335** **336** **337** **338** **339** **340** **341** **342** **343** **344** **345** **346** **347** **348** **349** **350** **351** **352** **353** **354** **355** **356** **357** **358** **359** **360** **361** **362** **363** **364** **365** **366** **367** **368** **369** **370** **371** **372** **373** **374** **375** **376** **377** **378** **379** **380** **381** **382** **383** **384** **385** **386** **387** **388** **389** **390** **391** **392** **393** **394** **395** **396** **397** **398** **399** **400** **401** **402** **403** **404** **405** **406** **407** **408** **409** **410** **411** **412** **413** **414** **415** **416** **417** **418** **419** **420** **421** **422** **423** **424** **425** **426** **427** **428** **429** **430** **431** **432** **433** **434** **435** **436** **437** **438** **439** **440** **441** **442** **443** **444** **445** **446** **447** **448** **449** **450** **451** **452** **453** **454** **455** **456** **457** **458** **459** **460** **461** **462** **463** **464** **465** **466** **467** **468** **469** **470** **471** **472** **473** **474** **475** **476** **477** **478** **479** **480** **481** **482** **483** **484** **485** **486** **487** **488** **489** **490** **491** **492** **493** **494** **495** **496** **497** **498** **499** **500** **501** **502** **503** **504** **505** **506** **507** **508** **509** **510** **511** **512** **513** **514** **515** **516** **517** **518** **519** **520** **521** **522** **523** **524** **525** **526** **527** **528** **529** **530** **531** **532** **533** **534** **535** **536** **537** **538** **539** **540** **541** **542** **543** **544** **545** **546** **547** **548** **549** **550** **551** **552** **553** **554** **555** **556** **557** **558** **559** **560** **561** **562** **563** **564** **565** **566** **567** **568** **569** **570** **571** **572** **573** **574** **575** **576** **577** **578** **579** **580** **581** **582** **583** **584** **585** **586** **587** **588** **589** **590** **591** **592** **593** **594** **595** **596** **597** **598** **599** **600** **601** **602** **603** **604** **605** **606** **607** **608** **609** **610** **611** **612** **613** **614** **615** **616** **617** **618** **619** **620** **621** **622** **623** **624** **625** **626** **627** **628** **629** **630** **631** **632** **633** **634** **635** **636** **637** **638** **639** **640** **641** **642** **643** **644** **645** **646** **647** **648** **649** **650** **651** **652** **653** **654** **655** **656** **657** **658** **659** **660** **661** **662** **663** **664** **665** **666** **667** **668** **669** **670** **671** **672** **673** **674** **675** **676** **677** **678** **679** **680** **681** **682** **683** **684** **685** **686** **687** **688** **689** **690** **691** **692** **693** **694** **695** **696** **697** **698** **699** **700** **701** **702** **703** **704** **705** **706** **707** **708** **709** **710** **711** **712** **713** **714** **715** **716** **717** **718** **719** **720** **721** **722** **723** **724** **725** **726** **727** **728** **729** **730** **731** **732** **733** **734** **735** **736** **737** **738** **739** **740** **741** **742** **743** **744** **745** **746** **747** **748** **749** **750** **751** **752** **753** **754** **755** **756** **757** **758** **759** **760** **761** **762** **763** **764** **765** **766** **767** **768** **769** **770** **771** **772** **773** **774** **775** **776** **777** **778** **779** **780** **781** **782** **783** **784** **785** **786** **787** **788** **789** **790** **791** **792** **793** **794** **795** **796** **797** **798** **799** **800** **801** **802** **803** **804** **805** **806** **807** **808** **809** **810** **811** **812** **813** **814** **815** **816** **817** **818** **819** **820** **821** **822** **823** **824** **825** **826** **827** **828** **829** **830** **831** **832** **833** **834** **835** **836** **837** **838** **839** **840** **841** **842** **843** **844** **845** **846** **847** **848** **849** **850** **851** **852** **853** **854** **855** **856** **857** **858** **859** **860** **861** **862** **863** **864** **865** **866** **867** **868** **869** **870** **871** **872** **873** **874** **875** **876** **877** **878** **879** **880** **881** **882** **883** **884** **885** **886** **887** **888** **889** **890** **891** **892** **893** **894** **895** **896** **897** **898** **899** **900** **901** **902** **903** **904** **905** **906** **907** **908** **909** **910** **911** **912** **913** **914** **915** **916** **917** **918** **919** **920** **921** **922** **923** **924** **925** **926** **927** **928** **929** **930** **931** **932** **933** **934** **935** **936** **937** **938** **939** **940** **941** **942** **943** **944** **945** **946** **947** **948** **949** **950** **951** **952** **953** **954** **955** **956** **957** **958** **959** **960** **961** **962** **963** **964** **965** **966** **967** **968** **969** **970** **971** **972** **973** **974** **975** **976** **977** **978** **979** **980** **981** **982** **983** **984** **985** **986** **987** **988** **989** **990** **991** **992** **993** **994** **995** **996** **997** **998** **999** **1000** **1001** **1002** **1003** **1004** **1005** **1006** **1007** **1008** **1009** **1010** **1011** **1012** **1013** **1014** **1015** **1016** **1017** **1018** **1019** **1020** **1021** **1022** **1023** **1024** **1025** **1026** **1027** **1028** **1029** **1030** **1031** **1032** **1033** **1034** **1035** **1036** **1037** **1038** **1039** **1040** **1041** **1042** **1043** **1044** **1045** **1046** **1047** **1048** **1049** **1050** **1051** **1052** **1053** **1054** **1055** **1056** **1057** **1058** **1059** **1060** **1061** **1062** **1063** **1064** **1065** **1066** **1067** **1068** **1069** **1070** **1071** **1072** **1073** **1074** **1075** **1076** **1077** **1078** **1079** **1080** **1081** **1082** **1083** **1084** **1085** **1086** **1087** **1088** **1089** **1090** **1091** **1092** **1093** **1094** **1095** **1096** **1097** **1098** **1099** **1100** **1101** **1102** **1103** **1104** **1105** **1106** **1107** **1108** **1109** **1110** **1111** **1112** **1113** **1114** **1115** **1116** **1117** **1118** **1119** **1120** **1121** **1122** **1123** **1124** **1125** **1126** **1127** **1128** **1129** **1130** **1131** **1132** **1133** **1134** **1135** **1136** **1137** **1138** **1139** **1140** **1141** **1142** **1143** **1144** **1145** **1146** **1147** **1148** **1149** **1150** **1151** **1152** **1153** **1154** **1155** **1156** **1157** **1158** **1159** **1160** **1161** **1162** **1163** **1164** **1165** **1166** **1167** **1168** **1169** **1170** **1171** **1172** **1173** **1174** **1175** **1176** **1177** **1178** **1179** **1180** **1181** **1182** **1183** **1184** **1185** **1186** **1187** **1188** **1189** **1190** **1191** **1192** **1193** **1194** **1195** **1196** **1197** **1198** **1199** **1200** **1201** **1202** **1203** **1204** **1205** **1206** **1207** **1208** **1209** **1210** **1211** **1212** **1213** **1214** **1215** **1216** **1217** **1218** **1219** **1220** **1221** **1222** **1223** **1224** **1225** **1226** **1227** **1228** **1229** **1230** **1231** **1232** **1233** **1234** **1235** **1236** **1237** **1238** **1239** **1240** **1241** **1242** **1243** **1244** **1245** **1246** **1247** **1248** **1249** **1250** **1251** **1252** **1253** **1254** **1255** **1256** **1257** **1258** **1259** **1260** **1261** **1262** **1263** **1264** **1265** **1266** **1267** **1268** **1269** **1270** **1271** **1272** **1273** **1274** **1275** **1276** **1277** **1278** **1279** **1280** **1281** **1282** **1283** **1284** **1285** **1286** **1287** **1288** **1289** **1290** **1291** **1292** **1293** **1294** **1295** **1296** **1297** **1298** **1299** **1300** **1301** **1302** **1303** **1304** **1305** **1306** **1307** **1308** **1309** **1310** **1311** **1312** **1313** **1314** **1315** **1316** **1317** **1318** **1319** **1320** **1321** **1322** **1323** **1324** **1325** **1326** **1327** **1328** **1329** **1330** **1331** **1332** **1333** **1334** **1335** **1336** **1337** **1338** **1339** **1340** **1341** **1342** **1343** **1344** **1345** **1346** **1347** **1348**

terintegrasi proyek lingkungan dalam pembelajaran. **Keefektifan** studi ini **diteliti** untuk **mengetahui** respon peserta didik yang diberikan setelah penggunaan e-modul dalam proses pembelajaran.

a) **Respon Peserta Didik**

1) **Uji Coba VII/Coba Terbatas**

Uji coba I dilakukan dengan melibatkan 20 peserta didik pada satu kelas uji coba yaitu SMA Negeri 2 Kota Dumai. Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kepraktisan awal e-modul sebelum diterapkan pada skala yang lebih luas. Setiap item pada angket respon diberi skor minimum 1 dan maksimum 4.

Tabel 4.10 Hasil Penilaian Angket Respon Peserta Didik Uji Coba I

| Jumlah Peserta Didik | Skor Total | Skor Maksimal | Persentase (%) | Kategori |
|----------------------|------------|---------------|----------------|----------------|
| 20 | 2782 | 2800 | 97% | Sangat Praktis |

Berdasarkan tabel tersebut, diperoleh skor total sebesar 2782 dan skor maksimal 2800 dengan persentase kepraktisan sebesar 97%. Nilai tersebut berada pada interval 85%-100% dengan kategori sangat praktis. Hasil ini menunjukkan bahwa e-modul berbasis e-STEM yang dikembangkan sudah digunakan untuk **meningkatkan** **kemampuan** **peserta didik** dalam **memahami** **proses** dan **melaksanakan** **proyek** **lingkungan** secara **holistik**. Berdasarkan tanggapan peserta didik, e-modul sudah memiliki tampilan yang menarik, navigasi yang mudah diakses, petunjuk kegiatan yang jelas, serta fitur interaktif seperti gambar animasi dan QR code yang mendukung pembelajaran berbasis teknologi. Proyek lingkungan yang terintegrasi dengan permasalahan nyata juga membuat peserta didik lebih aktif, kreatif, dan terlibat dalam proses pembelajaran. Dengan demikian, berdasarkan uji coba I, e-modul memenuhi kriteria sangat praktis dan layak dibagikan pada tahap uji coba II.

Kincan hasil angket respon peserta didik pada uji coba I diamanatkan secara lengkap pada lampiran penelitian.

2) Uji Coba 2

Uji coba ini dilakukan untuk melihat uji kevalidan dengan siswa yang lebih besar yang dilakukan pada dua kelas SMA Negeri 4 dan SMA Negeri 2 Kota Bengkulu. Sesuai keutamaan, jumlah subjek pada tahap uji coba II sebanyak 104 peserta didik. Angket respon terdiri atas 20 butir pernyataan dengan rentang skor 1-4.

Tabel 4.11 Hasil Penilaian Angket Respon Peserta Didik Uji coba II

| Jumlah Responden | Skor Total | Skor Maksimal | Persentase (%) | Kategori |
|------------------|------------|---------------|----------------|----------------|
| 104 | 3.055 | 3.440 | 89% | Sangat Praktis |

Nilai persentase sebesar 89%, berada pada interval 81%-100% dengan kategori Sangat Praktis. Sesuai uraian, sebagian besar peserta didik memberikan penilaian pada skor tinggi (3 dan 4) di hampir seluruh angket yang disidik, meliputi kemudahan penggunaan, kejelasan petunjuk, keterpaduan kegiatan proyek, kemanfaatan aplikasi, serta kebermanfaatan e-modul dalam membantu pembelajaran materi.

Hasil ini menunjukkan bahwa e-modul berbasis eod-STEM terintegrasi proyek lingkungan dapat digunakan secara efektif pada siswa yang lebih luas. Peserta didik menilai e-modul mudah diakses, sistematis, dan mendukung keseliputan aktif dalam pembelajaran. Dengan demikian, berdasarkan hasil uji coba II, e-modul yang dikembangkan ini memiliki kualitas sangat praktis dan layak dipergunakan untuk materi lebih luas dalam pembelajaran di SMA Negeri Kota Bengkulu. Kincan hasil respon peserta didik pada tahap uji coba II, disajikan secara lengkap pada lampiran penelitian.

b) **Respon Guru**

Uji kelayakan hasil belajar melibatkan peserta didik, tetapi juga melibatkan guru sebagai praktisi pembelajaran untuk menilai kelayakan dan kemaslahatan penggunaan e-modul berbasis eco-STEM dalam rangka proyek lingkungan. Penelitian dilakukan melalui angket kepada guru yang terdiri atas 20 aspek dengan rentang skor 1-4.

Aspek yang dinilai meliputi kesesuaian materi dengan **konteks pembelajaran**, kemudahan implementasi di kelas, kelayakan petunjuk, kesesuaian pendekatan STEM dengan proyek lingkungan, dukungan terhadap **pengembangan kompetensi** **keguruan** dan **siswa**, serta keterkaitan dan kebermampuan e-modul dalam pembelajaran.

1) **Eji Ciba SMA/MA Kota Terbita**

Uji kelayakan melibatkan dua orang guru dari SMA Negeri 2 Kota Bengkulu. Hasil penelitian dapat dirangkum sebagai berikut:

Tabel 4.12. Hasil Penilaian Angket Respon Guru Eji Ciba 1

| Jumlah Responden | Skor Total | Skor Maksimal | Persentase (%) | Kategori |
|------------------|------------|---------------|----------------|-------------|
| 2 Guru | 33 | 40 | 80% | Sangat Baik |

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh skor total sebesar 33 dari skor maksimal 40 dengan persentase rata-rata sebesar 80%. Hasil analisis terdapat pada interval 80%-100% dengan kategori **Sangat Baik**. Secara rinci, guru pertama memberikan persentase sebesar 90%, sedangkan guru kedua memberikan persentase sebesar 70%.

Hasil ini menunjukkan bahwa e-modul berbasis eco-STEM dalam rangka proyek lingkungan lebih sesuai dengan kebutuhan pembelajaran, mudah diimplementasikan dalam proses pembelajaran, serta mendukung pelaksanaan proyek secara sistematis dan kontekstual. Guru juga menilai bahwa e-modul membantu meningkatkan pembelajaran yang lebih aktif serta

mendukung pengembangan **keberhasilan** **berpikir kritis dan kreatif** peserta didik. Dengan demikian, berdasarkan respon guru pada uji coba I, e-modul dikatakan sangat praktis dan layak untuk digunakan pada tahap uji coba II. **Skor dan Rangkuman respon guru pada uji coba I dituliskan secara lengkap pada lampiran penelitian.**

2) Uji Coba II

Uji coba II melibatkan empat orang guru dengan masing-masing 2 guru dari SMA Negeri 4 Kota Bengkulu dan 2 guru dari SMA 7 Kota Bengkulu. Penilaian dilakukan menggunakan lembar dengan **10** **Daftar pernyataan** dan **rentang skor 1-5**.

Tabel 4.13 Hasil Penilaian Angket Respon Guru Uji Coba II

| Jumlah Responden | Skor Total | Skor Maksimal | Persentase (%) | Kategori |
|------------------|------------|---------------|----------------|----------------|
| 4 Guru | 309 | 320 | 97% | Sangat Praktis |

Nilai 97% **terdapat pada interval 91%–100%** dengan kategori **Sangat Praktis**. Selain hasil guru pertama memperoleh persentase 100%, guru kedua 95%, guru ketiga 95%, dan guru keempat 97%. Seluruh responden memberikan penilaian **pada kategori sangat praktis**. Hasil ini menunjukkan bahwa **penilaian berbasis e-STEAD** **berlangsung** **proses** **berlangsung** sangat mudah digunakan, dimanfaatkan, serta relevan dengan kebutuhan pembelajaran di SMA. Guru menilai e-modul mampu mendukung implementasi pembelajaran berbasis **teknik** **meningkatkan** **pengelolaan** **kegiatan kelas** **serta** **keingintahuan** **keterlibatan** **aktif** **peserta didik** **dalam** **proses** **pembelajaran**. **Dengan demikian**, berdasarkan hasil uji coba II dari respon guru, **e-modul yang dikembangkan** **dinyatakan** **sangat** **praktis dan layak** **digunakan** **sebagai** **alat** **dan** **media** **pembelajaran**.

5. Tahap Penelitian (Revisi)

Tahap evaluasi merupakan fase akhir dalam penelitian pengembangan yang berfungsi sebagai mekanisme verifikasi terhadap kualitas, kelayakan, dan efektivitas e-modul berbasis STEAD menggunakan

proyek lingkungan. Penelitian dilakukan berdasarkan tiga indikator utama pengembangan yaitu:

- 1) Aspek kevalidan diperoleh melalui validasi ahli keahli **IT** dan media. Validasi ini bertujuan untuk memastikan kesesuaian materi dengan capaian pembelajaran, kompetensi khusus khusus, kompetensi pendidikan STEM serta kebijakan kurikulum dan sistematis penyajian. Hasil validasi menunjukkan bahwa e-modul berbasis **kompetensi** sangat valid, yaitu berarti secara substansi dan desain telah memenuhi standar kebijakan bahan ajar.
- 2) Aspek **kepraktisan** diukur melalui tingkat respon guru dan peserta didik sesuai **penggunaan** e-modul dalam pembelajaran. Hasil respon menunjukkan **kegiatan** sangat praktis, yang mengindikasikan bahwa **prosedur** mudah digunakan, sederhana, menarik, serta mendukung aktivitas pembelajaran berbasis proyek secara efektif.
- 3) Aspek keterlaksanaan dan efektivitas ditinjau melalui observasi proses pembelajaran dan analisis hasil belajar. Implementasi e-modul menunjukkan bahwa pembelajaran menjadi lebih menyenangkan, kontekstual, dan bermakna. Peserta didik terlibat aktif dalam kegiatan investigatif, diskusi analisis, serta penyelesaian proyek lingkungan yang mencakup integrasi konsep sains, teknologi, **lingkungan**, dan masyarakat.

Penyempurnaan yang diperoleh diidentifikasi sebagai deskriptif **kepraktisan** tingkat **kepraktisan** penggunaan oleh berdasarkan kriteria yang telah ditentukan. Interpretasi dilakukan secara sistematis untuk mengidentifikasi keunggulan, efektivitas penggunaan, serta aspek yang memerlukan penyempurnaan. Selain dari validasi dan pengujian diakukan **hasil** dalam melakukan **tes** soal akhir praktik, sehingga e-modul yang dihasilkan benar-benar siap untuk diimplementasikan secara lebih luas.

Selain keefektifitas hasil evaluasi menunjukkan bahwa e-modul berbasis STEM selanjutnya proyek lingkungan telah memenuhi kriteria

ungkap nilai dan sikap praktisi serta efektif dalam mendukung penguatan kompetensi berpikir kritis, kreatif, kolaborasi dan komunikasi peserta didik. Temuan ini mengungkap bahwa pengembangan modul tidak hanya berbasis secara teknis, tetapi juga memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan kualitas proses pembelajaran.

Demikian, secara akademik dan empiris, e-modul yang dikembangkan tidak dirumuskan dalam sebuah bahan ajar inovatif di tingkat SMA. Peserta ini memiliki relevansi tinggi dalam mendukung pembelajaran berbasis STEM dan relevansi praktisi dalam menjawab tantangan pembelajaran abad ke-21 yang berorientasi pada pemecahan masalah lingkungan berbasis keberlanjutan.

B. Pembahasan Hasil Penelitian

1. Proses dan Hasil Pengembangan E-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan

Proses pengembangan e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan dilakukan secara sistematis melalui tahapan analisis kebutuhan, penentuan, pengujian, implementasi, dan evaluasi. Tahapan tersebut bertujuan menghasilkan modul yang tidak hanya layak secara isi dan media, tetapi juga mampu meningkatkan penguasaan kemampuan berpikir kritis dan kreatif peserta didik secara signifikan. Integrasi pendekatan STEM terbukti mampu meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi karena pembelajaran menekankan penyelesaian masalah nyata dan penerapan konsep secara kontekstual (Kusnataji et al., 2024).

Pada tahap analisis kebutuhan, pembelajaran dimulakan untuk membantu peserta didik memahami fenomena lingkungan secara komprehensif (Nurhidayah, 2023). Aktivitas dalam e-modul mendorong siswa melakukan interpretasi terhadap data pemantauan, mengidentifikasi permasalahan, serta memahami risiko dan fenomena yang terjadi di lingkungan sekitar. Kemampuan interpretasi merupakan kompetensi penting dalam berpikir kritis karena berkaitan dengan penarikan inferensi, pengujian, dan strategi yang diadopsi (Ghozali, 2023).

Talip desain e-modul mengintegrasikan aktivitas STEM dalam bentuk proyek lingkungan yang mendorong keterlibatan aktif peserta didik dalam menganalisis masalah, menguji hipotesis, membangun sebuah alat, serta mendemonstrasikan sebuah bentuk konsep sains dan teknologi. Aktivitas ini melatih kemampuan analisis peserta didik dalam memahami keterkaitan antara konsep ilmiah, data empiris, serta fenomena nyata. Pembelajaran berbasis proyek dikatakan efektif meningkatkan keterampilan analisis dan **kompetensi berpikir kritis** karena peserta didik terlibat langsung dalam proses pemecahan masalah (Tiao et al., 2023).

Selain itu, e-modul dirancang untuk mengembangkan kemampuan evaluasi melalui kegiatan diskusi, pengamatan, dan penilaian terhadap solusi yang diajukan. Peserta didik dilatih menilai kredibilitas informasi, mempertanggungjawabkan bukti, serta menggunakan kepastian yang logis. Evaluasi merupakan inti dari berpikir kritis karena berkaitan dengan kemampuan menilai kekuatan argumen dan validitas informasi (Facione, 2023).

Kemampuan literasi juga dikembangkan melalui aktivitas memumukakan hipotesis, menarik kesimpulan, dan mengobservasi dampak dari solusi yang dirancang. Pembelajaran STEM berbasis proyek terbukti mampu meningkatkan kemampuan siswa dalam menyusun pendirian dan menarik kesimpulan berdasarkan bukti empiris (Kurniasari et al., 2024).

Selanjutnya, kemampuan perbandingan difasilitasi melalui kegiatan presentasi hasil proyek dan penyusunan laporan. Peserta didik diminta menjelaskan proses penelitian serta mempresentasikan solusi yang dihasilkan secara argumentatif. Kegiatan ini penting untuk kemampuan menjelaskan merupakan bentuk konkret dari berpikir kritis yang menuntut penyajian argumen secara logis dan sistematis (Facione, 2023).

Pada aspek pengujian diri, e-modul menyediakan refleksi **pengetahuan yang dimiliki yang peserta didik** mengenai alasan proses berpikir kritis adalah, serta strategi yang digunakan dalam menyelesaikan masalah. Kemampuan ini berperan dalam meningkatkan kesadaran metakognitif sehingga siswa mampu mengontrol proses belajar secara mandiri (Facione, 2023).

Seamless learning terjadi, penemuan-penemuan juga dilakukan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif. Aktivitas pembelajaran dirancang agar siswa mampu menghasilkan berbagai ide dalam sebuah permasalahan lingkungan. Kemampuan berkreasi dan fleksibilitas dikembangkan melalui kegiatan analisis fenomena lingkungan dan berbagai sudut pandang. Pembelajaran berbasis STEM-proyek terbukti efektif meningkatkan kreativitas karena memberikan ruang eksplorasi dan eksperimen kepada peserta didik (Widiyanti & Ghofar, 2024).

Kemampuan verbal-lisik minimal ketika siswa diminta menantang solusi berbasis Komunitas untuk secara mandiri, sedangkan etimologi dikembangkan melalui kegiatan pengembangan ide menjadi rencana tindakan yang rinci. Kreativitas siswa meningkat ketika pembelajaran menggunakan media sebagai pemecah masalah yang aktif dalam konteks nyata (Purnama *et al.*, 2024).

Seamless learning, hasil penemuan-penemuan menunjukkan bahwa: media berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan mampu menjadi sarana pembelajaran yang relevan dengan permasalahan lokal. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep, tetapi juga mendorong keterampilan berkolaborasi dan berkreasi pemecahan masalah. Integrasi STEM dan proyek lingkungan meningkatkan pembelajaran lebih bermakna karena peserta didik terlibat langsung dalam mengdaya gunakan semua mata untuk menantang solusi yang aplikatif (Thio *et al.*, 2023).

2. Tingkat Kevalidan E-Media Berbasis STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan

Tingkat kevalidan e-media berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan pada penelitian ini diukur berdasarkan validasi ahli empat validasi instrumen, validasi desain, validasi isi media, dan validasi ahli bahasa. Penelitian ini menekankan keterkaitan antara data penelitian dengan analisis teoritis pengembangan bahan ajar digital serta prinsip validasi dalam penelitian pengembangan.

Berdasarkan hasil penelitian, skor uji instrumen yang digunakan dalam pengembangan e-modul mencapai persentase validasi di atas 90%, yaitu lembar validasi ahli media sebesar 90%, lembar validasi ahli bahasa sebesar 92%, lembar respon peserta didik sebesar 90%, serta angket respon guru sebesar 96%. Temuan ini menunjukkan bahwa instrumen yang digunakan telah memenuhi kriteria sangat valid dan layak digunakan untuk mengukur kualitas produk pengembangan. Validitas instrumen **tersebut layak awal yang penting** karena **menunjukkan** ketepatan data yang diperoleh dalam proses pengembangan produk pembelajaran (Baghyono, 2022).

Hasil validasi desain oleh ahli **media** menunjukkan persentase sebesar 90% dengan kategori sangat valid. Nilai tersebut menunjukkan bahwa e-modul telah memenuhi aspek desain tampilan, kualitas konten, ketergubahan media dengan pendekatan Fun-STEM, serta kemenarikan visual. Desain visual yang baik menjadi kompetensi penting dalam hal ini agar digitalisasi benar-benar meningkatkan keterbacaan, kenyamanan **berinteraksi** serta keefektifitas peserta didik dalam proses pembelajaran berbasis teknologi (Branch, 2020).

Validasi ahli media yang dilakukan secara bertahap oleh tiga validator menunjukkan peningkatan kualitas e-modul setelah dilakukan revisi. Validasi pertama memberikan persentase validasi sebesar 90% dengan saran penambahannya yaitu pembelajaran untuk memperkuat visualisasi konsep. Setelah revisi dilakukan, validasi kedua memberikan persentase sebesar 100% dengan kategori sangat valid, terutama pada aspek interaktivitas, navigasi, dan kemenarikan desain. Validasi ketiga memberikan persentase sebesar 98% dengan saran penambahannya **huruf** respon digital melalui kode QR agar siswa dapat menggunakan jumlah secara langsung. Hasil ini menunjukkan bahwa proses revisi bertahap masalah ahli berperan penting dalam meningkatkan kualitas produk pengembangan (Tanner, 2019).

Sementara itu, analisis ahli validasi ahli media menunjukkan persentase rata-rata sebesar 98% dengan kategori sangat valid. Hal ini

mengidentifikasi bahwa e-modul telah memenuhi standar media pembelajaran digital dari aspek tampilan, navigasi, interaktivitas, serta integrasi unsur STEM dalam proyek lingkungan. Media pembelajaran yang valid secara teknis dan visual mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik **dan mendukung pembelajaran yang lebih efektif dan bermakna** (Mayer, 2021).

Pada aspek isi, **validasi isi** menunjukkan persentase **persentase sebesar 92%** dengan **kategori sangat valid**. Validator pertama memberikan nilai 80% dan menyarankan pemidahan link-link web agar komunikasi antara indikator pembelajaran, materi, dan esensial lebih bermakna. Setelah dilakukan revisi, validator kedua memberikan penilaian sebesar 90% dan menyatakan bahwa materi telah sesuai dengan capaian pembelajaran, ketepatan konsep ilmiah, kedalaman pembelajaran, serta keterpaduan pendekatan STEM.

Tingkat validasi materi yang tinggi **menunjukkan bahwa e-modul telah memenuhi kriteria ketuntasan** (i.e. yaitu ketuntasan materi dengan kriteria ketepatan konsep ilmiah, serta kesesuaian dengan tujuan pembelajaran. Validasi ini merupakan indikator utama dalam pengembangan bahan ajar karena berkaitan langsung dengan kualitas pembelajaran **dan penguasaan konsep peserta didik** (Nugroho, 2022).

Selain itu, kesesuaian materi dengan indikator kemampuan berpikir kritis dan kreatif juga menjadi bagian penting dalam validasi. Saat evaluasi, **kelebihan proyek**, serta lembar diskusi dirancang untuk melatih kemampuan **berpikir kritis, masalah pemecahan, informasi, perbandingan, dan pengorganisasian** sebagaimana **indikator berpikir kritis**, serta kelengkapan **ke. Fleksibilitas, orisinalitas, elaborasi**, dan berpikir mandiri pada indikator kreativitas. **Kemampuan ini** menunjukkan bahwa e-modul **tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep**, tetapi juga pada **pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi** (Fadlan, 2022).

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa proses validasi yang dilakukan secara bertahap memberikan kontribusi nyata terhadap penyempurnaan produk. Revisi yang dilakukan berdasarkan saran validator,

seperti perbaikan tayar cetak, penambahan video, penyempurnaan materi gambar, serta penyusunan ke-ke-creators, memperbaiki tampilan e-modul dan aspek media maupun materi. Hal ini sejalan dengan prinsip pembuatan penyuntingan yang menekankan bahwa produk yang valid diperoleh melalui proses evaluasi dan revisi berkelanjutan (Dunah, 2020).

Dengan demikian, berdasarkan hasil validasi isi, isi, bahasa, dan desain **E-modul** ini valid dan validasi ahli bahasa, **seperti** berbasis **STEM** terintegrasi proyek lingkungan yang dikembangkan dalam penelitian ini diyakini memiliki tingkat kevalidan sangat tinggi. Produk telah memenuhi standar kelayakan isi, kemiripan pembelajaran, serta media digital sehingga layak **dipakai dalam pembelajaran** untuk meningkatkan **kompetensi berpikir kritis dan kreatif peserta didik SMA**.

3. Tingkat Kepraktisan E-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan

Kepraktisan merupakan indikator penting dalam penilaian pengembangan karena menunjukkan sejauh mana produk mudah digunakan, dipahami, dan diterapkan dalam situasi pembelajaran nyata. E-modul yang praktis tidak hanya mudah digunakan, tetapi juga mampu mendukung proses pembelajaran secara efektif, efisien, serta sesuai dengan karakteristik pengguna baik peserta didik maupun guru.

Berdasarkan hasil uji coba I dan uji coba II, e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan menunjukkan tingkat kepraktisan yang sangat tinggi. Hasil uji coba **seperti** peserta didik pada uji coba I **menyebutkan** kepraktisan sebesar 97% dengan **kepraktisan** sangat praktis. Sementara itu, **respons** guru pada uji coba yang sama **menyebutkan** kepraktisan sebesar 96% dengan **kepraktisan** sangat praktis. Pada uji coba II, tingkat kepraktisan e-modul tetap konsisten tinggi, yaitu 97% berdasarkan **respons** peserta didik dan 97% berdasarkan **respons** guru. Temuan ini menunjukkan bahwa e-modul tidak hanya praktis pada skala kecil, tetapi juga stabil digunakan pada skala yang lebih luas.

Tingginya tingkat kepraktisan tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor utama. Pertama, e-modul dirancang dengan tata letak yang sistematis

dan motivasi yang juga sebagai memotivasi peserta didik mengimani dan menjitajam. Struktur kegiatan yang dimulai dari identifikasi masalah, eksplorasi konsep, perencanaan solusi, hingga refleksi menjadikan proses belajar lebih termah dan mudah dipahami. Proses desain pembelajaran yang demikian diketahui mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik dan memudahkan proses belajar mandiri (Mayer, 2021).

Kedua, integrasi proyek langgam yang kondusif membuat peserta didik lebih mudah memahami materi karena berkaitan langsung dengan kehidupan sehari-hari. Pembelajaran yang kontekstual sendiri meningkatkan motivasi belajar serta keterampilan awal peserta didik dalam proses menjitajam (Hadi A. Nurhadi, 2022). Melalui proyek yang berbasis permasalahan nyata, peserta didik lebih mudah memahami konsep, menerapkan mengaplikasikan pengetahuan secara langsung dalam bentuk solusi sederhana.

Ketiga, penggunaan media digital interaktif dalam e-modul mendukung efektivitas belajar. Fitur seperti visualisasi materi dan integrasi animasi atau kode program digital meningkatkan peserta didik belajar secara mandiri maupun kolaborasi. Bahan ajar digital yang interaktif terbukti meningkatkan kemampuan penggunaan serta efektivitas menjitajam karena memberikan pengalaman belajar yang lebih beragam (Prasetyo & Sari, 2023).

Keempat, e-modul dirancang sesuai dengan karakteristik pembelajaran berbasis STEM yang menekankan eksplorasi, pemecahan masalah, dan rekayasa solutifnya. Model pembelajaran STEM water smart membekali pengalaman belajar yang aktif dan aplikatif sehingga lebih mudah dituangkan dalam kegiatan kelas (Hobee, 2020). Integrasi unsur teks, tabel, gambar, rekayasa, dan multimedia dalam satu kegiatan proyek membuat pembelajaran lebih lengkap dan mudah dipahami oleh peserta didik.

Respons positif guru juga meningkatkan habitus e-modul praktis digunakan dalam pembelajaran. Guru menilai habitus e-modul membantu dalam menantang kegiatan proyek, menyajikan materi secara sistematis,

serta memfasilitasi kemampuan berpikir kritis dan literasi peserta didik. Keberhasilan penerapan penggunaan dan metode yang jelas menimbulkan guru dalam mengimplementasikan e-modul tapi memerlukan penyusunan yang kompleks. Hal ini yang penulis utamanya memiliki karakteristik mudah diadopsi. Akibatnya dan mendukung kegiatan pembelajaran berbasis digital (Aryani, 2020).

Kepuasan e-modul juga terlihat dari kemampuan peserta didik mengikuti seluruh tahapan pembelajaran secara mandiri maupun kolaborasi. Peserta didik mampu memahami masalah, mengerjakan tugas proyek, serta melakukan analisis data tanpa mengalami kesulitan berarti. Hal ini menunjukkan bahwa desain e-modul telah sesuai dengan tingkat perkembangan kognitif peserta didik SMA yang berarti juga tahap operasional konkrit, sehingga mampu berpikir logis dan sistematis (Haris, 2021).

Selain itu, minat peserta didik menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi e-modul mendorong motivasi aktif siswa peserta didik, guru dan lingkungan belajar. Keberhasilan ini/tersebut menjadi indikator bahwa minat yang tinggi peserta didik, guru, orang tua, juga mampu meningkatkan partisipasi bermakna. Partisipasi bermakna adalah ketika peserta didik terlibat langsung dalam proses eksplorasi, refleksi, dan pemecahan masalah (Nurak, 2020).

Secara keseluruhan, tingkat kepraktisan e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan telah pada kategori sangat praktis baik pada uji internal maupun uji coba II. Hal ini menunjukkan bahwa e-modul mudah digunakan, menarik, aman, serta relevan dengan kebutuhan pembelajaran Biologi di SMA. Keunggulan tersebut juga memperlihatkan bahwa produk yang dikembangkan tidak hanya layak secara teoritis, tetapi juga aplikatif dalam situasi pembelajaran nyata.

Dengan demikian, e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan memiliki potensi tinggi untuk digunakan sebagai bahan ajar digital yang mendukung pembelajaran kontekstual. Akurasi dan efisiensi pada pengembangan literasi digital abad ke-21, khususnya kemampuan

berpikir kritis dan kreatif peserta didik. Temuan ini memperkuat bahwa bahan ajar yang dirancang berbasis kebutuhan, kontekstual, serta didukung teknologi digital cenderung memiliki tingkat kepraktisan yang tinggi dan mudah diimplementasikan dalam berbagai konteks pembelajaran.

4. Kepraktisan E-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Kreatif Peserta Didik

Kepraktisan e-modul yang ditunjukkan melalui kemudahan penggunaan, kejelasan instruksi, serta kemenarikan tampilan terbukti mendukung proses pembelajaran Kemampuan Berpikir Kritis dan Kreatif Peserta Didik. Hasilnya, indikator berpikir kritis yang dikemukakan oleh (Firdaus, 2023), aktivitas pembelajaran dalam e-modul telah memfasilitasi proses interpretasi, analisis, evaluasi, sintesis, regulasi, dan pengaturan diri secara optimal.

Pada aspek interpretasi, peserta didik mampu memahami makna permasalahan permasalahan lingkungan melalui penyajian kasus kontekstual, gambar, serta data yang disajikan dalam e-modul. Proses ini membantu peserta didik menafsirkan informasi berdasarkan pengalaman dan temuan nyata di lingkungan sekitar. Selanjutnya, pada aspek analisis, peserta didik dapat mengidentifikasi hubungan sebab-akibat antara aktivitas manusia dan dampak pencemaran melalui kegiatan observasi, diskusi, dan eksperimen kelompok.

Indikator evaluasi berpikir kritis peserta didik melalui efektivitas solusi yang ditawarkan dalam proyek, seperti pembuatan alat penyaring air atau pengelompokan sampah berdasarkan. Peserta didik membandingkan hasil percobaan dan mempertimbangkan kelebihan serta keterbatasan solusi yang dikembangkan. Pada aspek inferensi, peserta didik mampu menarik kesimpulan dari data hasil eksperimen serta merumuskan dugaan atau alternatif solusi terhadap permasalahan lingkungan yang dikaji.

Kemampuan penyajian informasi dan indikator presentasi hasil proyek dan diskusi kelompok, di mana peserta didik menyampaikan informasi pertilisan solusi serta menjelaskan hubungan antara konsep sains dan

penampungnya secara logis dan sistematis. Sementara itu, indikator pengetahuan diri terlihat pada kegiatan refleksi pembelajaran yang memungkinkan peserta didik mengamalkan proses berpikir, menilai hasil kerja, serta memperhatikan strategi penyelesaian masalah yang dilakukan.

Selain kemampuan berpikir kritis, kemampuan *e-modul* juga berpengaruh terhadap berkembangnya **Pemampuan berpikir kritis peserta didik**. Berdasarkan indikator berpikir kritis menurut (Dalyah et al. 2021), kegiatan praktik dalam *e-modul* **memberikan ruang bagi peserta didik untuk menghasilkan berbagai ide atau terhadap masalah permasalahan lingkungan**. Pada aspek kelancaran, peserta didik mampu mengemukakan banyak gagasan alternatif dalam mengatasi permasalahan lingkungan yang disajikan.

Pada aspek kelengkapan, peserta didik menunjukkan kemampuan menguraikan berbagai pendekatan dalam menyelesaikan proyek, baik melalui eksperimen, diskusi, maupun analisis data. Indikator **relevansi** tampak pada **varius tantangan solusi yang diidentifikasi setiap kelompok**, yang menunjukkan adanya ide-ide baru dan kreatif. Selanjutnya, pada aspek **efektifitas**, peserta didik mampu menghubungkan ide secara runtut melalui penemuan proyek, pengolahan data, dan penyusunan laporan kegiatan.

Adapun indikator berpikir analitis terlihat ketika **peserta didik mengaitkan konsep ilmiah dengan fenomena** kehidupan sehari-hari, misalnya melakukan proses pemecahan masalah melalui analogi sederhana yang mudah dipahami. Hal ini menunjukkan kemampuan peserta didik dalam menggunakan pemahaman secara kreatif dan kontekstual.

Demikian demikian, *e-modul* berbasis STEAM bermula sebagai hubungan tidak hanya ditunjukkan oleh lamakiduan penggunaan **hal** **seperti** **praktik** **dan** **peserta** **didik** **serta** **guru**, tetapi juga oleh keterlibatannya dalam memfasilitasi perkembangan indikator berpikir kritis dan kreatif. Terutama ini menunjukkan bahwa *e-modul* yang dikembangkan tidak hanya layak secara teknis, tetapi juga efektif secara pedagogis dalam

mendukung pembelajaran yang berorientasi pada pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik.

5. Keunggulan Dan Kebutuhan E-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan

Keunggulan e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan tidak hanya berorientasi dan berorientasi penggunaan dan keterampilan tampilan, tetapi juga dari efektivitasnya dan peningkatan kemampuan berpikir peserta didik. Hasil uji pretest sample 1400 menunjukkan adanya peningkatan signifikan antara nilai pretest dan posttest pada bahan belajar yang menggunakan e-modul berbasis produk sesuai dengan (Creswell & Creswell, 2023). Temuan ini mengkonfirmasi bahwa desain pembelajaran yang dirancang dan berbasis evaluasi rancangan membantu dengan nyata terhadap hasil belajar.

E-modul ini memfasilitasi indikator **berpikir kritis meliputi mengorganisasi, menulis, membaca, berbicara, berkolaborasi, dan pemecahan masalah** sebagaimana diungkapkan oleh Fadhil (2022). Melalui penyajian bahan pembelajaran lingkungan yang kontekstual dan kegiatan proyek eco citizen, peserta didik dapat mengaitkan hubungan sebab-akibat, mengidentifikasi efeknya nyata, membuat kaitan yang signifikan dan serta melakukan refleksi terhadap proses berpikirnya. Proses tersebut sejalan dengan pandangan bahwa pembelajaran berbasis masalah dan kontekstual mampu memperkuat tradisi penemuan dan keaslian metodologi **peserta didik** (Hadi *et al.*, 2021).

Salah satu e-modul juga berorientasi terhadap pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi yang mencakup **kolaborasi, komunikasi, orientasi, dan keterampilan pemecahan**. Aktivitas proyek berbasis STEM mendorong peserta didik mengaitkan nilai inovatif melalui **desain, bahan, material, desain, dan pengembangan laporan sesuai sistematis**. Hal ini sejalan dengan visi keefektifan pembelajaran yang menggunakan bahan pembelajaran inovatif dan kolaboratif mampu meningkatkan kapasitas inovatif peserta didik (Pfleger *et al.*, 2022). Integrasi pendekatan STEM

dalam konteks lingkungan juga memperkuat ketertarikan multidisipliner yang relevan dengan tantangan abad ke-21.

Keunggulan e-modul ini terletak pada integrasi STEM yang kontekstual, keselarasan antara indikator berpikir tingkat tinggi dan materi-materi evaluasi, desain interaktif yang mendukung pembelajaran mandiri, serta efektivitas pedagogis yang terbukti secara statistik. Namun, terdapat beberapa kelemahan, antara lain ketergantungan pada koneksi internet dan akses internet, kebutuhan pendampingan guru dalam pengabdian proyek, serta keterbatasan waktu pembelajaran yang dapat mempengaruhi kedalaman eksplorasi materi (Hew & al., 2022). Secara keseluruhan, kepraktisan e-modul ini tidak hanya memenuhi aspek teknis pengunggahan, tetapi juga memiliki landasan teoritis yang kuat dan kontribusi nyata dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif peserta didik secara signifikan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai pengembangan e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif peserta didik SMA, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penerapan hasil pengembangan e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan

Pengembangan e-modul dilaksanakan melalui tahapan ADDIE yang meliputi analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Tahap analisis memaparkan adanya kebutuhan bahan ajar digital yang kontekstual, interaktif, dan mampu mengintegrasikan pendekatan STEM dengan proyek lingkungan. Tahap desain menghasilkan rancangan e-modul berbasis Eco-STEM yang sistematis, memuat komponen awal, isi, dan penutup, dan materi-materi yang terintegrasi dengan permasalahan pencemaran lingkungan. Tahap pengembangan menghasilkan produk e-modul digital yang dilengkapi materi kontekstual, aktivitas proyek, eksperimen sederhana, lembar diskusi, refleksi, serta evaluasi berbasis kemampuan berpikir kritis dan kreatif. Hasil pengembangan merupakan bilangan e-modul yang diujicobakan relevan dengan capaian pembelajaran, keefektifan peserta didik, serta kebermanfaatan pembelajaran abad ke-21.

2. Tingkat keefektifan e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan

Berdasarkan hasil validasi oleh ahli media dan ahli bahasa, e-modul yang dikembangkan berada pada kategori sangat valid. Validasi ahli media menunjukkan persentase keefektifan sebesar 98%, sedangkan validasi ahli bahasa memperoleh persentase sebesar 92%. Data tersebut menunjukkan bahwa e-modul telah memenuhi aspek kelengkapan isi, ketepatan konsep, sistematika penyajian, keefektifan visual, narasi, interaktivitas, serta kepraktisan pendekatan STEM bilangan proyek lingkungan. Dengan

dimiliki, e-modul digunakan untuk digunakan sebagai bahan ajar digital dalam pembelajaran biologi.

3. Tingkat kepraktisan e-modul berbasis STEM integrasi proyek lingkungan

Kepraktisan e-modul ditinjau melalui aspek kebaruan (tabel II) yang melibatkan peserta didik dan guru. Responden kelas I, responden peserta didik memperoleh persentase 99% sangat kategori sangat baik, sedangkan responden guru mencapai 99% dalam kategori sangat baik. Responden kelas II, responden peserta didik menunjukkan persentase 99% dan responden guru sebesar 97%. Keseluruhan hasil kategori sangat baik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa e-modul mudah digunakan, memiliki bahasa yang jelas, tampilan menarik, serta mendukung pelaksanaan pembelajaran berbasis proyek secara simultan.

Saran

Perbaikan terhadap penelitian yang telah dilakukan, sehingga saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Bagi Peserta didik

Peserta didik disarankan memanfaatkan e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan secara optimal, baik secara mandiri maupun kolaborasi. Penguasaan e-modul hendaknya lebih banyak berfokus pada penguasaan konsep, keterampilan pada proses eksplorasi konsep, analisis permasalahan, serta pengembangan sikap-sikap kreatif dalam memecahkan solusi terhadap permasalahan lingkungan. Melalui keefektifan e-modul dalam kegiatan berbasis proyek, peserta didik diharapkan akan memiliki kemampuan berpikir kritis dan kreatif sebagai kemampuan rasional dalam menghadapi tantangan abad ke-21.

2. Bagi Guru

Guru disarankan memanfaatkan e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan sebagai alternatif bahan ajar inovatif yang mendukung pembelajaran kontekstual dan simultan pada pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Guru dapat menyesuaikan pelaksanaan proyek dengan kondisi lingkungan sekolah serta karakteristik peserta didik.

agar pembelajaran lebih efektif dan bermakna. Selain itu, guru diharapkan terus mengembangkan strategi pembelajaran berbasis STEM yang terintegrasi dengan isu lingkungan guna memperkuat kemampuan berpikir kritis dan kreatif peserta didik secara berkelanjutan.

3. Duga selanjutnya

Sekolah disarankan mendukung penggunaan bahan ajar digital berbasis STEM dengan menyediakan fasilitas teknologi yang memadai serta mendorong inovasi pembelajaran berbasis proyek lingkungan sebagai bagian dari penguatan profil pelajar dan literasi digital.

3. Duga (lanjutan selanjutnya)

Penelitian ini masih terbatas pada pengembangan dan uji kepraktisan serta validasi e-modul. Peneliti selanjutnya disarankan melakukan penelitian lanjutan untuk menguji efektivitas e-modul secara eksperimen dengan desain yang lebih luas, mengintegrasikan materi lain dalam pembelajaran biologi, serta mengembangkan **hal interaktif yang lebih kompleks** untuk meningkatkan kualitas pembelajaran digital berbasis STEM.

C. Implikasi

Penggunaan e-modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan berorientasi dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif peserta didik. Aktivitas pembelajaran berbasis masalah, eksperimen, analisis dan pemecahan masalah, serta refleksi mendukung peserta didik mengembangkan kemampuan berpikir kritis, analitis, pemecahan masalah, dan komunikasi. Selain itu, kegiatan proyek juga **memberikan ruang bagi peserta didik untuk mengembangkan kemampuan ide, kreativitas dalam pemecahan masalah, orientasi penguatan klub/kesukatan** serta kemampuan mengaitkan konsep dengan fenomena kehidupan nyata. Dengan demikian, e-modul **ini bisa terus praktik digunakan** setiap jika memiliki potensi pedagogis dalam meningkatkan pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah. (2023). *Efectiveness of STEM Integration in Curriculum Development*.
- Agusla. (2019). Kompetensi Sikap, Pengetahuan, dan Keterampilan dalam Kurikulum 2013. *Jurnal Pendidikan Karakter*.
- Agung, Suardana, & Reza. (2022). Integrasi Aspek Sains dalam Pembelajaran STEM. *Jurnal Pendidikan IPA*.
- Ananda, & Fadilfitriah. (2018). Strategi Pembelajaran untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep. *Jurnal Pendidikan Dasar*.
- Apriyanti, Fitriani, Putri, & Fitriyah. (2025). *Critical Thinking and Perspective Analysis in Learning*.
- Aqil. (2017). Implementasi Kurikulum 2013 dalam Pembelajaran Biologi. *Jurnal Kerdulian Dan Pembelajaran*.
- Arzulla, Arlyanyah, Pania, Rizki, & Diana. (2023). Analisis Penerapan Nf dan Tilas di Wilayah Perairan. *Jurnal Ilmu Geografi*.
- Arzal, A. (2020). *Metode Pembelajaran Orkes* (ed.). Rajawali Pita.
- Ashyah, & ul, et. (2011). Indikator Kemampuan Berke Koneksi Sains. *Jurnal Pendidikan Fisika*.
- Ayu. (2024). Project Based Learning dalam Program Literasi Lingkungan Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, 9(2), 120–130.
- Balch, R. M. (2020). *Instructional Design: The ADDIE Approach* (Updated Edition). Springer.
- Björk, R. W. (2000). *STEM Education: From Theory to Practice*. NSTA Press.
- Cipriancey, & DeLisi. (2019). Pengembangan Model Digital STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Abad 21 Siswa SMK melalui Jca Langitologi Global.
- Clunja, Medina, & Mayah. (2020). *Barriers to Developing Critical Thinking through STEM*.
- Chung, & Chung. (2021). Development of STEM-Based E-Module to Improve Critical Thinking in Environmental Science. *International Journal of Science Education*.
- Clenn, H., & Diane, B. (2019). STEM Education in Humanism in 21st Century

Learning: International Journal of STEM Education

- Darmawati, Yuniarti, Intisriwati, & Riniwati. (2021). Hakikat Biologi sebagai Ilmu dan Proses Peremajaan dalam Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Biologi*.
- Desidi, Eln, Setiawan, & Supriki. (2021). *Critical Thinking Skills in Education*.
- Desu, & Widyaningsih. (2022). *Innovative STEM E-Module with Augmented Reality on Environmental Issues: Effects on Critical and Creative Thinking in Senior High School*.
- Djula, & al. et. (2020). Efektivitas dan Peminatan Hasil Belajar Biologi di Sekolah Menengah. *Jurnal Edukasi Pendidikan*.
- Elisam, & Rachmah. (2016). Pengaruh Model Pembelajaran terhadap Pemahaman Konsep Prorata Dialek. *Jurnal Pendidikan Matematika*.
- Fajriah. (2023). Critical Think up: Core Skills and Assessment Indicator. *Journal of Educational Assessment*.
- Fuadi, Sari, & Wardani. (2023). Model Berbasis STEM untuk Meningkatkan Berpikir Kritis. *Jurnal Pendidikan STEM*.
- Felmi. (2022). Dampak Pencemaran Air terhadap Lingkungan Perairan. *Jurnal Sains Lingkungan*.
- Feriana, Dian, Hamidah, & Anwar. (2021). Integrasi Teknologi dan Rekayasa dalam Pembelajaran STEM. *Jurnal Teknologi Pendidikan*.
- Fitriani, Solahid, & Rizwanita. (2024). Integrasi STEAM dalam Pembelajaran Berbasis Proyek. *Jurnal Edukasi Pendidikan IPA*.
- Hadji, & Nurhayati. (2022). Contextual Learning to Improve Student Engagement and Motivation. *Jurnal Pendidikan Biologi*.
- Hafiza, & al. et. (2022). Pengembangan Kemampuan Berpikir Kritis dalam Pembelajaran. *Jurnal Inovasi Pendidikan*.
- Harjati. (2023). Tantangan Integrasi STEAM dalam Pendidikan Inklusif. *Jurnal Pendidikan Nasional*.
- Harjanto, Sigitno, & Supriyadi. (2024). *STEM Project-Based Learning in High School Environmental Science: Impacts on Student Creativity and Problem-Solving*.
- Hidayat, & al. et. (2019). Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Pendidikan Sains*.

- Utami, (2021). Konsep dalam Pembelajaran Biologi dan Implikasinya terhadap Pemahaman Siswa. *Jurnal Riset Pendidikan Biologi*.
- Widayati, (2024). Pengembangan E-Modul untuk Meningkatkan Motivasi dan Hasil Belajar.
- Wibawa, (2021). Faktor Alam dan Antropogenik dalam Perusakan Lingkungan. *Jurnal Lingkungan Hidup*.
- Yusuf, & et, et. (2025). Evaluasi Efektivitas Kurikulum STEM di Sekolah Indonesia. *Jurnal Kebijakan Pendidikan*.
- Zuhdi, (2024). *Integrasi Aplikasi Digital dalam Pengembangan Rube Sounding*.
- Zuhri, (2019). Analisis Keseluruhan Pembelajaran STEM di Sekolah. *Jurnal Pendidikan Sains*.
- Zuhri, S., & Roshidi. (2021). Pengembangan Soal Open-Ended Berorientasi pada Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Materi Operasi Pecahan untuk Siswa SMP Kelas VII. *Jurnal MIPA-UMI EDU*, 5(1), 43-49.
- Kalengkungan, Reger, & Mangelay. (2021). Analisis Pendidikan Kontesional dalam Pembelajaran Biologi SMA. *Jurnal Pendidikan Biologi*.
- Kartini, & Santoso, (2023). Inovasi Teknologi dalam Pembelajaran S(LM). *Jurnal Pendidikan Sains*.
- Kementerian Pendidikan, Riset, dan Teknologi. K. (2022). *Kebijakan Pendidikan Nasional dan Implementasi Nilai Pancasila dalam Pembelajaran*. Kemdikbudristek.
- Khabib, & Otwani-Rostery. (2024). *Digital Transformation in Education and Adaptive Learning Methods*.
- Kusumawati, & et, et. (2024). Integration of STEM Approach to Improve Higher Order Thinking Skills in Environmental Learning. *Journal of Science Education Research*.
- Kwungmang, Jarakinidjung, Sangharaning, & Daringtod. (2021). *Creative Thinking Skills in Education*.
- Laila, & et, et. (2019). Pengembangan Bahan Ajar Cetak dalam Meningkatkan Kualitas Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan*.
- Laili. (2019). *E-Modul sebagai Modul Elektronik dalam Pembelajaran*.
- Laseq. (2021). *Developing Creative Potential in Students*.

- Liana, Noge, Widi, & Iri. (2021). *Perancangan Bahan Ajar Digital untuk Meningkatkan Keterampilan Peserta Sains*.
- Lesari, Nulikhin, & Induk. (2022). Analisis Kelayakan E-modul sebagai Bahan Ajar Mandiri. *Jurnal Inovasi Pendidikan*.
- Lesari, Suci, & Susanti. (2019). Peran Engineering dalam Pembelajaran Berbasis STEM. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*.
- Lubis, & Lemaya. (2020). Bahan Ajar sebagai Instrumen Pemertayaan Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Dasar*.
- Lufi, Yulia, Muliqun, & Firdi. (2020). Partisipasi Peserta Didik sebagai Pembelajaran Hots Berbasis Higher Order Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan Sains*.
- Luthaningsih, & Azahra. (2020). Implementasi Pendidikan STEM dalam Pembelajaran Tematik. *Jurnal Pendidikan Dasar*.
- Magdiana, Simat, Nurkamilah, Nurulhikmah, & Ananda. (2020). Konsep dan Fungsi Bahan Ajar dalam Proses Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*.
- Mangrupi, Purnamasari, Rini, Kurniasari, & Triana. (2021). Strategi Pembelajaran Hots dalam Meningkatkan Keterampilan. *Abad 21: Jurnal Pendidikan Asia Indonesia*.
- Meliani, & d. et. (2021). Pengembangan E-Kit dan Modul sebagai Bahan Ajar Cetak. *Jurnal Pendidikan Sains*.
- Mayes, R. E. (2007). *Multimedia Learning (Art Edition)*. Cambridge University Press.
- Mayes, R. E. (2023). *Principles of Multimedia Learning*. Cambridge University Press.
- Melati, Feyola, Hita, Saputra, Zamzam, & Satriana. (2023). *Transformasi Model Pembelajaran Visual Berbasis Teknologi*.
- Monalisa, & d. et. (2019). Analisis Necessitas Siswa dalam Penerapan Modul. *Jurnal Pendidikan Sains*.
- Mubandah, & Fandi. (2021). Implementasi Proyek Lingkungan dalam Pembelajaran Berbasis Proyek untuk Meningkatkan Kepedulian Lingkungan Siswa. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 20(1), 45-55.
- Mubandah, & d. et. (2022). Akuisisi dan Media Cetak dalam Dunia Pendidikan. *Jurnal Pendidikan Nasional*.

- Maidi, & Indiana. (2023). Perencanaan Tambah dan Dampaknya terhadap Produktivitas Labor. *Jurnal Lingkungan Dan Pembangunan*.
- Munawar. (2023). *STEM Approach in Science Learning for Higher Order Thinking Skills*.
- Nawati, N. (2023). *Educational Design Research*. Nuffield Institute for Curriculum Development.
- Nesak, J. D. (2020). *Metacognitive Learning: The Essential Factor for Conceptual Change Knowledge*.
- Nurhasanah. (2021). Environmental Learning to Enhance Students' Conceptual Understanding. *Jurnal Pendidikan Lingkungan*.
- Nurhidayah, Adrian, & Kurnia. (2021). Pengembangan Bahan Ajar untuk Meningkatkan Pembelajaran Belajar. *Jurnal Inovasi Pembelajaran*.
- Nurhikmah, & d. et. (2020). Karakteristik Individu Kerasif dalam Proses Pembelajaran. *Jurnal Psikologi Pembelajaran*.
- Nurliyanti, Widiandari, Inna, Kurnia, & Mafian. (2024). Karakteristik Bahan Ajar Digital Berbasis Multimedia. *Jurnal Teknologi Pendidikan*.
- Nurhayati, & Supriatna. (2021). Penerapan Model Learning Berbasis STEM untuk Kecompilan Asal 21. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*.
- Obana. (2022). Anthropogenic Environmental Pollution in the 21st Century. *Environmental Research Journal*.
- Pahudin, Alia, Sarega, Aychi, Anugrah, & Sunilwan. (2019). Pengembangan Modul Elektronik dalam Pembelajaran Sains. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*.
- Priatya, & Sari. (2023). Interactive Digital Teaching Materials as Improve Learning Effectiveness. *Journal of Educational Technology*.
- Priyanti, Anggrani, Yanti, & Mufti. (2021). Struktur dan Desain E-modul dalam Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi*.
- Pratiwi, & Soyanto. (2023). Pembelajaran Kontektual Berbasis STEM dalam Proyek Lingkungan. *Jurnal Pendidikan Lingkungan*.
- Pujanti. (2020). STEM sebagai Sains Pembelajaran Kontektual di Indonesia. *Jurnal Pendidikan IPA*.
- Purmanan, & d. et. (2024). Creative Thinking Development through Connected STEM Based Learning. *Journal of Educational Innovation*.

- Putra, Ayyudin, & Purwa. (2024). *Historical Development of STEM Education Approach*.
- Puri, R. N., Heryadi, S., & Muluki, I. (2021). *Pengembangan Model Pembelajaran Berbasis STEM pada Materi Pencemaran Lingkungan untuk Meningkatkan Literasi Sains dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa*.
- Rahmani, & Muftiani. (2020). *Kemampuan dan Pengembangan Bahan Ajar dalam Pembelajaran*.
- Ridwan. (2019). *Model Pembelajaran Berbasis Project Problem*. Alfabeta.
- Ridwan, & Susanto. (2013). *Penggunaan Google Earth untuk Penelitian Pendidikan: Sains, Ekonomi, dan Sosial*. Alfabeta.
- Ridwan, Hidayati, & Sifatni. (2021). *Pencemaran Lingkungan dan Dampaknya terhadap Kesehatan*. *Jurnal Ilmu Lingkungan*.
- Rintayanti. (2021). *Kepribadian dan Akhlak Siswa dalam Era Digital*.
- Robmah, & Liana. (2024). *Interactive STEM E-Module on Climate Change to Enhance 4C Skills of Senior High School Students*. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*.
- Rufani, & Driyani. (2024). *Efektivitas E-modul dalam Meningkatkan Kompetensi Dasar Siswa*. *Jurnal Pendidikan Digital*.
- Rustamara, Ridwan, Permawati, & Yenni. (2023). *Penggunaan Media Nenek dalam Pembelajaran*. *Jurnal Teknologi Pendidikan*.
- Sabril, Khumaidi, & Mardiana. (2022). *Critical Thinking in Problem Solving*.
- Sari, & al. et. (2019). *Strategi Pengembangan Berpikir Kritis dan Kreatif*. *Jurnal Pendidikan Modern*.
- Supriy. (2020). *Kemampuan Berpikir Kritis dalam Pembelajaran*. *Jurnal Pendidikan*.
- Susanti, Sidiarta, & Simanungkalit. (2021). *Pengembangan E-modul Interaktif untuk Pembelajaran Mandiri*. *Jurnal Teknologi Pembelajaran*.
- Syarif, Muzawati, Kurniawati, & Nurjanah. (2019). *Pengembangan Modul Elektronik untuk Pembelajaran Mandiri*.
- Syamsul. (2019). *Implementasi Kurikulum 2013 dalam Mata Pelajaran Biologi*. *Jurnal Pendidikan Melayang*.
- Thofa, & al. et. (2021). *Media dan Bahan Ajar dalam Peningkatkan Kemampuan*

Pembelajaran: Jurnal Teknologi Pendidikan

- Sidiq, & Azzid. (2023). *STEM-based Learning and 21st Century Skills Development*.
- Sivco, R. E. (2021). *Educational Psychology: Theory and Practice*. Pearson.
- Setiawati, Rindiana, & Irbani. (2019). *Interaktivitas Bahan Ajar Digital Berbasis Multimedia*.
- Setiati. (2021). *Dampak Perkembangan Teknologi terhadap Berbagai Bidang Kehidupan*.
- Setiawan, Radhewati, Willyatnoko, Pujiastuti, Aulia, & Fauzan. (2023). *Teachers' Challenges in Implementing STEA-Based Learning*.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian dan Pengembangan (Research and Development/RnD)*. Alfabeta.
- Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan RnD*. Alfabeta.
- Sultra-anggra U. (2022). *Metode Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif: Pendekatan Riset Pendidikan*. Refika Aditama.
- Suriani, Aripriati, & Sohanikro. (2022). Penguatungan Perangkat Pembelajaran Berbasis STEM untuk Meningkatkan Berpikir Kritis. *Jurnal Penelitian Jemberia*.
- Sumaya, Sahabilla, & Wijitingsih. (2021). Keefektifan dan Tantangan Implementasi STEM. *Jurnal Forum Pendidikan*.
- Sumarya. (2020). *Pengaruh E-Modul dalam Pembelajaran Pjbl*.
- Susanto, B. H. H. (2022). Keefektifan dan Implementasi Bahan Ajar Cetak dan Noncetak. *Jurnal Pendidikan Indonesia*.
- Sumarti, & Wijaya. (2022). Pengaruh Model STEM terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Pendidikan Sains*.
- Tarjumo. (2022). Efektifitas E-Modul STEM dalam Meningkatkan Literasi Sains. *Jurnal Pendidikan Biologi*.
- Tarubidin. (2020). Pemanfaatan Media Digital dalam Proses Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi*.
- Trumbull, M. (2019). *Measuring and Grading Day Formative Evaluation*. Routledge.

- Thia, & et. al. (2025). Project-Based STEM Learning to Improve Analytical and Critical Thinking Skills. *International Journal of STEM Education*.
- Thomas, J. W. (2022). *Project-Based Learning: A Handbook for Middle and High School Teachers*. Think Institute for Education.
- Tobing, & Sulatri. (2024). *Diferensiasi in Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*.
- Verbeurden, & Trialle. (2019). *Pendidikan Digital Berbasis Multimedia dalam Pembelajaran*.
- Wahyuni. (2024). Peran dan Inovasi Media Pembelajaran dalam Pendidikan Modern. *Jurnal Pendidikan Kontemporer*.
- Wardah, & Pradipta. (2019). Efektivitas E-Book STEM Berbasis Android dalam Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Sains*.
- Widhiyanti, & Ghafira. (2024). STEM-Project Learning to Enhance Students' Creativity Skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*.
- Witodo, Nomasari, & Sulastri. (2025). Tahapan Engineering Design Process dalam Pembelajaran STEM. *Jurnal Pendidikan STEM*.
- Wulandari, Sulistyia, Cahyani, Nurqizah, & Ulitah. (2022). *Implementasi E-Material dalam Pembelajaran Digital*.
- Yusma, Supriana, Hikmah, & Supandi. (2022). Efektivitas Bahan Ajar Cetak dalam Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Dasar*.
- Yulini, & Supriya. (2019). *Revisi Bahan Ajar IPA dan Implikasinya terhadap Pendidikan Sains*.
- Yunika. (2024). Peran Matematika dalam Pendidikan STEM. *Jurnal Pendidikan Matematika*.
- Zahra. (2023). Peran Matematika dalam Analisis Data Pembelajaran STEM. *Jurnal Pendidikan Matematika Modern*.
- Zitafan. (2021). Form Pembelajaran Biologi dalam Pengembangan Kompetensi Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan IPA*.
- Zuhaida, & Widada. (2023). Konsep Science dan Engineering dalam Model STEM. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*.

29%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

| | | |
|----|---|-----------------|
| 1 | repository.unja.ac.id <small>Internet</small> | 418 words — 2% |
| 2 | digilib.unila.ac.id <small>Internet</small> | 403 words — 2% |
| 3 | eprints.uny.ac.id <small>Internet</small> | 243 words — 1% |
| 4 | repository.radenintan.ac.id <small>Internet</small> | 241 words — 1% |
| 5 | ejournal.fsb.ac.id <small>Internet</small> | 199 words — 1% |
| 6 | journal.uil.ac.id <small>Internet</small> | 180 words — 1% |
| 7 | digilib.uinkhas.ac.id <small>Internet</small> | 110 words — 1% |
| 8 | eprints.umm.ac.id <small>Internet</small> | 109 words — 1% |
| 9 | 123dok.com <small>Internet</small> | 94 words — < 1% |
| 10 | pt.scribd.com <small>Internet</small> | 82 words — < 1% |

- 11 repository.ummat.ac.id
Internet 78 words — < 1%
- 12 Tifani Putri Arizqa, Delvi Asmara, "Pengembangan e-Jobsheet Berbantu Tinkercad Kelas XI pada Mata Pelajaran Sistem Kendali Elektronik di SMK Negeri 4 Panaman", TSAQOFAH, 2025
Crossref 76 words — < 1%
- 13 etheses.uin-malang.ac.id
Internet 69 words — < 1%
- 14 repository.uin-suska.ac.id
Internet 69 words — < 1%
- 15 Rizki Amirul Huda, Khizanatul Hikmah, "Liveworksheets E-LKPD Development for Nahwu Learning", Academia Open, 2026
Crossref 68 words — < 1%
- 16 id.123dok.com
Internet 67 words — < 1%
- 17 digilib.iain-palangkaraya.ac.id
Internet 63 words — < 1%
- 18 id.scribd.com
Internet 61 words — < 1%
- 19 digilib.uinsby.ac.id
Internet 58 words — < 1%
- 20 repositori.uin-alauddin.ac.id
Internet 57 words — < 1%
- 21 adoc.pub
Internet 53 words — < 1%

- 22 repository.umsu.ac.id
Internet 53 words — < 1%
- 23 core.ac.uk
Internet 45 words — < 1%
- 24 prosiding.unirow.ac.id
Internet 45 words — < 1%
- 25 eprints.walisongo.ac.id
Internet 39 words — < 1%
- 26 Putri Apriani Pasaribu, Miza Nina Adlini.
"Pengembangan E-Modul Berbasis Stem pada Materi Genetika", BIOEDUSAINS:Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains, 2024
Crossref 37 words — < 1%
- 27 text-id.123dok.com
Internet 37 words — < 1%
- 28 lib.unnes.ac.id
Internet 34 words — < 1%
- 29 Nidar Yusuf, Hendra Setyawati, Sri Immawati, Gunawan Santoso, Muhammad Usman.
"gembangan Media Flipbook Berbasis Fabel untuk Meningkatkan Pemahaman Pesan Moral pada Peserta Didik Kelas Sekolah Dasar". Jurnal Basicedu, 2022
Crossref 33 words — < 1%
- 30 repository.upi.edu
Internet 33 words — < 1%
- 31 repository.uinpalopo.ac.id
Internet 32 words — < 1%

- 32 Achmad Galih An Naufal, Rahmad Setyo Jadmiko, Aditya Pringga Satria. "Pengembangan Mobile Learning Berbantuan Marvel App pada Pembelajaran Matematika Sekolah Dasar", Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan, 2025
Crossref 31 words — < 1%
- 33 repository.usd.ac.id
Internet 30 words — < 1%
- 34 Gusniarni Lestari, Mawardi Mawardi, Muhammad Yamin, Tiara Amanda, Sri Arnawinda, Nur Azizah. "Pengembangan Media Pembelajaran Digital Bahasa Arab Menggunakan Heyzine Pada Materi Benda di Kelas pada Siswa Kelas VII MTSN Palopo", Jurnal Studi Guru dan Pembelajaran, 2025
Crossref 29 words — < 1%
- 35 Ivonsina Suratratnan, Henderika Serpara, June Carmen Noya van Delzen. "Pengembangan Bahan Ajar Audiovisual Animasi Berbasis Aplikasi Powtoon Pada Mata Pelajaran Bahasa Jerman Kelas XI", J-EDU: Journal - Erfolgreicher Deutschunterricht, 2025
Crossref 29 words — < 1%
- 36 Shinta Ingelita, Abdul Aziz, Martyana Prihaswati. "VALIDITAS MEDIA PEMBELAJARAN ULAR TANGGA DENGAN PENDEKATAN SCIENCE, TECHNOLOGY, ENGINEERING, AND MATHEMATICS (STEM) MATERI TEOREMA PYTHAGORAS", Pedagogy: Jurnal Pendidikan Matematika, 2025
Crossref 28 words — < 1%
- 37 Ine Arini, Preilly Marsel Jolanda Tuapattinaya, Theofany Romuty. "PENGARUH MODEL PROBLEM BASED LEARNING (PBL) TERHADAP KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS DAN PENINGKATAN HASIL BELAJAR KOGNITIF SISWA PADA MATERI SISTEM GERAK PADA MANUSIA DI KELAS VIII SMP

- 38 Siti Rofikoh, Supeno, Mohammad Imam Farisi. "Pengembangan E-Modul Berbasis STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kreatif Peserta Didik dalam Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar", JURNAL PENDIDIKAN MIPA, 2024
27 words — < 1%
Crossref
- 39 Syalful Rohman, Muhtarom Muhtarom, Iin Purnamasari, Nurfitriah Nurfitriah. "Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Etnofotografi untuk Meningkatkan Literasi Budaya Peserta Didik PAUD", Jurnal Obsesi : Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini, 2025
27 words — < 1%
Crossref
- 40 ejournal.baaleliterasi.org
Internet
27 words — < 1%
- 41 ejurnal.stkipddipinrang.ac.id
Internet
26 words — < 1%
- 42 repo.undiksha.ac.id
Internet
25 words — < 1%
- 43 repository.unpkediri.ac.id
Internet
25 words — < 1%
- 44 www.researchgate.net
Internet
25 words — < 1%
- 45 Hidayu Sulisti. "Analisis Kebutuhan Flipbook Berbasis Etnomatematika Budaya Lokal Kota Pontianak di SD", J-PiMat : Jurnal Pendidikan Matematika, 2025
24 words — < 1%
Crossref

- 46 Rifqi Khoir Afdan, Syarifah Widya Ulfa.
"Pengembangan Media <i>Virtual Field Trip</i>
Berbasis Web dengan Model PjBL untuk Literasi Lingkungan
Siswa MAN", BIOEDUSAINS:Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains,
2026
Crossref. 24 words — < 1%
- 47 ejurnal.pps.ung.ac.id
Internet. 24 words — < 1%
- 48 repository.uir.ac.id
Internet. 24 words — < 1%
- 49 www.kitalulus.com
Internet. 24 words — < 1%
- 50 eprints.unm.ac.id
Internet. 23 words — < 1%
- 51 ecampus.iainbatusangkar.ac.id
Internet. 22 words — < 1%
- 52 ejournal.unib.ac.id
Internet. 22 words — < 1%
- 53 jurnal.uisu.ac.id
Internet. 21 words — < 1%
- 54 repository.radenfatah.ac.id
Internet. 21 words — < 1%
- 55 repository.uinsaizu.ac.id
Internet. 20 words — < 1%
- 56 www.scribd.com
Internet. 20 words — < 1%

57 Khairun Nisa. "Heyzine Flipbook: Pengembangan E-Modul Dengan Asesmen Nasional", J-PiMat : Jurnal Pendidikan Matematika, 2025
19 words — < 1%
Crossref

58 Nur Fitriyah, Wiryanto Wiryanto, Rooselyna Ekawati. "Batik Matika Builds Critical Thinking and Geometry Problem Solving Skills", Indonesian Journal of Innovation Studies, 2025
19 words — < 1%
Crossref

59 docobook.com
19 words — < 1%
Internet

60 Sri Rahayu Kusumaningsih, Sabrina Putri Syahada, Rani Setiawaty. "Analisis Kevalidan dan Kepraktisan Media Beskuba Berbasis Budaya Pati untuk Pembelajaran Kalimat Siswa Kelas II", Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan, 2026
18 words — < 1%
Crossref

61 conference.unlkama.ac.id
18 words — < 1%
Internet

62 digilib.uin-suka.ac.id
18 words — < 1%
Internet

63 eprints.fainu-kebumen.ac.id
18 words — < 1%
Internet

64 philogupi.blogspot.com
18 words — < 1%
Internet

65 repositori.kemdikbud.go.id
18 words — < 1%
Internet

66 repository.unbari.ac.id
Internet

18 words — < 1%

67 www.techverse.asia
Internet

18 words — < 1%

68 Nuralamsyah Nuralamsyah. "PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS ROBOT ARM PADA MATA PELAJARAN MIKROKONTROLER SMK NEGERI 9 MAKASSAR", ILTEK : Jurnal Teknologi, 2016
Crossref

17 words — < 1%

69 desyandri.wordpress.com
Internet

17 words — < 1%

70 garuda.kemdikbud.go.id
Internet

17 words — < 1%

71 Havidz Cahya Pratama, Ainul Yaqin, Wartono, Wartono, Ambar Septiana. "Pengembangan Media Pembelajaran Augmented Reality (AR) menggunakan Model ADDIE pada Materi Haji Umrah di Madrasah Ibtidaiyah", Paedagogie, 2026
Crossref

15 words — < 1%

72 Yumna Widyadhana Anwar. "PENGARUH PENCEMARAN AIR SUNGAI TERHADAP KESEHATAN LINGKUNGAN DAN MASYARAKAT : LITERATURE REVIEW", Jurnal Kesehatan Tambusai, 2025
Crossref

16 words — < 1%

73 jurnal.stkipppgritulungagung.ac.id
Internet

16 words — < 1%

74 repo.uinsyahada.ac.id
Internet

16 words — < 1%

75 Fatonah Fatonah, Juriah Juriah, Jodion Siburian. 15 words — < 1%
"Literatur Review: Efektivitas Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) dalam Mengembangkan Literasi Sains dan Higher Order Thinking Skills (Hots) Peserta Didik",
JURNAL PENDIDIKAN MIPA, 2026

Crossref

76 Lisaiha Rodiyya Basori, Jailani Jailani. 15 words — < 1%
"Pengembangan Perangkat Pembelajaran Persamaan dan Pertidaksamaan Nilai Mutlak Linear Satu Variabel Bagi Siswa yang Mengalami Hambatan Belajar Matematika", Jurnal Edukasi Matematika dan Sains, 2017

Crossref

77 Qori Ramadhani, M Zayar, Wahyuni Wahyuni. 15 words — < 1%
"PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS BUDAYA JAWA UNTUK PEMAHAMAN KONSEP KESEBANGUNAN MELALUI WAYANG GUNUNGAN", AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika, 2025

Crossref

78 pdfcoffee.com 15 words — < 1%
Internet

79 Nursantriana Nursantriana, Rusli Rusli, Hamda Hamda. 14 words — < 1%
"Pengembangan Modul Ajar Berbasis Pembelajaran Berdiferensiasi Pada Materi Matriks", Proximal: Jurnal Penelitian Matematika dan Pendidikan Matematika, 2025

Crossref

80 Tsurayya Zhafirah, Maria Erna, R Usman Rery. 14 words — < 1%
"DEVELOPMENT OF E-MODULE BASED ON PROBLEM BASED LEARNING (PBL) IN HYDROCARBON MATERIAL", AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan, 2020

Crossref

81 doku.pub
Internet

14 words — < 1%

82 kikyputriani.wordpress.com
Internet

14 words — < 1%

83 digilib.uns.ac.id
Internet

13 words — < 1%

84 eprints3.upgris.ac.id
Internet

13 words — < 1%

85 jurnal.stkippgitrenggalek.ac.id
Internet

13 words — < 1%

86 rama.uniku.ac.id
Internet

13 words — < 1%

87 repository.unsil.ac.id
Internet

13 words — < 1%

88 repository.unj.ac.id
Internet

13 words — < 1%

89 Hany Enggar Listyana, Ridwan Joharmawan, Brian Anggniawan. "Implementasi Model Pembelajaran Project-Based Learning Pengolahan Limbah Praktikum Asam Basa untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi Peserta Didik", JURNAL PENDIDIKAN MIPA, 2025
Crossref

12 words — < 1%

90 eprints.uns.ac.id
Internet

12 words — < 1%

91 repository.bunghatta.ac.id
Internet

12 words — < 1%

92 Ahmad Busthorny MZ, Imam Syafii. "The Development of Learning Media of Islamic Education Based on Flipbook in Covid-19 Pandemic at Elementary School", Halaqa: Islamic Education Journal, 2021
Crossref 11 words — < 1%

93 Bagus Amirul Mukmin, Farida Nurtaila Zunaidah. "Pengembangan Bahan Ajar DELIKAN Tematik Berbasis Multimedia Interaktif Untuk Siswa Sekolah Dasar di Kota Kediri", Al Ibtida: Jurnal Pendidikan Guru MI, 2018
Crossref 11 words — < 1%

94 Kharina Rismawati, Audree Azzahra, Dina Siti Logayah. "Flocycle Project: Mengubah Sampah Botol Plastik Menjadi Simbol Kesadaran Ekologis Peserta Didik", El Banar : Jurnal Pendidikan dan Pengajaran, 2025
Crossref 11 words — < 1%

95 Nur Fadhilah Salsabillah Salsabillah, Iing Rika Yanti, Husna. "Pengembangan <i>E-modul</i> <i>dilengkapi</i> <i>Augmented Reality</i> (AR) pada Mata Pelajaran Fisika SMA", Karst: Jurnal Pendidikan Fisika dan Terapannya, 2025
Crossref 11 words — < 1%

96 Saatiah Saatiah, Ahyar Ahyar, Nur Fitrianingih. "Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Lumio Untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa", Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi dan Vokasional, 2025
Crossref 11 words — < 1%

97 a-research.upi.edu
Internet 11 words — < 1%

98 achmadraihanj.blogspot.com
Internet 11 words — < 1%

| | | |
|-----|---|-----------------|
| 99 | dispendik.surabaya.go.id Internet | 11 words — < 1% |
| 100 | dih.pekalongankota.go.id Internet | 11 words — < 1% |
| 101 | e-journal.unimudasorong.ac.id Internet | 11 words — < 1% |
| 102 | fiiphtml5.com Internet | 11 words — < 1% |
| 103 | ipa.fmipa.um.ac.id Internet | 11 words — < 1% |
| 104 | librarypenerbitkbm.science Internet | 11 words — < 1% |
| 105 | repo.usni.ac.id Internet | 11 words — < 1% |
| 106 | repository.uinjkt.ac.id Internet | 11 words — < 1% |
| 107 | www.appptma.org Internet | 11 words — < 1% |
| 108 | BUNTARAN SERAH: "PENGEMBANGAN PEMBELAJARAN LEMPAR LEMBING MENGGUNAKAN MEDIA ROKET", <i>Jurnal Tunas Pendidikan</i> , 2020 Crossref | 10 words — < 1% |
| 109 | Eli Verawati Simatupang, Ajat Ajat, Irma Yuliantina. "Pengembangan Metode Lagu Tepuk Lompat (Tepat) Berbasis Budaya Lokal untuk Mengenal Lambang Bilangan 1-10 pada Anak Usia 4-5 Tahun di Paud | 10 words — < 1% |

110 Indah Septi Ningsih, Destiniar Destiniar, Nyiayu Fahriza Fuadiah, "Pengembangan E-modul Berbasis Problem Based Learning (PBL) Pada Materi Persegi Panjang Untuk Siswa SMP", JEMS: Jurnal Edukasi Matematika dan Sains, 2022

Crossref

111 Indrianika Purnama, Yanuar Hery Murtianto, Muhtarom Muhtarom, "Desain Modul Berorientasi Literasi Matematika dengan Bantuan Aplikasi Wolfram Mathematica untuk Materi Arimatika Sosial", Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika, 2022

Crossref

112 Nur Alisa H. Kadir, Herinda Mardin, Ani M. Hasan, Dewi Wahyuni K. Baderan, Elya Nusantari, Marini S. Hamidun, Ilyas H. Husain, "PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS PROBLEM BASED LEARNING (PBL) BERBANTUAN APLIKASI CANVA PADA MATERI PERUBAHAN LINGKUNGAN KELAS X DI SMA NEGERI 1 TELAGA BIRU", Jurnal Biogenerasi, 2024

Crossref

113 Nurmitasari Nurmitasari, Siti Khoiriyah, Rahmatika Kayyis, "PENGEMBANGAN E-MODUL MATEMATIKA BILINGUAL MENGGUNAKAN FLIP PDF CORPORATE UNTUK Mendukung Belajar Mandiri Siswa", AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika, 2023

Crossref

114 Puput Melati Sukma, Ratna Kartika Sari, Muhammad Syabrina, "Pengembangan Bahan Ajar Berbantu Website Carwa pada Mata Pelajaran IPAS Kelas

IV di MI Miftahul Huda 2', Al-Madrasah Jurnal Pendidikan
Madrasah Ibtidaiyah, 2025

Cresnel

- 115 Tri Astuti, Nur Nisai Muslihah, Raynaldi Bintang Herliyansyah, Novus Adelia Arora, Eka Purwati. "Kepraktisan dan Tingkat Keterbacaan Bahan Ajar Matakuliah Sintaksis Bahasa Indonesia Berbasis Peta Konsep", JURNAL PERSPEKTIF PENDIDIKAN, 2025
Cresnel
- 116 ejournal.up45.ac.id
Internet 10 words — < 1%
- 117 es.scribd.com
Internet 10 words — < 1%
- 118 jom.uin-suska.ac.id
Internet 10 words — < 1%
- 119 journal.unismuh.ac.id
Internet 10 words — < 1%
- 120 jurnal.juqibogor.ac.id
Internet 10 words — < 1%
- 121 jurnal.radisi.or.id
Internet 10 words — < 1%
- 122 mafiadoc.com
Internet 10 words — < 1%
- 123 media.neliti.com
Internet 10 words — < 1%
- 124 penerbiteureka.com
Internet 10 words — < 1%

- 125 perubahanlingkunganayu.blogspot.com 10 words — < 1%
Internet
- 126 repository.um-surabaya.ac.id 10 words — < 1%
Internet
- 127 repository.umpwr.ac.id:8080 10 words — < 1%
Internet
- 128 repository.urecol.org 10 words — < 1%
Internet
- 129 Abdul Kadir. "PENGEMBANGAN BAHAN AJAR IPA BERBASIS SETS PADA SISWA MTsN 1 KENDARI", Al-izzah: Jurnal Hasil-Hasil Penelitian, 2018 9 words — < 1%
Crossref
- 130 Ade Suryanda, Eka Putri Azrai, Daniar Setyo Rini, Yullina Retno Dewahrani, Azika Aulia Haizya Syaikhani. "Rekonstruksi Pembelajaran Kladogram melalui Simulasi Kartu Klasifikasi", Darmabakti : Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat, 2023 9 words — < 1%
Crossref
- 131 Adella Shahrani, Kartika Manalu. "Pengembangan LKPD Berbasis <i>Contextual Teaching and Learning</i> untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Sistem Gerak", BIOEDUSAINS:Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains, 2025 9 words — < 1%
Crossref
- 132 Ayu Aisyah Fadillah, Asep Sukenda Egok, Novianti Mandasari. "Pengembangan Media Bola Hitung Berbasis Montessori Pada Pembelajaran Matematika Materi Penjumlahan dan Pengurangan Kelas II MI Nurul Islam Lubuklinggau", Jurnal Profesi Pendidikan, 2022 9 words — < 1%
Crossref

- 133 Fajriahsari Sullalsah, Nurlina, Rahmawati, "Valid and Practical Powtoon-Based Learning Media for Science Learning", Indonesian Journal of Innovation Studies, 2025
9 words — < 1%
Crossref
- 134 Fathur Rahmi, Hasruddin Hasruddin, Ashar Hasairin, "Pengembangan Buku Kearifanagaman Jamur Makroskopis Berbasis Literasi Sains untuk Meningkatkan Berpikir Kritis pada Mahasiswa Pendidikan Biologi UNIMED", BIOEDUSAINS:Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains, 2025
9 words — < 1%
Crossref
- 135 Hari Guna Sanjaya, Rahmiyati Rahmiyati, "Pengembangan E-Bahan Ajar Untuk Melatih Kemampuan Berfikir Kausalitas pada Siswa SMA N 8 Padang", YASIN, 2026
9 words — < 1%
Crossref
- 136 Mohammad Rifa'i, Roisatun Nisa', "The development of Geogebra-based calculus e-modul assisted by Moodle website", Math Didactic: Jurnal Pendidikan Matematika, 2020
9 words — < 1%
Crossref
- 137 Silvy Retno Tris Hazanah, Siti Quratul Ain, "Pengembangan video animasi berbasis kearifan lokal rumah adat melayu Riau untuk pembelajaran bangun datar di sekolah dasar", Jurnal EDUCATIO: Jurnal Pendidikan Indonesia, 2025
9 words — < 1%
Crossref
- 138 Vanita Adinda Lawide, Mohammad Djamil M. Nur, Mimawati Mirnawati, "Efektivitas Model Inquiry-Based Learning Berbasis Video Animasi dalam Pembelajaran IPA terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik", JURNAL PENDIDIKAN MIPA, 2026
9 words — < 1%

| | | |
|-----|--|----------------|
| 139 | alvionitalauma.blogspot.com Internet | 9 words — < 1% |
| 140 | berbagaisumber.com Internet | 9 words — < 1% |
| 141 | conference.unsri.ac.id Internet | 9 words — < 1% |
| 142 | e-journal.my.id Internet | 9 words — < 1% |
| 143 | ejournal.stkipmodernngawi.ac.id Internet | 9 words — < 1% |
| 144 | eprints.ums.ac.id Internet | 9 words — < 1% |
| 145 | ftp.unpad.ac.id Internet | 9 words — < 1% |
| 146 | garuda.kemdiktisaintek.go.id Internet | 9 words — < 1% |
| 147 | idr.uin-antasari.ac.id Internet | 9 words — < 1% |
| 148 | jurnal.unt.ac.id Internet | 9 words — < 1% |
| 149 | jurnalpost.com Internet | 9 words — < 1% |
| 150 | moam.info Internet | 9 words — < 1% |

| | | |
|-----|--|----------------|
| 151 | ojs.unwaha.ac.id Internet | 9 words — < 1% |
| 152 | pdfs.semanticscholar.org Internet | 9 words — < 1% |
| 153 | pedagogi.uniku.ac.id Internet | 9 words — < 1% |
| 154 | portal.dairikab.go.id Internet | 9 words — < 1% |
| 155 | proceedings.goodwoodconferences.com Internet | 9 words — < 1% |
| 156 | repo.uinsatu.ac.id Internet | 9 words — < 1% |
| 157 | repository.iainpalopo.ac.id Internet | 9 words — < 1% |
| 158 | repository.uhm.ac.id Internet | 9 words — < 1% |
| 159 | repository.uinsu.ac.id Internet | 9 words — < 1% |
| 160 | www.ibasic.org Internet | 9 words — < 1% |
| 161 | www.phdstudies.co.id Internet | 9 words — < 1% |
| 162 | www.sciencegate.app Internet | 9 words — < 1% |

163 Depi Ardian Nugraha, Satya Santika. "Distribusi Kemampuan Berpikir Matematik Tingkat Tinggi pada Siswa Sekolah Menengah Atas Kota Tasikmalaya Tahun Pelajaran 2018/2019", PRISMA, 2020
8 words — < 1%
Crossref

164 Devira Eka Yulliani, Rosita Putri Rahmi Haerani, Mustamiroh Mustamiroh, Hety Diana Septika. "Pengembangan E-DUKTIF (E-Modul Interaktif) Berorientasi SDGs-7: Energi Bersih Terjangkau Kelas IV Sekolah Dasar", JURNAL PENDIDIKAN MIPA, 2025
8 words — < 1%
Crossref

165 Fadhilah Ulfah Nst, Edi Syahputra, Mulyono Mulyono. "Pengembangan Model Pembelajaran Problem Based Learning Berbantuan Macromedia Flash Secara Interaktif Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah dan Kemandirian Belajar Siswa SMA Negeri 1 Binjai", Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika, 2023
8 words — < 1%
Crossref

166 Khusnul Khotimah, Siti Istinganah, Fitri Umardiyah, M Farid Nasrulloh. "Pengembangan E-LKPD Matematika Berbasis HOTS pada Materi Bangun Ruang Prisma dan Limas SMP Kelas VIII", JcEMS (Journal of Education and Management Studies), 2022
8 words — < 1%
Crossref

167 Mabnunah Mabnunah, Anis Khofifatun Nafilah, Nurul Zainab. "Pengembangan Bahan Ajar Fikih Berbasis Padlet dalam Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa di MTs Al-Azhar Pamekasan", ISLAMIKA, 2024
8 words — < 1%
Crossref

168 Mulya Hamdani, Sitti Jamilah Amin, St. Aminah R, Firman, Musyarif. "Development of Multisensory
8 words — < 1%

- 169 Pingki Jelita Mulyasari, Nirmatush Sholikhah. "Pengembangan E-Modul Berbasis STEM untuk Meningkatkan Kemandirian Belajar dalam Pembelajaran Jarak Jauh pada Mata Pelajaran Ekonomi", *EDUKATIF : JURNAL ILMU PENDIDIKAN*, 2021. 8 words — < 1%
Crossref
- 170 Rara Oktaviana, Dalifa Dalifa, Panut Setiono. "Pengembangan Modul Berbasis Eksperimen untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik Kelas V SDN 122 Rejang Lebong", *JURIDIKDAS: Jurnal Riset Pendidikan Dasar*, 2022. 8 words — < 1%
Crossref
- 171 Rifki Risma Munandar, Rusdianti Cahyani, Eva Fadilah. "Pengembangan E-Modul Sigil Software Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Di Masa Pandemi Covid-19", *BIODIK*, 2021. 8 words — < 1%
Crossref
- 172 Rizki Wahyu Ilahi, Reni Guswita, Subhanadri. "Writing Explanatory Text Skills through the Project Based Learning Model", *Academia Open*, 2025. 8 words — < 1%
Crossref
- 173 Siti Maysyarah, Dwikoranto Dwikoranto. "KAJIAN PENGARUH MODEL PROJECT BASED LEARNING TERHADAP KETERAMPILAN BERPIKIR KREATIF PESERTA DIDIK PADA PEMBELAJARAN FISIKA", *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 2021. 8 words — < 1%
Crossref
- 174 Vera Dewi Susanti, Yohanes Leonardus Sukestiyarno, Iqbal Kharisudin, Arief Agoestanto. 8 words — < 1%

"INTEGRASI KURIKULUM MERDEKA DALAM MODUL AJAR MATEMATIKA MELALUI MODEL INQUIRY LEARNING BASED ON INFORMATION LITERACY (ILBIL)", AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika, 2025
Crossref

| | | |
|-----|--|----------------|
| 175 | biology.umm.ac.id Internet | 8 words — < 1% |
| 176 | e-theses.iaincurup.ac.id Internet | 8 words — < 1% |
| 177 | ejournal.arraayah.ac.id Internet | 8 words — < 1% |
| 178 | ejournal.unisbablitar.ac.id Internet | 8 words — < 1% |
| 179 | eligible-1ldikti3.kemdikbud.go.id Internet | 8 words — < 1% |
| 180 | eprints.mercubuana-yogya.ac.id Internet | 8 words — < 1% |
| 181 | etheses.iainkediri.ac.id Internet | 8 words — < 1% |
| 182 | files.osf.io Internet | 8 words — < 1% |
| 183 | jbasic.org Internet | 8 words — < 1% |
| 184 | journal.unhas.ac.id Internet | 8 words — < 1% |
| 185 | journalversa.com Internet | 8 words — < 1% |

| | | |
|-----|--|----------------|
| 186 | junitarohma.blogspot.com Internet | 8 words — < 1% |
| 187 | jurnal-online.um.ac.id Internet | 8 words — < 1% |
| 188 | jurnal.uns.ac.id Internet | 8 words — < 1% |
| 189 | jurnalmahasiswa.unesa.ac.id Internet | 8 words — < 1% |
| 190 | lugiatismkdlg.wordpress.com Internet | 8 words — < 1% |
| 191 | nikha.blog.upi.edu Internet | 8 words — < 1% |
| 192 | ojs.fkip.ummetro.ac.id Internet | 8 words — < 1% |
| 193 | read.bookcreator.com Internet | 8 words — < 1% |
| 194 | repository.iainkudus.ac.id Internet | 8 words — < 1% |
| 195 | repository.uhamka.ac.id Internet | 8 words — < 1% |
| 196 | vdocuments.mx Internet | 8 words — < 1% |
| 197 | www.sdlit.net Internet | 8 words — < 1% |

8 words — < 1%

198 Mike Dewi Kurniasih, Diah Nugraheni, Lenny Kurniati. "PENGEMBANGAN PERANGKAT LIGHT SPECTRUM FILTERING CUBE UNTUK MEMBERDAYAKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PADA MATERI GERAK TUMBUHAN", PSEJ (Pancasakti Science Education Journal), 2017
Crossref

199 Muhammad Faiz Syamil, Ira Vahlia, Satrio Wicaksono Sudarman. "PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN BERBANTU APLIKASI POWTOON DISERTAI NILAI-NILAI ISLAM PADA MATERI SEGIEMPAT DAN SEGITIGA", EMTEKA: Jurnal Pendidikan Matematika, 2024
Crossref

200 Putri Nabila Rizki, Ahmad Susanto, Muhamad Soflan Hadl. "Hybrid Book Integrating Rumah Tuo Local Wisdom for Civic Education", Academia Open, 2026
Crossref

201 Rahmi Ramadhani, Yulia Fitri. "Validitas E-Modul Matematika Berbasis EPUB3 Menggunakan Analisis Rasch Model", Jurnal Gantang, 2020
Crossref

202 Riska Gustiarti, Rosllana Siregar, Isnaini Halimah Rambe. "PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK BERBASIS HOTS BERBANTUAN LIVEWORKSHEET UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN LITERASI MATEMATIS", Laplace : Jurnal Pendidikan Matematika, 2022
Crossref

203 Shefira Ninda Kurnia, Sugiantoro Sugiantoro, Ali Imron, Katon Katon. "Implementasi Project Based Learning Berbasis Assemblr Edu dalam Membentuk Kreativitas

- 204 ejournal.unesa.ac.id 7 words — < 1%
Internet
- 205 Indah Lestari, Ridho Riadi Akbar. "Pengaruh Promosi, Citra Sekolah, Kepercayaan dan Kualitas Pelayanan Terhadap Minat Pendaftaran Siswa Di SMA Plus Assalaam", RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business, 2026
6 words — < 1%
Crossref
- 206 Novi Rahmayanti, Feri Tiona Pasaribu, Tria Gustiningsi, Duano Sapta Nusantara. "Pengembangan E-Modul Berbasis Science, Technology, Engineering, Mathematics - Problem Based Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa SMP", JURNAL PENDIDIKAN MIPA, 2025
6 words — < 1%
Crossref
- 207 Pingkan Aprileni Memorika Rianto, Pramudya Dwi Aristya Putra, Zainur Rasyid Ridlo. "Pengaruh Model Pembelajaran PjBL dengan Pendekatan Engineering Design Process pada Pembelajaran IPA terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMP", JURNAL PENDIDIKAN MIPA, 2023
6 words — < 1%
Crossref
- 208 Roni Irawan, Sulfahri Sulfahri, Tati Haryati. "Pengembangan Modul Mitigasi Bencana Berbasis Nilai Ngaha Aina Ngoho Pada Sekolah Menengah Atas", JURNAL PENDIDIKAN IPS, 2025
6 words — < 1%
Crossref
- 209 Tiara Habibi Suwandi, Syahlan Syahlan, Isnaini Halimah Rambe. "PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS CREATIVE PROBLEM SOLVING

BERBANTUAN APLIKASI WORDWALL UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN LITERASI MATEMATIS', *Laplace : Jurnal Pendidikan Matematika*, 2022

Created

| | | |
|-----|--|----------------|
| 210 | bahanajarnon-cetakanisfadhillah.blogspot.com Internet | 6 words — < 1% |
| 211 | idoc.pub Internet | 6 words — < 1% |
| 212 | journal.uin-alauddin.ac.id Journal | 6 words — < 1% |
| 213 | miftahudinalbarbasy.wordpress.com Internet | 6 words — < 1% |
| 214 | repository.unikama.ac.id Internet | 6 words — < 1% |

EXCLUDED QUOTES 0%

EXCLUDED EXPLANATIONS 0%

EXCLUDED SOURCES 0%

EXCLUDED ALIENS 0%