

## **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 diusulkan.

##### **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, 2021). 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 (Ziraluo, 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 & Fadhilaturrahmi, 2018). Sebagai bagian dari ilmu pengetahuan alam, biologi memiliki peran strategis dalam mengajarkan siswa tentang kehidupan dan lingkungan sekitar mereka (Mangelep *et al.*, 2023). Pembelajaran biologi di SMA kurang memenuhi kebutuhan keterampilan karena pendekatan konvensional yang berpusat pada guru masih mendominasi pembelajaran (Kalengkongan *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 penekanan 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 (Marhadi *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 menggandakan 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 (Fazla *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 (Nurdiyanto *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 ((Wardathi & 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 atas. 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 menyertakan 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 divideokan 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 *discord*, *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 (Pahrudin *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 medianya
- 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 bersahabat dengan penggunanya

#### **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, Anggraini, (Pratama *et al.*, 2021) bahwa struktur dari e-modul adalah:

- 1) Judul modul, bagian ini memuat mengenai nama modul dari 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 keamanan dalam menyampaikan ide-ide mereka, dapat menentukan sendiri pembelajaran mereka, dan dapat bekerja sama atau bekerja sama. Lumbantobing & Azzahra (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 (*Science*)

Merupakan kajian tentang fenomena alam yang melibatkan observasi, pengukuran, dan metode ilmiah. *Science* mendorong pemahaman konsep-konsep alamiah 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 mengembangkan 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 & Wijaya, 2025). 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 (Sumanti *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 & Azzahra, 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 & Suyatno, 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 kurikuler 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 (Ikhsan, 2021). Menurut (Odume, 2022), Pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh aktivitas *antropogenik* seperti *industrialisasi*, *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 *mikroplastik* 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 bisah di manfaatkan sebagaimana mestinya. Jika perairan tercemar, keseimbangan ekosistemnya juga akan terganggu (Felia, 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 *polutan biologis* dan *kimiawi* 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<sub>2</sub>), *nitrogen oksida* (NO<sub>x</sub>), partikel debu, serta gas rumah kaca dari aktivitas industri, pembakaran bahan bakar

fosil, 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 Budianta (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 & Budianta, 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 Sani *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, konvensi, 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 konsekuensi 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.

## **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 (Sani *et al*, 2019). Kemampuan untuk menemukan dan mengembangkan ide-ide orisinal dari pemikiran sendiri atau asli disebut berpikir kreatif (Hafiza *et al*, 2022).

Orang kreatif, di sisi lain, adalah mereka yang tertarik pada hal-hal besar, memiliki banyak ide, imajinatif, 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 (Nurangraeni *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) *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.

## 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 menemukan 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 (2020)	<i>The Effects 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 sains 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 & Linuwih (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 &amp; creative thinking</i>	Integrasi proyek tidak eksplisit (lebih ke <i>inquiry-based</i> ), Penekanan pada 4C secara umum, bukan fokus khusus pada berpikir kritis & kreatif
3	Dewi & Widiyatmoko, (2022)	<i>Interactive STEM E-Module with Augmented Reality on Environmental Issues: Effects 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

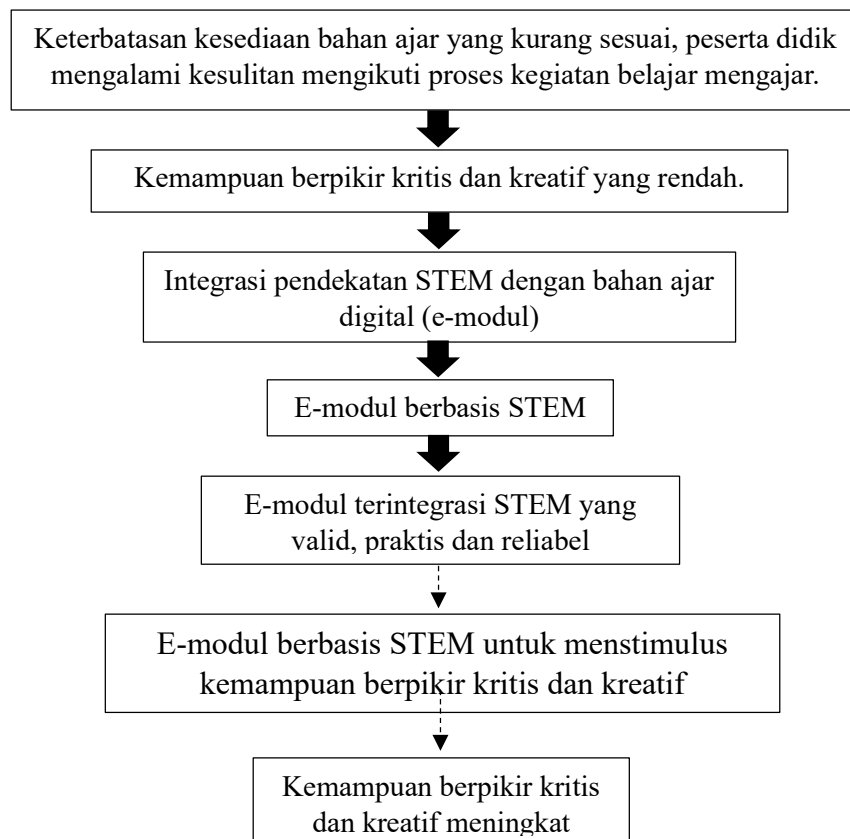
4	(Haryanto <i>et al.</i> , 2024)	<i>STEM Project-Based Learning in High School Environmental Science: Impacts on Student Creativity and Problem-Solving</i> (Jenjang SMA)	Meneliti E-modul interaktif + STEM, Isu lingkungan (polusi udara) serta Mengukur <i>critical &amp; creative thinking</i> Jenjang SMA	Tidak terintegrasi proyek riil (hanya simulasi AR) Proyek tidak menghasilkan produk nyata atau aksi lingkungan, Teknologi AR mungkin tidak feasible untuk semua sekolah
5	Capobianco & DeLisi, (2019)	<i>Pengembangan Modul Digital STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Abad 21 Siswa SMA melalui Isu Lingkungan Global</i> (Jenjang SMA)	Meneliti STEM + PBL + lingkungan pada Jenjang SMA untuk mengukur kreativitas & pemecahan masalah (proxy berpikir kritis)	Tidak menggunakan/ dikembangkan e-modul, instrumen pembelajaran berbasis kelas & laboratorium lapangan dan Konteks AS; kurikulum & penilaian berbeda
6	Fitriani, A., Suhandi, A., & Rustaman, N. Y. (2021)	<i>Pengembangan E-Modul STEM Berbasis Inkuiri Terbimbing pada Isu Lingkungan untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA</i>	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>produksi proyek nyata</i> (misal: solusi teknologi sederhana)
7	Putri <i>et al.</i> , (2023)	<i>Pengembangan Model Pembelajaran Berbasis STEM pada Materi Pencernaan Lingkungan untuk Meningkatkan Literasi Sains dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa.</i>	Sama-sama pengembangan Modul berbasis STEM pada materi pencemaran 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