

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pembelajaran abad ke-21 menuntut peserta didik untuk memiliki kemampuan berpikir tingkat tinggi seperti berpikir kritis, kreatif, komunikatif, dan kolaboratif dalam menghadapi tantangan kehidupan nyata berbasis sains dan teknologi (Van Laar *et al.*, 2019; Al-Sultan *et al.*, 2021). Dalam konteks pendidikan sains, salah satu kompetensi fundamental yang harus dikuasai adalah Keterampilan Proses Sains (Manurung & Lisa, 2023). Keterampilan Proses Sains (KPS) tidak hanya sebatas keterampilan mekanis dalam melakukan eksperimen, tetapi merupakan rangkaian kemampuan berpikir ilmiah yang mencakup mengamati, mengidentifikasi pola, mengklasifikasi objek atau fenomena, mengukur secara akurat, serta menggunakan data untuk menyusun hipotesis. Melalui keterampilan ini, peserta didik dibimbing untuk berpikir secara sistematis, berbasis bukti, dan mampu mengambil keputusan berdasarkan informasi yang terverifikasi (Duda & Matuszewski, 2019)

Lebih lanjut, penguasaan KPS berperan penting dalam membangun karakter ilmiah peserta didik. Proses merancang percobaan, mengumpulkan data, menganalisis hasil, hingga menarik kesimpulan menjadikan pembelajaran sains lebih bermakna karena peserta didik mengalami langsung bagaimana pengetahuan ilmiah dibentuk. Putri & Raharjo (2024) menegaskan bahwa keterlibatan aktif dalam aktivitas ilmiah membuat peserta didik lebih inovatif, percaya diri, dan terbiasa menyelesaikan masalah melalui pendekatan berbasis bukti. Namun demikian, laporan *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS) menunjukkan bahwa sebagian besar siswa Indonesia masih berada di bawah standar internasional dalam kemampuan KPS. Dalam evaluasi internasional ini, Indonesia menempati peringkat ke-35 dari 46 negara peserta dalam bidang sains, dengan skor rata-rata 431, jauh di bawah rata-rata internasional yang sebesar 500. Kondisi ini menandakan bahwa keterampilan berpikir ilmiah peserta didik masih perlu mendapat perhatian serius melalui pembelajaran yang lebih kontekstual, eksploratif, dan berorientasi proses (Suharti, 2024).

Selain KPS, aspek penting lain dalam pembelajaran sains adalah pemahaman konsep. Pemahaman konsep tidak hanya berarti mengingat informasi, tetapi mencakup kemampuan menghubungkan pengetahuan baru dengan pengetahuan yang telah dimiliki sebelumnya, sehingga peserta didik mampu membangun struktur kognitif yang utuh dan bermakna. Peserta didik yang memiliki pemahaman konsep yang baik mampu menjelaskan fenomena ilmiah dengan kata-kata sendiri, memberikan contoh penerapan dalam kehidupan sehari-hari, serta menggunakan konsep tersebut untuk memecahkan masalah. Oleh karena itu, pembelajaran sains tidak seharusnya hanya menekankan pada pencapaian hasil akhir, tetapi juga pada proses konstruksi pengetahuan yang terjadi selama pembelajaran berlangsung (Maulidia & Santosa, 2023).

Penelitian Nugraini & Amelia (2020) menunjukkan bahwa tingkat pemahaman konsep bioteknologi peserta didik masih rendah, dengan rata-rata hanya 67%. Rendahnya capaian ini menunjukkan bahwa metode pembelajaran yang pasif dan minim interaksi belum mampu membantu peserta didik memahami konsep secara mendalam, sehingga diperlukan inovasi media dan strategi pembelajaran yang lebih interaktif dan kontekstual. Temuan ini diperkuat oleh hasil penelitian lain yang menunjukkan bahwa meskipun kemampuan literasi siswa berada pada kategori baik, pemahaman mereka terhadap materi biologi belum optimal. Hal ini menunjukkan bahwa semakin baik kemampuan literasi siswa, semakin baik pula hasil belajar biologi mereka. Dengan demikian, rendahnya pemahaman konsep bioteknologi tidak hanya berkaitan dengan metode pembelajaran yang kurang interaktif, tetapi juga dapat dikaitkan dengan kurangnya penguatan aspek literasi sains dalam proses pembelajaran (Pratiwi & Idramsa, 2019).

Salah satu materi biologi yang sangat penting dan relevan dengan kehidupan nyata adalah bioteknologi. Pada jenjang SMA, bioteknologi memiliki peran strategis karena mencakup topik-topik yang berkaitan langsung dengan kesehatan, pangan, lingkungan, dan industri (Nugraini & Amelia, 2023). Bioteknologi tidak hanya berfungsi sebagai materi pengetahuan tetapi juga sebagai sarana membentuk pola pikir kritis dan solutif dalam menghadapi masalah global seperti ketahanan pangan, pengobatan penyakit, dan pengelolaan limbah. Sulistyowati & Roshayanti

(2022) menyatakan bahwa pembelajaran bioteknologi yang baik dapat meningkatkan kesadaran peserta didik terhadap perkembangan teknologi dan pelestarian lingkungan. Namun demikian, bioteknologi juga termasuk materi yang bersifat abstrak dan kompleks karena memuat istilah ilmiah dan proses molekuler seperti rekayasa genetika dan kultur jaringan. Hal ini membuat peserta didik kesulitan memahami konsep-konsepnya jika pembelajaran hanya bersifat teoritis (Hasibuan *et al.*, 2024).

Dalam konteks inilah, KPS memiliki hubungan erat dengan pembelajaran bioteknologi. Pemahaman bioteknologi tidak cukup hanya dengan membaca atau mendengarkan penjelasan guru, tetapi harus melalui proses ilmiah berbasis eksplorasi dan eksperimen (Sabila *et al.*, 2023). Dengan melatih KPS seperti observasi, pengukuran, analisis, dan interpretasi data melalui kegiatan praktikum bioteknologi, peserta didik dapat lebih mudah memahami bagaimana suatu produk bioteknologi dihasilkan. Namun fakta di lapangan menunjukkan bahwa keterbatasan fasilitas laboratorium membuat banyak sekolah tidak mampu melaksanakan praktikum bioteknologi secara langsung. Hal ini menghambat terbentuknya pengalaman ilmiah peserta didik (Nugraini & Amelia, 2020).

Demikian pula, pemahaman konsep sangat berkaitan dengan pembelajaran bioteknologi. Menurut Zubaidah (2018), pemahaman konsep yang baik memungkinkan peserta didik mengaitkan pengetahuan baru dengan pengalaman sebelumnya sehingga mereka lebih termotivasi untuk belajar lebih lanjut tentang sains. Pada materi bioteknologi, pemahaman konsep penting agar peserta didik dapat membuat keputusan ilmiah seperti menilai dampak konsumsi produk rekayasa genetik terhadap kesehatan (Nugraini & Amelia, 2020). Namun rendahnya literasi bioteknologi siswa yang hanya mencapai 55,1% (Nugraini & Amelia, 2020) menunjukkan bahwa metode pembelajaran yang digunakan saat ini belum efektif.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa peningkatan Keterampilan Proses Sains (KPS) dan pemahaman konsep pada materi bioteknologi secara simultan merupakan kebutuhan mendesak dalam pendidikan abad ke-21. Kedua aspek tersebut tidak dapat dipisahkan karena KPS berperan dalam melatih peserta didik untuk berpikir ilmiah melalui proses observasi, eksperimen, dan penarikan kesimpulan, sementara pemahaman konsep memastikan bahwa

pengetahuan yang diperoleh tidak bersifat dangkal atau sekadar hafalan. Untuk mencapai keseimbangan antara keterampilan dan pemahaman, pembelajaran bioteknologi harus didesain sedemikian rupa sehingga peserta didik tidak hanya aktif melakukan eksplorasi, tetapi juga mampu merefleksikan dan mengaitkan kegiatan yang dilakukan dengan konsep ilmiah yang relevan (Jannah, 2025). Sejalan dengan itu, pendekatan *student-centered learning* menjadi strategi yang relevan untuk meningkatkan pemahaman konsep. Pembelajaran yang berpusat pada peserta didik mendorong mereka untuk aktif mengeksplorasi, berdiskusi, berkolaborasi, dan mengkomunikasikan ide secara mandiri. Safahi & Mutiara (2019) menegaskan bahwa pendekatan ini tidak hanya meningkatkan kemampuan berpikir kritis, tetapi juga memperkuat literasi sains karena peserta didik terlibat dalam proses penemuan makna materi pelajaran.

Namun, hal ini tidak akan tercapai tanpa ketersediaan media pembelajaran yang mendukung kedua aspek tersebut secara bersamaan. Diperlukan media yang bersifat eksploratif untuk melatih KPS sekaligus bersifat konseptual untuk memperkuat pemahaman konsep, serta mampu disajikan dalam format digital yang fleksibel dan interaktif. Salah satu media yang memiliki potensi besar untuk menjawab kebutuhan tersebut adalah *Electronic Lembar Kerja Peserta Didik (E-LKPD)*. E-LKPD merupakan pengembangan dari LKPD cetak yang dapat diakses melalui perangkat digital seperti komputer atau *smartphone* (Pratama *et al.*, 2020; Utami & Pujiriyanto, 2019).

Keunggulan E-LKPD tidak hanya terletak pada kemudahan akses yang memungkinkan peserta didik belajar kapan saja dan di mana saja, tetapi juga pada kemampuan media ini dalam memfasilitasi distribusi materi, interaksi dua arah, hingga evaluasi hasil belajar secara lebih efisien (Vonna *et al.*, dalam Annisa *et al.*, 2024). Dengan integrasi fitur interaktif dan visual yang lebih kaya, E-LKPD berpotensi menjadi solusi inovatif dalam pembelajaran bioteknologi berbasis sains abad 21.

Namun, E-LKPD tidak cukup hanya bersifat digital, tetapi harus memiliki pendekatan yang tepat. Salah satu pendekatan yang relevan adalah STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). Pendekatan STEM menekankan integrasi ilmu pengetahuan dan teknologi untuk memecahkan masalah nyata

melalui proyek atau eksperimen virtual (Setiawan *et al.*, 2020; Pfeiffer *et al.*, 2013). Dengan menerapkan STEM ke dalam E-LKPD bioteknologi, peserta didik tidak hanya membaca atau menjawab soal, tetapi juga diajak untuk menganalisis kasus bioteknologi, melakukan simulasi eksperimen, dan menyimpulkan hasil seperti ilmuwan (Sabila *et al.*, 2023; Liu *et al.*, 2020; Zhao *et al.*, 2021).

Efektivitas pendekatan STEM dalam mendukung pembelajaran bioteknologi juga telah dibuktikan oleh beberapa penelitian terbaru. Oetari & Idramsa (2025) mengembangkan instrumen evaluasi berbasis STEM pada materi mikologi menggunakan model pengembangan 4D dan mengujikannya kepada 30 peserta didik di MAS Madinatussalam, Temuan penelitian ini menegaskan bahwa pendekatan STEM tidak hanya efektif diterapkan dalam bentuk kegiatan pembelajaran, tetapi juga dapat diintegrasikan ke dalam perangkat evaluasi yang mendukung peningkatan kemampuan berpikir kritis, kreatif, dan pemecahan masalah peserta didik.

Lebih lanjut, Majlaini *et al.* (2025) mengembangkan modul bioteknologi berbasis *Socio-Scientific Issues* (SSI) yang dipadukan dengan pendekatan STEM untuk meningkatkan kemampuan *problem-solving dan creative thinking* siswa. Temuan ini semakin memperkuat bahwa integrasi pendekatan STEM ke dalam media ajar seperti modul atau E-LKPD berpotensi besar dalam membangun kompetensi ilmiah abad ke-21 secara komprehensif, khususnya pada materi bioteknologi yang menuntut kemampuan analitis sekaligus kreatif.

Berdasarkan hasil observasi di SMA Swasta Shafiyatul Amaliyyah Medan, kondisi fasilitas dan karakteristik peserta didik menunjukkan peluang sekaligus tantangan dalam penerapan media pembelajaran inovatif. Sekolah memiliki akses internet yang lancar di setiap lantai, dua ruang laboratorium komputer masing-masing dengan 25 unit prosesor *Core i5*, serta setiap ruang dilengkapi *wifi*. Latar belakang peserta didik tergolong menengah ke atas dan semuanya memiliki telepon seluler dengan kapasitas tinggi, yang mendukung pembelajaran digital. Meskipun E-LKPD sudah pernah digunakan dalam pembelajaran bioteknologi melalui *Google Form*, penerapannya belum optimal, sehingga keterampilan proses sains dan pemahaman konsep peserta didik belum mencapai standar. Materi bioteknologi dianggap sulit karena banyak istilah ilmiah dan nama latin yang membutuhkan

pemahaman mendalam. Selain itu, keterbatasan alat dan bahan praktikum serta biaya yang relatif tinggi membuat banyak kegiatan praktikum seperti kultur jaringan dan rekayasa genetika sulit dilaksanakan, sehingga peserta didik tidak dapat melakukan eksperimen langsung, yang merupakan bagian penting dari pembelajaran bioteknologi.

Kondisi ini menegaskan urgensi dilakukannya penelitian di SMA Swasta Shafiyatul Amaliyyah Medan. Dengan memanfaatkan potensi digital dan fasilitas yang memadai, penelitian ini bertujuan mengembangkan E-LKPD berbasis STEM yang tidak hanya interaktif, tetapi juga mampu meningkatkan keterampilan proses sains tetapi juga pemahaman konsep peserta didik. Inovasi ini diharapkan dapat menjembatani kesenjangan antara kemampuan peserta didik saat ini dengan tuntutan kompetensi sains abad ke-21.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang, beberapa masalah yang diidentifikasi dalam pembelajaran bioteknologi di SMA adalah sebagai berikut:

1. Banyak siswa yang kesulitan memahami konsep-konsep dasar bioteknologi, yang dapat disebabkan oleh metode pengajaran yang kurang interaktif dan lebih berfokus pada teori dan hafalan.
2. Penelitian menunjukkan bahwa pemahaman peserta didik mengenai materi bioteknologi masih tergolong rendah, dengan rata-rata presentase pemahaman hanya mencapai 67%.
3. E-LKPD sudah pernah digunakan guru dalam proses pembelajaran bioteknologi menggunakan google form, tetapi penerapannya belum maksimal, sehingga KPS dan pemahaman konsep peserta didik belum mencapai standar.
4. Pembelajaran biologi pada materi bioteknologi masih dianggap sulit oleh peserta didik, karena materi bioteknologi banyak menggunakan istilah ilmiah dan nama latin yang memerlukan pemahaman mendalam untuk dihafal dan dipahami.
5. Ketersediaan alat, bahan dan biaya yang relatif tinggi untuk praktik membuat banyak kegiatan praktikum seperti kultur jaringan dan rekayasa genetika sulit dilaksanakan. Hal ini mengakibatkan peserta didik tidak dapat melakukan

eksperimen langsung, yang merupakan bagian penting dari pembelajaran bioteknologi.

6. Pembelajaran berbasis STEM sangat efektif dalam pembelajaran bioteknologi, akan tetapi masih jarang digunakan dalam pembelajaran saat ini.

1.3 Batasan Masalah

Berikut adalah batasan masalah dalam penelitian ini:

1. Penelitian ini fokus pada pengembangan E-LKPD digital berbasis Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) pada materi bioteknologi yang berorientasi pada keterampilan proses sains dan pemahaman konsep peserta didik kelas X di SMA Swasta Shafiyatul Amaliyyah, dan dapat diakses oleh peserta didik melalui perangkat elektronik, seperti PC/Leptop atau *Smartphone*.
2. Pengembangan E-LKPD dikembangkan dengan model pengembangan instruksional 4-D yaitu meliputi 5 tahap diantaranya adalah Defenisi (*Define*), Desain (*Design*), Pengembangan (*Develop*), dan Penyebaran (*Disseminate*).
3. Pembahasan dalam penelitian ini terbatas pada materi bioteknologi yang diajarkan di kelas X SMA Shafiyatul Amaliyyah. Materi bioteknologi akan difokuskan pada konsep-konsep dasar dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari, bukan pada materi bioteknologi tingkat lanjut atau spesifik.
4. Penelitian ini terbatas pada validasi kelayakan oleh ahli materi, ahli desain pembelajaran, ahli media, ahli bahasa, respon guru, respon peserta didik, dan efektivitas E-LKPD berbasis STEM yang berorientasi pada keterampilan proses sains dan pemahaman konsep peserta didik, tanpa melibatkan aspek evaluasi lainnya seperti pengukuran hasil ujian atau tes standar.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana validasi kelayakan E-LKPD berbasis STEM yang dikembangkan menurut ahli materi, ahli pendekatan pembelajaran, ahli media, dan ahli bahasa pada materi bioteknologi?

2. Bagaimana respon guru terhadap E-LKPD berbasis STEM yang dikembangkan pada materi bioteknologi?
3. Bagaimana respons peserta didik terhadap E-LKPD berbasis STEM yang dikembangkan pada materi bioteknologi?
4. Bagaimana efektivitas E-LKPD berbasis STEM yang dikembangkan pada materi bioteknologi yang berorientasi pada keterampilan proses sains dan pemahaman konsep peserta didik di SMA Swasta Shafiyatul Amaliyyah?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dikemukakan, maka tujuan pengembangan penelitian ini adalah:

1. Untuk validasi kelayakan E-LKPD berbasis STEM yang dikembangkan menurut ahli materi, ahli pendekatan pembelajaran, dan ahli media pada materi bioteknologi yang dikembangkan.
2. Untuk mengetahui respon guru terhadap E-LKPD berbasis STEM pada materi bioteknologi yang dikembangkan.
3. Untuk mengetahui respon peserta didik terhadap E-LKPD berbasis STEM pada materi bioteknologi yang dikembangkan..
4. Untuk mengetahui efektivitas efektivitas E-LKPD berbasis STEM pada materi bioteknologi yang berorientasi pada keterampilan proses sains dan pemahaman konsep peserta didik di SMA Swasta Shafiyatul Amaliyyah.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian pengembangan ini memiliki beberapa manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis, penelitian ini memperkaya literatur mengenai pembelajaran bioteknologi dan penerapan teknologi digital dalam pendidikan sains, serta mengembangkan model pembelajaran berbasis STEM.
2. Manfaat Praktis dari penelitian ini sebagai berikut:
 - a. Bagi Guru

Membantu guru untuk menyajikan materi bioteknologi dengan cara yang lebih menarik dan interaktif, memantau perkembangan siswa secara real-time, memberikan materi secara fleksibel, baik di dalam kelas maupun di luar kelas

(pembelajaran jarak jauh), dan dapat mengembangkan keterampilan dalam mengintegrasikan teknologi dalam pembelajaran.

b. Bagi Siswa

Siswa dapat memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang konsep bioteknologi yang sulit dipahami dengan menggunakan E-LKPD berbasis STEM, serta dapat melakukan eksperimen yang seharusnya sulit dilakukan di laboratorium nyata. Peserta didik dapat mengembangkan keterampilan ilmiah dan meningkatkan literasi digital dengan mengakses materi dan menyelesaikan tugas kapan saja dan di mana saja, baik di rumah maupun di luar jam pelajaran, mengurangi rasa jenuh yang sering dialami siswa dengan pembelajaran konvensional. Peserta didik juga dapat memahami bagaimana konsep-konsep bioteknologi diterapkan dalam konteks dunia nyata, seperti dalam bidang kesehatan, pertanian, dan industri.

c. Bagi Mahasiswa Pendidikan Biologi

Penelitian ini memberikan gambaran nyata tentang penerapan E-LKPD berbasis STEM dalam pembelajaran bioteknologi, sehingga dapat menjadi referensi dan inspirasi bagi mahasiswa pendidikan biologi dalam merancang dan mengembangkan media pembelajaran yang inovatif. Mahasiswa dapat meningkatkan pemahaman pedagogis dan teknologis mereka, khususnya dalam merancang pembelajaran berbasis STEM yang kontekstual dan relevan dengan perkembangan zaman. Selain itu, mahasiswa juga dapat mempersiapkan diri untuk menghadapi tantangan pembelajaran abad ke-21 dengan memperkuat keterampilan digital, keterampilan berpikir kritis, serta kemampuan mengintegrasikan teknologi dalam proses pembelajaran sains secara efektif dan menarik.