

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Masalah**

Abad ke-21 merupakan era globalisasi yang ditandai oleh keterhubungan manusia di seluruh dunia melalui kemajuan teknologi dan komunikasi yang pesat. Dalam era ini, batas-batas geografis dan budaya semakin memudar karena interaksi lintas negara menjadi lebih mudah dan cepat. Perubahan tersebut menuntut manusia untuk beradaptasi dengan pola kehidupan baru yang berbasis digital, kolaboratif, dan inovatif, meninggalkan cara-cara tradisional yang sudah tidak relevan (Sujarwo et al., 2022). Berbagai aspek kehidupan, seperti ekonomi, sosial, politik, hingga pendidikan, mengalami transformasi signifikan yang didorong oleh perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK), kecerdasan buatan, serta digitalisasi di berbagai sektor (Fauzi, 2022).

Abad ke-21 menuntut peserta didik memiliki keterampilan yang relevan dengan tantangan global. Keterampilan abad ke-21 mencakup kemampuan berpikir kritis, kreatif, komunikatif, kolaboratif, serta literasi digital yang menjadi dasar bagi seseorang untuk beradaptasi dalam dunia yang dinamis (Alifah & Sukartono, 2023). Pendidikan tidak lagi hanya berorientasi pada penguasaan teori, tetapi juga pada penerapan pengetahuan untuk memecahkan permasalahan nyata dan membangun karakter pembelajar sepanjang hayat (Kristyaningdih et al., 2022). Oleh karena itu, lembaga pendidikan memiliki tanggung jawab besar untuk membentuk sumber daya manusia yang kompeten, adaptif, dan memiliki daya saing tinggi dalam menghadapi revolusi industri 4.0 serta era masyarakat 5.0.

Perkembangan teknologi juga memberikan dampak besar terhadap sistem pembelajaran. Proses belajar yang sebelumnya didominasi oleh metode konvensional kini beralih menuju pendekatan berbasis teknologi seperti *blended learning*, pembelajaran daring, serta penggunaan media digital yang interaktif (Dafit et al., 2024). Hal ini mendorong peran guru bergeser dari sekadar penyampai informasi menjadi fasilitator pembelajaran yang kreatif dan inovatif. Integrasi teknologi dalam pembelajaran diyakini mampu meningkatkan partisipasi dan motivasi siswa dalam belajar, sekaligus memperkuat penguasaan keterampilan abad

ke-21 (Marouli, 2021). Dengan demikian, pengintegrasian prinsip kemajuan teknologi dalam kegiatan belajar mengajar merupakan langkah strategis dalam membentuk generasi yang unggul, cerdas, serta mampu bersaing di tingkat global (Alifah & Sukartono, 2023).

Transformasi abad ke-21 yang ditandai oleh percepatan digitalisasi dan keterhubungan global menuntut sistem pendidikan yang adaptif serta responsif terhadap perubahan. Pendidikan tidak lagi berfokus pada transfer pengetahuan, tetapi pada penguatan kompetensi berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan literasi digital sebagai fondasi daya saing. Oleh karena itu, integrasi teknologi dan inovasi pedagogis menjadi langkah strategis dalam membentuk peserta didik yang mampu beradaptasi dan berkontribusi secara produktif di era global.

Kegiatan Belajar Mengajar (KBM) merupakan kegiatan timbal balik antara guru dan siswa yang bersifat memengaruhi dan dipengaruhi (Siregar et al., 2024). Kegiatan Belajar Mengajar (KBM) pada era globalisasi mengalami perubahan signifikan, karena teknologi digital dan globalisasi semakin mengaburkan batas tradisional antara ruang kelas, komunitas, dan jaringan global. Oleh karena itu, KBM tidak cukup hanya menggunakan metode tradisional pengajaran satu arah, melainkan harus mengadopsi pembelajaran yang lebih aktif, kolaboratif, dan berbasis teknologi agar peserta didik mampu menghadapi tantangan dan peluang zaman. Sebagai contoh, integrasi media digital, literasi teknologi, dan metode pembelajaran berbasis proyek telah terbukti mendukung keterlibatan siswa dan efektivitas pembelajaran di era ini (Paramahita et al., 2023).

Dalam prosesnya, tugas guru pun berubah menjadi fasilitator dan desainer pengalaman belajar yang memanfaatkan teknologi secara strategis untuk mendukung cara belajar yang kontekstual dan global. Guru perlu memiliki literasi digital yang memadai dan memahami pedagogi abad ke-21 agar dapat mengoptimalkan KBM berbasis teknologi dan globalisasi (Siregar et al., 2024). Lebih jauh, KBM di era globalisasi juga dituntut untuk menjaga keseimbangan antara kompetensi global (seperti kolaborasi, pemecahan masalah kompleks) dan konteks lokal atau kultural agar pembelajaran tidak terlepas dari identitas dan kebutuhan peserta didik (Pakuan et al., 2023).

Kegiatan Belajar Mengajar yang mengintegrasikan internet dalam pelaksanaannya menjadikan pembelajaran lebih fleksibel, baik dalam segi waktu maupun segi tempat yang mampu memberikan dukungan bagi terselenggaranya komunikasi pembelajaran yang aktif antara guru dan siswa sebagaimana yang diharapkan dari setiap kegiatan pembelajaran (Sahlani, 2020). Berdasarkan survey yang dilaksanakan oleh peneliti sebelumnya hanya terdapat 18.552 dari 28.501 SMA di Indonesia yang mampu mengintegrasikan internet ke dalam proses pembelajaran khususnya pembelajaran biologi. Peristiwa ini disebabkan karena infrastruktur dan pemahaman penggunaan internet sangat berbeda baik antar daerah maupun antar siswa (Subroto, 2015). Data tersebut menunjukkan bahwa diperlukan optimalisasi pelaksanaan pembelajaran biologi yang mengintegrasikan internet.

Dinamika globalisasi juga menuntut adanya pemerataan akses dan kualitas pembelajaran agar setiap peserta didik mampu berpartisipasi dalam lingkungan global yang semakin kompetitif (Daroin & Auliya, 2022). Transformasi KBM tidak hanya berfokus pada penggunaan teknologi, tetapi juga pada kemampuan institusi pendidikan dalam menciptakan ekosistem belajar yang inklusif, adaptif, dan fleksibel. Perubahan ini terlihat dari meningkatnya kebutuhan akan kurikulum yang responsif terhadap perkembangan digital serta model pembelajaran yang mampu mengakomodasi perbedaan gaya belajar dan kebutuhan individu (Syam et al., 2024). Dengan demikian, globalisasi mendorong sekolah dan pendidik untuk melakukan inovasi berkelanjutan dalam perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi pembelajaran sehingga proses KBM tidak hanya efektif secara akademis, tetapi juga berorientasi pada pembentukan karakter, kreativitas, dan kompetensi global peserta didik (Saputra et al., 2024).

Kegiatan Belajar Mengajar (KBM) di era globalisasi mengalami transformasi signifikan akibat integrasi teknologi digital yang mengubah pola interaksi, peran guru, dan karakteristik pembelajaran menjadi lebih aktif, kolaboratif, serta berbasis teknologi. Meskipun pemanfaatan internet dan media digital terbukti meningkatkan fleksibilitas dan efektivitas pembelajaran, kesenjangan infrastruktur serta literasi digital antarwilayah masih menjadi tantangan dalam optimalisasi pembelajaran, khususnya pada mata pelajaran Biologi. Oleh karena itu, inovasi berkelanjutan

dalam desain kurikulum, penguatan literasi digital pendidik, serta penciptaan ekosistem belajar yang inklusif dan adaptif menjadi kebutuhan strategis guna mewujudkan KBM yang berkualitas dan berdaya saing global.

Pengembangan integrasi internet dalam proses pembelajaran biologi menjadi lebih efektif dapat dicapai melalui penggunaan modul elektronik (Arnita et al., 2021). Dengan menggunakan modul elektronik, siswa dapat terlibat secara langsung dalam proses pembelajaran. Modul elektronik memungkinkan siswa untuk berpartisipasi aktif, mengakses informasi secara instan, dan menjalani pembelajaran yang disesuaikan dengan kebutuhan individu (Febliza et al., 2023). Modul tersebut dapat dirancang untuk memanfaatkan berbagai sumber daya online, seperti artikel ilmiah, video pembelajaran, dan simulasi interaktif. Dengan mengintegrasikan berbagai jenis materi pembelajaran ini, modul tersebut dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih holistik dan interaktif bagi siswa (Arnita et al., 2021)

Pemanfaatan modul elektronik juga bertujuan untuk memperluas penggunaan metode pembelajaran tanpa kertas, dengan harapan dapat mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan oleh produksi kertas terhadap lingkungan. Ide ini muncul sebagai respons terhadap kerusakan hutan di Indonesia, yang mencapai sekitar 42 juta hektar akibat eksploitasi untuk kebutuhan produksi kertas (Wahyuni & Suranto, 2021). Budaya pembelajaran tanpa kertas diharapkan dapat secara signifikan mengurangi kebutuhan akan kertas dalam dunia pendidikan, khususnya dalam pembuatan perangkat pembelajaran. Dengan demikian, penggunaan modul elektronik dapat menjadi solusi efektif untuk mengurangi jejak ekologis dan mendukung upaya pelestarian lingkungan.

Selain mengintegrasikan internet ke dalam proses pembelajaran, pengembangan sumber daya manusia yang terampil dan adaptif terhadap kemajuan zaman dapat diwujudkan melalui pembelajaran yang berorientasi pada pembentukan keterampilan berpikir sistem, yaitu kemampuan memahami keterkaitan antar komponen dalam suatu sistem secara holistik untuk memecahkan permasalahan yang kompleks (Elsawah et al., 2022). Keberhasilan proses pembelajaran dalam menghasilkan sumber daya manusia dengan gaya berpikir

sistem sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti karakteristik peserta didik, kualitas pengajar, bahan ajar, serta pendekatan pembelajaran yang diterapkan. Salah satu pendekatan yang relevan untuk meningkatkan kemampuan berpikir sistem adalah melalui *Education for Sustainable Development* (ESD) yang menekankan pentingnya keterkaitan antara aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan dalam suatu sistem yang kompleks (Wahono et al., 2023). Pembelajaran berbasis berpikir sistem memiliki beberapa kelebihan utama, antara lain membantu siswa memahami keterkaitan antar komponen dalam suatu sistem secara holistik, meningkatkan kemampuan analitis untuk melihat pola dan hubungan kausal, serta memfasilitasi pemecahan masalah nyata yang bersifat kompleks (Haryanti et al., 2024).

Selain itu, pendekatan ini juga mendorong pengembangan kompetensi metakognitif siswa, karena siswa diajak untuk merefleksikan hubungan sebab-akibat, alur umpan balik (*feedback loops*), dan dampak dari setiap tindakan dalam sistem (Subramaniam & Wahono, 2024). Secara empiris, pembelajaran berbasis berpikir sistem dalam konteks ESD telah terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap isu-isu keberlanjutan global serta meningkatkan kemampuan mereka dalam mengambil keputusan yang bertanggung jawab terhadap lingkungan dan masyarakat (Wahono et al., 2023).

Optimalisasi integrasi internet dalam pembelajaran Biologi dapat diwujudkan melalui pengembangan modul elektronik yang interaktif, fleksibel, serta mendukung pembelajaran tanpa kertas sebagai bagian dari upaya pengurangan jejak ekologis. Pemanfaatan e-modul tidak hanya memperkaya pengalaman belajar melalui akses sumber daya digital yang beragam, tetapi juga mendorong partisipasi aktif dan kemandirian peserta didik. Lebih lanjut, integrasinya dengan pendekatan *Education for Sustainable Development* (ESD) berorientasi pada penguatan kemampuan berpikir sistem, sehingga siswa mampu memahami keterkaitan kompleks antar aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan serta mengambil keputusan yang bertanggung jawab secara berkelanjutan.

Pembelajaran *Education for Sustainable Development* (ESD) dapat melatih siswa sebagai pemecah masalah dan penemu informasi baru melalui proyek atau

penelitian berkelanjutan. Namun, penerapan ESD masih terbatas, khususnya pada aspek bahan penunjang seperti modul dan media ajar yang menyokong pembelajaran berorientasi keberlanjutan di tingkat SMA (Inayah et al., 2023). Ketimpangan ini terjadi karena banyak pengajar SMA yang belum memahami konsep ESD secara menyeluruh. Sebanyak 36,5 % guru IPA SMP/SMA memiliki pemahaman komprehensif tentang ESD, sementara sisanya masih kesulitan dalam mengembangkan bahan ajar ESD seperti modul dan e-modul (Sameera et al., 2023).

Dalam konteks global, kemampuan berpikir sistem menjadi salah satu keterampilan penting abad ke-21 yang dibutuhkan untuk memahami permasalahan kompleks seperti perubahan lingkungan. Namun, berbagai laporan internasional menunjukkan bahwa kemampuan tersebut masih tergolong rendah. Hasil PISA tahun 2018 yang diselenggarakan oleh OECD menunjukkan bahwa rata-rata skor literasi sains peserta didik secara global berada di angka sekitar 489, dengan sebagian besar siswa hanya mencapai level dasar (Level 2) yang menunjukkan keterbatasan dalam menganalisis hubungan sebab-akibat kompleks dan memahami sistem secara menyeluruh. Hal ini mengindikasikan bahwa kemampuan berpikir tingkat tinggi, termasuk berpikir sistem, masih perlu ditingkatkan dalam pembelajaran. Sejalan dengan itu, penelitian oleh Gousopoulos (2024) juga mengungkapkan bahwa peserta didik sering mengalami kesulitan dalam membangun hubungan konseptual dan rantai penalaran yang menghubungkan berbagai konsep ilmiah secara utuh, sehingga pemahaman yang terbentuk cenderung parsial dan tidak sistemik.

Di Indonesia kemampuan berpikir sistem peserta didik masih tergolong rendah dan belum berkembang secara optimal. Hal ini dibuktikan oleh penelitian (Khairati et al., 2025) yang menunjukkan bahwa sebagian besar siswa berada pada kategori *pre-aware* dan *emerging*, yang mengindikasikan bahwa kemampuan berpikir sistem masih berada pada tahap awal. Peserta didik mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi komponen sistem, memahami keterkaitan antar komponen, serta menganalisis hubungan sebab-akibat dalam suatu permasalahan lingkungan. Selain itu, nilai rata-rata kemampuan yang relatif rendah menunjukkan bahwa keterampilan berpikir sistem belum berkembang secara maksimal. Sejalan dengan

temuan tersebut, penelitian (Rahmani et al., 2023) mengungkapkan bahwa keterampilan berpikir sistem belum menjadi fokus utama dalam proses pembelajaran di Indonesia, sehingga peserta didik belum terbiasa memahami fenomena kompleks secara holistik. Meskipun hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran berbasis proyek memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan keterampilan berpikir sistem ( $\text{Sig} < 0,05$ ), kemampuan awal peserta didik masih tergolong rendah. Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam pembelajaran yang mampu mengembangkan keterampilan berpikir sistem secara lebih efektif.

Berdasarkan hasil studi pendahuluan yang dilakukan di SMAN 1 Sumber, kemampuan berpikir sistem peserta didik masih belum berkembang secara optimal. Peserta didik cenderung hanya mampu mengidentifikasi komponen sistem dan mengenali hubungan sederhana antar komponen, namun belum mampu menganalisis hubungan sebab-akibat secara kompleks, memahami dinamika sistem, mengidentifikasi pola perubahan dari waktu ke waktu, serta memprediksi dampak yang terjadi dalam suatu sistem. Selain itu, kemampuan dalam mengintegrasikan berbagai komponen menjadi suatu kesatuan yang utuh dan menarik kesimpulan berbasis pemikiran sistemik juga masih tergolong rendah. Kondisi ini menunjukkan bahwa peserta didik belum terbiasa memahami permasalahan secara holistik, sehingga diperlukan upaya pembelajaran yang mampu mengembangkan keterampilan berpikir sistem secara lebih optimal.

Kemajuan teknologi pada abad ke-21 tidak hanya membawa dampak positif, tetapi juga memberikan kontribusi serius terhadap kerusakan lingkungan dan peradaban manusia. Percepatan inovasi dan ekspansi teknologi dalam era modern telah memicu tekanan besar terhadap sistem alam dan sosial, melalui industrialisasi, urbanisasi dan konsumsi sumber daya yang masif sehingga menimbulkan kerusakan ekosistem, hilangnya keanekaragaman hayati serta memperparah pencemaran air, udara dan tanah. Sebagai hasilnya, abad ini menjadi saksi dari tantangan serius dalam menjaga keseimbangan lingkungan dan mempertahankan keberlanjutan bumi (Kurniawan, R. & Yasin, 2023). Meskipun teknologi telah membuka peluang besar untuk kemajuan manusia, tanpa pola pemanfaatan yang

berkelanjutan kemajuan tersebut justru dapat menjadi pendorong utama terjadinya perubahan iklim, ekosistem terdegradasi, dan ancaman terhadap kelangsungan peradaban manusia. Diperlukan tindakan bersama untuk mengatasi masalah ini dan memastikan bahwa kemajuan teknologi diarahkan pada solusi yang ramah lingkungan (Febrianti & Mufidah, 2025).

Terdapat 2,6 miliar manusia bergantung pada tanah, dengan 52% lahan digunakan untuk pertanian, masalah keberlanjutan lahan menjadi krusial. Setiap tahunnya, sekitar 12 juta hektar atau 23 hektar per menit tanah hilang, menghadapi ancaman penggurunan, penggundulan lahan, dan kekeringan. Kehilangan kesuburan tanah yang mencapai 30-50 kali lipat lebih tinggi disebabkan oleh aktivitas manusia. Menariknya, 80% dari makanan manusia berasal dari tanaman, menegaskan pentingnya konservasi tanah (Abdel, 2023). Tidak hanya itu, perdagangan ilegal dari sekitar 7.000 spesies hewan dan tumbuhan dari 120 negara melalui perburuan dan perdagangan satwa liar turut mengancam keberagaman hayati. Lebih dari 3 miliar manusia, hampir 3/4 populasi dunia, bergantung pada keanekaragaman hayati di lautan, laut, dan pesisir sebagai sumber mata pencaharian mereka. Sementara itu, lautan memiliki peran vital dalam menyerap sekitar 25% karbon dioksida yang dihasilkan oleh aktivitas manusia (Fleming et al., 2024).

Hal ini mengindikasikan bahwa solusi terhadap permasalahan lingkungan perlu melibatkan tindakan manusia dalam pengelolaan sumber daya alam agar dapat mencapai keberlanjutan lingkungan. Menyelamatkan lingkungan dan melindungi fungsi ekosistemnya bukan hanya tanggung jawab satu negara, melainkan merupakan komitmen global yang diakui oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) melalui *Sustainable Development Goals* (SDGs). Salah satu tujuan utama yang relevan dengan materi perubahan lingkungan dalam pembelajaran biologi adalah SDG 13: *Climate Action*, yang menekankan pentingnya mitigasi, adaptasi, serta peningkatan kapasitas masyarakat dalam menghadapi dampak perubahan iklim. Implementasi SDG 13 dalam konteks pendidikan menuntut siswa untuk memahami keterkaitan antara aktivitas manusia, peningkatan emisi gas rumah kaca, dan dampaknya terhadap sistem iklim global.

Pengembangan E-Modul Biologi berbasis ESD menjadi sangat penting dalam membekali siswa dengan keterampilan berpikir sistem, yaitu kemampuan untuk menganalisis hubungan sebab-akibat antar komponen dalam sistem lingkungan, mengenali umpan balik dalam ekosistem, serta memahami dampak jangka panjang dari tindakan manusia terhadap keberlanjutan iklim bumi. Melalui modul ini, siswa tidak hanya belajar konsep teoretis, tetapi juga didorong untuk mengembangkan kesadaran kritis, empati ekologis, dan kemampuan mengambil keputusan yang bertanggung jawab dalam konteks mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. Dengan demikian, pembelajaran berbasis ESD pada materi perubahan lingkungan tidak hanya meningkatkan pengetahuan dan pemahaman ilmiah, tetapi juga memperkuat sikap perilaku Ramah lingkungan dan keterampilan pemecahan masalah siswa yang berorientasi keberlanjutan.

Salah satu pendekatan yang efektif dalam menangani permasalahan perubahan lingkungan adalah dengan menanamkan kesadaran dan kepedulian terhadap lingkungan sejak dini (Aisyah et al., 2024). Proses pembentukan kesadaran ini dapat dilakukan di sekolah melalui pengintegrasian topik-topik terkait perubahan lingkungan, seperti pemanasan global, peningkatan emisi gas rumah kaca, dan dampaknya terhadap ekosistem, ke dalam proses pembelajaran (Kartini & Aljamaliah, 2024). Melalui pembelajaran yang menumbuhkan kecintaan terhadap lingkungan, diharapkan terbentuk generasi yang peduli dan bertanggung jawab terhadap keberlanjutan alam. Pemahaman yang mendalam memungkinkan peserta didik menjadi agen perubahan yang mampu menekan kerusakan lingkungan melalui tindakan nyata. Selain meningkatkan kesadaran, pembelajaran juga perlu menguatkan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan berpikir sistem agar siswa mampu menganalisis keterkaitan sosial, ekonomi, dan ekologi serta memprediksi dampak jangka panjang terhadap ekosistem (Sari & Widiyanti, 2024).

Penanaman kesadaran akan pentingnya pelestarian lingkungan dalam pembelajaran Biologi berbasis ESD pada materi perubahan lingkungan perlu difokuskan pada upaya memperkuat pemahaman siswa terhadap keterkaitan antar unsur dalam ekosistem serta konsekuensi negatif dari aktivitas manusia yang mengganggu keseimbangan alam. Melalui penerapan pendekatan ini, peserta didik

didorong untuk mengidentifikasi hubungan sebab-akibat dalam sistem lingkungan, memahami pola interaksi antara komponen biotik dan abiotik, serta mengevaluasi dampak jangka panjang dari berbagai tindakan manusia terhadap kelestarian lingkungan (Kusumaningrum et al., 2022). Dengan menerapkan prinsip berpikir sistem, diharapkan proses pembelajaran mampu meningkatkan kemampuan siswa dalam memandang permasalahan lingkungan secara menyeluruh dan mendorong mereka untuk menemukan solusi yang tepat melalui analisis sistemik (Tahmid et al., 2024).

Pengembangan E-modul ini selaras dengan upaya global dalam mencapai SDGs 13 yang menekankan perlunya peningkatan kapasitas individu dalam menghadapi perubahan iklim, serta dapat meningkatkan kualitas pembelajaran dan kemampuan kognitif siswa dalam menghadapi masalah perubahan lingkungan melalui analisis sistemik. Selain itu, modul ini juga dirancang untuk membantu siswa memahami kompleksitas dampak aktivitas manusia terhadap sistem iklim dan ekosistem secara global (Kusumaningrum et al., 2022)

Pentingnya penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan bahan ajar yang mengintegrasikan prinsip ESD dalam pembelajaran Biologi, khususnya materi perubahan lingkungan. Pengembangan ini bertujuan memperkaya konten pembelajaran berbasis teknologi melalui E-modul serta meningkatkan keterampilan berpikir sistem siswa dalam menganalisis permasalahan lingkungan secara holistik. E-modul ini diharapkan membantu siswa memahami hubungan sebab-akibat dalam sistem lingkungan dan mengevaluasi dampak jangka panjang aktivitas manusia terhadap keberlanjutan ekosistem. Selain itu, pengembangan ini mendukung pencapaian SDG 13 (*Climate Action*) dan menjawab tuntutan pendidikan abad 21 yang menekankan berpikir kritis, analitis, dan pemecahan masalah sistemik. Oleh karena itu, peneliti melakukan pengembangan E-modul Biologi berbasis ESD pada materi perubahan lingkungan sebagai solusi untuk meningkatkan keterampilan berpikir sistem siswa SMA.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, peneliti mengidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Rendahnya integrasi konsep *Education for Sustainable Development* (ESD) dalam pembelajaran Biologi di SMA, khususnya pada materi perubahan lingkungan.
2. Terbatasnya bahan ajar inovatif yang berbasis teknologi digital seperti modul elektronik yang sesuai dengan konteks ESD.
3. Kurangnya keterampilan berpikir sistem siswa dalam memahami keterkaitan antar komponen lingkungan serta dampak aktivitas manusia terhadap perubahan iklim.
4. Rendahnya kesadaran siswa terhadap pentingnya tindakan mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan lingkungan.

## **C. Pembatasan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah di atas, maka peneliti membatasi masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya difokuskan pada pengembangan bahan ajar berupa e-modul berbasis *Education for Sustainable Development* (ESD) yang mengacu pada tujuan pembangunan berkelanjutan SDGs 13 (*Climate Action*).
2. Bahan ajar yang dikembangkan hanya mencakup materi perubahan lingkungan sesuai kurikulum Biologi SMA kelas X.
3. Keterampilan siswa yang menjadi target pengembangan adalah keterampilan berpikir sistem.

## **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang, identifikasi, dan pembatasan masalah di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kelayakan e-modul berbasis ESD pada materi perubahan lingkungan?
2. Bagaimana kepraktisan e-modul berbasis ESD pada materi perubahan lingkungan?

3. Bagaimana efektivitas e-modul berbasis ESD dalam meningkatkan keterampilan berpikir sistem siswa pada materi perubahan lingkungan?

#### **E. Tujuan Pengembangan**

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan e-modul berbasis ESD yang layak digunakan dalam pembelajaran materi perubahan lingkungan.
2. Menghasilkan e-modul berbasis ESD yang praktis pada materi perubahan lingkungan.
3. Menghasilkan e-modul berbasis ESD yang efektif pada materi perubahan lingkungan untuk meningkatkan berpikir sistem materi perubahan lingkungan.

#### **F. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan**

Pengembangan produk dalam penelitian ini memiliki spesifikasi produk sebagai berikut:

##### **1. Aspek Kelayakan**

E-modul dikembangkan dalam bentuk *flipbook* digital yang dapat diakses melalui laptop, tablet, dan *smartphone*. Modul elektronik ini disusun sesuai Capaian Pembelajaran Fase E Kurikulum Merdeka, terintegrasi dengan pendekatan *Education for Sustainable Development* (ESD) dan berfokus pada SDGs 13 (*Climate Action*). Materi mencakup perubahan lingkungan, pencemaran, penanganan limbah, serta aksi nyata melalui pembuatan komposter sampah organik. Modul telah divalidasi oleh ahli materi dan ahli media sehingga isinya akurat, sistematis, dan sesuai dengan karakteristik peserta didik kelas X SMA.

##### **2. Aspek Kepraktisan**

E-modul dirancang agar mudah digunakan oleh guru dan peserta didik dalam pembelajaran maupun belajar mandiri. Penyajian modul tersusun runtut mulai dari petunjuk penggunaan, peta pemikiran, tujuan pembelajaran, materi, kegiatan berbasis proyek, hingga asesmen dan refleksi. E-Modul mengintegrasikan teks, gambar, video, dan tabel analisis serta menerapkan *Project Based Learning* (PjBL) pada setiap pertemuan, sehingga memudahkan implementasi pembelajaran dan meningkatkan keaktifan peserta didik.

### 3. Aspek Efektivitas

E-modul ini bertujuan meningkatkan keterampilan berpikir sistem peserta didik dalam memahami permasalahan lingkungan. Kegiatan pembelajaran melatih peserta didik menganalisis komponen sistem lingkungan, hubungan sebab-akibat, serta dampak jangka pendek dan jangka panjang aktivitas manusia. Efektivitas modul didukung oleh asesmen formatif berupa tabel analisis, esai berbasis ESD, penilaian kinerja, dan refleksi. Melalui kegiatan pembuatan komposter, peserta didik tidak hanya memahami konsep, tetapi juga melakukan aksi nyata ramah lingkungan sebagai kontribusi terhadap SDGs 13.

### G. Manfaat Pengembangan

Berdasarkan tujuan penelitian diatas, maka manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 1. Bagi Pendidik

- a) E-modul berbasis *Education for Sustainable Development* (ESD) pada materi perubahan lingkungan diharapkan dapat dijadikan sebagai sumber pertimbangan saat pemilihan bahan ajar.
- b) E-modul berbasis ESD pada materi perubahan lingkungan diharapkan dapat memberikan acuan kepada pendidik dalam menilai sejauh mana pemahaman peserta didik terhadap konsep perubahan lingkungan dan kaitannya dengan tindakan keberlanjutan.

#### 2. Bagi Peserta didik

- a) E-modul berbasis ESD pada materi perubahan lingkungan diharapkan dapat menjadi sumber belajar alternatif yang menarik dan memudahkan peserta didik dalam memahami keterkaitan antara aktivitas manusia dan dampaknya terhadap lingkungan.
- b) E-modul berbasis ESD pada materi perubahan lingkungan diharapkan dapat meningkatkan keterampilan berpikir sistem peserta didik dalam menganalisis permasalahan lingkungan secara holistik.

### 3. Bagi Sekolah

- a) E-modul berbasis ESD pada materi perubahan lingkungan diharapkan dapat memperkaya pilihan bahan ajar yang sejalan dengan implementasi kurikulum merdeka dan penguatan pendidikan karakter lingkungan.
- b) E-modul berbasis ESD pada materi perubahan lingkungan diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan inovasi pembelajaran berbasis teknologi dan pendidikan berkelanjutan di lingkungan sekolah.

### 4. Bagi Peneliti

Hasil pengembangan e-modul berbasis ESD ini diharapkan dapat menjadi referensi dan bahan acuan bagi peneliti lain dalam mengembangkan media pembelajaran berbasis teknologi yang relevan dengan pendidikan abad ke-21 dan mendukung pencapaian *Sustainable*.

### H. Asumsi Pengembangan

Asumsi pada pengembangan bahan ajar berupa e-modul berbasis *Education for Sustainable Development* (ESD) pada materi perubahan lingkungan sebagai berikut:

1. Siswa sebaiknya memiliki keterampilan dasar dalam menggunakan perangkat teknologi digital, seperti komputer, laptop, tablet, atau *smartphone*, serta mampu mengoperasikan aplikasi pembelajaran elektronik secara mandiri.
2. Siswa diharapkan memiliki akses yang memadai terhadap jaringan internet yang stabil, sehingga dapat mengakses, mengunduh, dan berinteraksi dengan konten e-modul secara *online* maupun *offline*.
3. Guru Biologi yang terlibat dalam proses pembelajaran diharapkan memiliki pemahaman dan keterampilan dasar dalam penggunaan media pembelajaran berbasis teknologi digital, serta bersedia mengintegrasikan e-modul berbasis ESD dalam kegiatan belajar mengajar.
4. Siswa diharapkan memiliki keterampilan berpikir kritis dan sistemik, sehingga mampu menganalisis keterkaitan antar komponen dalam sistem lingkungan serta mengevaluasi dampak aktivitas manusia terhadap perubahan lingkungan.

5. Lingkungan sekolah diharapkan mendukung implementasi pembelajaran berbasis teknologi dan ESD, baik dalam bentuk fasilitas pendukung, kebijakan sekolah, maupun budaya belajar yang mendorong pendidikan berkelanjutan.

