

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Dalam beberapa tahun terakhir, biofuel menjadi sorotan utama karena keterbatasan cadangan minyak bumi, isu keamanan energi, serta kekhawatiran global terhadap perubahan iklim, emisi gas rumah kaca, dan keberlanjutan (Mahapatra et al., 2021). Peningkatan permintaan energi yang signifikan, didorong oleh kemajuan teknologi, telah menyebabkan konsumsi berlebihan bahan bakar fosil saat ini (Hafeez et al., 2020). Bahan bakar fosil termasuk di antara sumber daya terbatas yang cepat menipis (Wang & Azam, 2024). Emisi CO₂ dari bahan bakar fosil adalah penyebab utama perubahan iklim global (Chavan et al., 2024). Peningkatan hampir 60% dari 22,7 miliar ton pada tahun 1990 menjadi sekitar 36,44 miliar ton pada tahun 2019. Secara khusus, emisi karbon dioksida dari gas alam, batu bara, dan minyak bumi naik 57,5%, mencapai 34,33 miliar ton dari 21,8 miliar ton dalam periode yang sama (Statistical Review of World Energy 2022- All Data 1965-2021 (2022), 2022).

Pengembangan biofuel telah muncul sebagai solusi bioteknologi krusial untuk masa depan energi terbarukan (Nath, 2024). Biofuel adalah bahan bakar yang berasal dari material organik seperti tanaman, residu pertanian, dan produk sampingan, yang berfungsi sebagai pengganti bahan bakar minyak bumi (Demirbas et al., 2016a). Salah satu jenis biofuel yang sangat menjanjikan adalah bioetanol. Bioetanol bersifat ramah lingkungan, umumnya berasal dari limbah lignoselulosa (limbah pangan) (Chavan et al., 2024) dengan kandungan 35% oksigen. Kandungan oksigen ini memungkinkan pembakaran yang lebih sempurna dan menghasilkan emisi hidrokarbon yang lebih rendah melalui proses fermentasi gula, pati, dan selulosa menggunakan ragi atau bakteri (Mihajlovski et al., 2021; Nayab et al., 2022). Ragi merupakan sumber utama produksi etanol melalui fermentasi karbohidrat dalam kondisi anaerob. Meskipun nilai etanol sekitar sepertiga lebih rendah dari bensin, kandungan energinya lebih baik dengan perbedaan 11,3 MJ/l (Mahapatra et al., 2021) yang

memungkinkan disimpan dalam bentuk bahan bakar murni (Restiawaty et al., 2020).

Penggunaan bahan baku biofuel pembuatan bioetanol sebagian besar berasal dari bahan pangan yang menimbulkan persaingan dengan kebutuhan manusia. Oleh karena itu, sumber lignoselulosa menjadi salah satu solusi sebagai alternatif bahan baku. Bahan baku lignoselulosa biofuel yang dapat digunakan sebagai alternatif pembuatan bioetanol adalah eceng gondok dan kulit ari kedelai. Eceng gondok (*Eichhornia crassipes* Mart.) merupakan tanaman gulma akuatik yang sangat invansif, dengan pertumbuhan yang tak terkontrol bisa menjadi masalah bagi kesehatan ekosistem perairan seperti dapat menyebabkan tersumbatnya saluran air, mempercepat pendangkalan dan menyebabkan air sungai menguap, sehingga perlu dilakukan pemanfaatan sebagai bahan baku bioetanol dengan mengubahnya menjadi sumber energi alternatif bersifat terbarukan yang ramah lingkungan. Sama halnya dengan kulit ari kedelai yang merupakan salah satu limbah/residu agroindustri yang potensial yang banyak dihasilkan dari industri tempe yang sampai saat ini masih dibuang dan sebagian dijadikan sebagai pakan ternak.

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes* Mart.) dan kulit ari kedelai mempunyai struktur lignoselulosa yang dapat dikonversi menjadi gula reduksi dan berpotensi sebagai bioetanol yang dapat dijadikan sebagai bahan bakar alternatif. Lignoselulosa dinilai sebagai sumber bioetanol yang paling menguntungkan karena ketersediaannya yang melimpah dan relatif murah. Eceng gondok memiliki kandungan 18% selulosa 48% hemiselulosa, dan 3,5% lignin (Naufala et al., 2015) sementara kulit ari mengandung selulosa (42 - 49%), hemiselulosa (29 - 34%), dan lignin (1 - 3%) (Jaufani Rahman et al., 2021). Proses produksi bioetanol dari lignoselulosa meliputi empat tahap: *pretreatment* untuk memecah lignin dan merusak selulosa; hidrolisis untuk mengubah selulosa menjadi glukosa; fermentasi untuk mengubah glukosa menjadi etanol dengan bantuan mikroorganisme; dan distilasi untuk penyulingan etanol. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Febriyanti et al. (2016) dan S. Handayani et al. (2017) eceng gondok dan limbah kulit ari dapat dijadikan sebagai bahan baku lignoselulosa pembuatan bioetanol.

Konsep pemanfaatan eceng gondok dan limbah kulit ari sebagai bahan bakar alternatif perlu ditanamkan kepada warga sekolah, khususnya peserta didik. Tujuannya adalah untuk menumbuhkan pemahaman dan keterampilan tentang biofuel sebagai alternatif bahan bakar fosil yang tak terbarukan (S. Handayani et al., 2017). Penanaman konsep dan keterampilan ini idealnya dilakukan melalui kegiatan ilmiah atau eksperimen, yaitu praktikum. Praktikum, sebagai kegiatan pengamatan untuk membuktikan hipotesis, dapat mengoptimalkan perkembangan hasil belajar kognitif, psikomotor, dan afektif peserta didik. (Agnesa & Sari, 2024; Harahap et al., 2022; Hindriana, 2016; Ramadhan & Suyanto, 2020a). Salah satu mata pelajaran di sekolah sangat relevan untuk mengaitkan praktikum pemanfaatan limbah sebagai biofuel adalah mata pelajaran Biologi.

Pembelajaran Biologi adalah salah satu mata pelajaran sains yang mengutamakan pengalaman langsung untuk mengembangkan keterampilan dan kompetensi ilmiah (Ramadhan & Suyanto, 2020b; Zuanita Adriyani & Kristi Liani Purwanti, 2018). Bukan hanya teori, Biologi juga merupakan proses implementasi teori melalui praktikum (Sabilu et al., 2024). Praktikum penting untuk keberhasilan belajar Biologi, karena dapat mengembangkan kemampuan berpikir, menganalisis, memecahkan masalah, membuktikan, dan menarik kesimpulan dari materi yang dipelajari oleh peserta didik selama proses (Hendriyani et al., 2020). Pengetahuan tentang biofuel sebagai bahan bakar alternatif tidak cukup hanya teori, peserta didik perlu mengimplementasikan konsep tersebut melalui praktikum di laboratorium. Materi inovasi teknologi biologi dalam mata pelajaran Biologi relevan dengan praktikum biofuel sebagai bahan bakar alternatif. Berdasarkan Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) Kurikulum Merdeka 2024/2025 untuk kelas X SMA, tujuan pembelajaran inovasi teknologi biologi harus mencakup pemahaman konsep berpikir dan Keterampilan Proses Sains (KPS). Oleh karena itu, sejalan dengan penelitian menurut Duda et al. (2019) dan Wiwin & Kustijono (2018) praktikum dapat meningkatkan pemahaman konsep berpikir dan KPS peserta didik, dan pembelajaran Biologi di sekolah harus dirancang untuk melatih dan

mengembangkan KPS peserta didik. (Karacop & Diken, 2017; Listika Yusi Risnani, 2017).

Keterampilan Proses Sains (KPS) adalah fokus pembelajaran yang mengembangkan kemampuan kompleks peserta didik dalam memahami pengetahuan, menemukan konsep, serta mengembangkan fakta, konsep, dan nilai secara mandiri (Duda et al., 2019; Rauf et al., 2013; Siahaan et al., 2017). KPS esensial dalam proses ilmiah untuk menciptakan produk sains, membekali peserta didik dengan metode ilmiah, dan memungkinkan mereka bertindak layaknya ilmuwan (Dwianto et al., 2017; G. Handayani et al., 2018; Nugraheni & Wuryandani, 2018; Ristanto et al., 2018).

Selain keterampilan proses sains, penguasaan pengetahuan untuk memahami konsep ilmiah juga krusial. Melalui aktivitas laboratorium, kemampuan berpikir analitis dapat dikembangkan. Kemampuan berpikir analitis adalah proses mental yang melibatkan analisis, penilaian, evaluasi, perbandingan, dan penemuan solusi masalah abstrak (Anwar & S, 2014; Phurikultong & Kantathanawat, 2022; Ramadhan & Suyanto, 2020b). Berpikir analitis dikelompokkan sebagai Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi atau *Higher Order Thinking Skills* (HOTS) yang merupakan domain ke empat dari revisi Taksonomi Bloom (Buch et al., 2021). Menurut Sternberg (2006) berpikir analitis melibatkan kemampuan untuk (1) memecah masalah dan memahami bagian-bagiannya (*analyze*), (2) menjelaskan fungsi suatu sistem, alasan mengapa sesuatu terjadi, atau prosedur pemecahan masalah (*judge/explain*), (3) membandingkan dan membedakan dua atau lebih hal (*compare and contrast*), atau (4) mengevaluasi dan mengkritik karakteristik sesuatu (*evaluate*). Seorang peserta didik yang berpikir analitis menjadi pemecah masalah untuk menemukan solusi yang bijaksana untuk suatu masalah yang reflektif dan tidak impulsif serta memiliki kemampuan untuk meneliti dan mendeskripsikan fakta-fakta suatu masalah (Blegur et al., 2023).

Keterampilan Proses Sains (KPS) dan berpikir analitis saling berkaitan. Melalui praktikum dan pembelajaran aktif di laboratorium, mendorong rasa ingin tahu, KPS dilatih melalui pengalaman langsung, dan peserta didik membangun konsep serta teori sambil mengembangkan berpikir kreatif, kritis,

dan analitis untuk memecahkan masalah (Prajoko et al., 2017; Suryanda Ade et al., 2017). Guru berperan penting dalam mengajarkan KPS dan berpikir analitis melalui proses pembelajaran ilmiah yang didukung dengan komponen ajar yang bahan ajar seperti materi, media, model pembelajaran, metode, dan evaluasi yang saling terhubung (Pane A. & Dasopang, 2017). Model inkuiri terbimbing, dengan guru sebagai fasilitator, efektif meningkatkan kedua keterampilan ini (Rauf et al., 2013) yang dapat menciptakan keberhasilan proses belajar mengajar (Krohmer & Budke, 2018).

Inkuiri adalah proses penyelidikan berkelanjutan melalui kegiatan eksperimental yang memotivasi peserta didik untuk memahami, bukan hanya menghafal, konsep ilmiah, mencakup bertanya, meneliti, menerjemahkan, mempresentasikan, dan merefleksi (Awaliyah et al., 2023; Jeffery et al., 2016; Nurwahid et al., 2024). Model inkuiri terbimbing berpusat pada peserta didik, dengan guru sebagai fasilitator yang membimbing eksplorasi ide dan jawaban sesuai kapasitas peserta didik (Awaliyah et al., 2023; Baharom et al., 2020). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Erlina et al. (2022) dan Baharom et al. (2020) dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing dapat meningkatkan dan melatih keterampilan proses sains peserta didik dan dapat meningkatkan berpikir analitis peserta didik (Maulani et al., 2016; Ramadani et al., 2021a). Selain itu, penggunaan media pembelajaran yang efektif juga krusial untuk membantu pendidik, meningkatkan pemahaman peserta didik (Yendrita & Syafitri, 2019) karena media yang tidak membantu dapat menyebabkan hasil belajar rendah dan kurangnya keterlibatan peserta didik dalam proses belajar.

Berdasarkan observasi awal pada 102 peserta didik kelas X, 56,9% kesulitan memahami Biologi, dan 40 siswa menganggap inovasi teknologi biologi paling sulit. Kesulitan ini terutama karena istilah asing (68,6%), hafalan (48%), materi abstrak (28,4%), media kurang menarik (22,5%), dan kurang aplikatif (19,6%). Guru dominan menggunakan buku (70,6%) dan LKPD (55,9%), dengan e-modul hanya 17,6%. Meskipun teknologi dipakai, integrasinya dengan praktikum dan keterampilan proses sains masih minim, dan praktikum umumnya konvensional.

Observasi guru mengonfirmasi bahwa praktikum biofuel belum pernah dilakukan, dan mereka masih mengandalkan panduan konvensional. Keterampilan proses sains dan berpikir analitis siswa masih tergolong cukup. Kendala guru meliputi keterbatasan waktu dan kurangnya kompetensi IT untuk membuat media pembelajaran. Oleh karena itu, e-modul praktikum yang inovatif, modern, dan relevan sangat dibutuhkan untuk mengatasi kesulitan belajar siswa.

Hasil observasi menunjukkan bahwa guru di sekolah masih menggunakan panduan atau modul praktikum konvensional, sejalan dengan temuan Furqan H. et al. (2016). Kondisi ini berdampak negatif pada kemampuan peserta didik dalam menerapkan pendekatan ilmiah, bereksperimen, dan menghasilkan karya ilmiah (Romadona et al., 2022; Romayanti et al., 2020). Modul konvensional yang hanya berisi pernyataan-pernyataan instruksional, dan tugas menghambat pengembangan keterampilan proses dan berpikir analitis peserta didik (Ningsi et al., 2021). Guru melaporkan bahwa kendala utamanya meliputi ketidakmampuan peserta didik mengelompokkan persoalan, merencanakan percobaan (hanya mengikuti instruksi), menerapkan konsep pada masalah berbeda, serta menjelaskan dan mendiskusikan hasil percobaan. Oleh karena itu, pengembangan modul atau panduan praktikum yang lebih baik sangat diperlukan untuk menunjang pelaksanaan metode praktikum yang efektif.

Salah satu upaya pengembangan media pembelajaran adalah menciptakan e-modul praktikum berbasis inkuiri terbimbing, yang dirancang sesuai teori belajar untuk mendukung tujuan pembelajaran. Pembelajaran yang berbasis elektronik dapat dikembangkan untuk fleksibilitas belajar peserta didik dengan optimal. *E-modul* praktikum adalah media digital inovatif yang memuat panduan persiapan, pelaksanaan, analisis data, dan pelaporan eksperimen. Media ini dirancang untuk meningkatkan kemampuan belajar dan kemandirian peserta didik, serta menyajikan konten dalam berbagai format seperti teks, gambar, video, simulasi, dan desain menarik (Diah Puspitasari, 2019; Rengga Prayudha, 2017). Dengan fleksibilitas dan interaktivitas yang

tinggi dan akses internet (Herditiya et al., 2023a) dapat meningkatkan minat belajar peserta didik (Herawati & Muhtadi, 2018).

Modul pembelajaran berbasis *flipbook* adalah salah satu bentuk *e-modul* praktikum yang dapat diterapkan. *Flipbook*, sebagai media audio-visual (*sound slide*), menggabungkan teks, animasi, video, dan suara dalam format e-book 3D, memberikan pengalaman membaca di layar monitor seolah membalik halaman fisik (Oktaviani & Arini, 2021). Pembelajaran elektronik semacam ini dapat mengoptimalkan fleksibilitas belajar peserta didik. Pengembangan *flipbook e-modul* praktikum dengan model inkuiri bertujuan meningkatkan Keterampilan Proses Sains (KPS) dan berpikir analitis siswa SMA. *E-modul* ini unggul karena mengintegrasikan materi ajar dan video praktikum dalam satu modul elektronik interaktif, membantu peserta didik melakukan praktikum biofuel secara mandiri. Penelitian ini mengeksplorasi bagaimana bahan ajar berbasis *flipbook e-modul* menstimulus keterampilan proses sains (KPS) dan meningkatkan kemampuan berpikir analitis peserta didik pada materi inovasi teknologi biologi.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian dan hasil observasi yang dijelaskan di latar belakang, maka identifikasi masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Keterbatasan penggunaan Sumber Daya Alam, dan urgensi mencari alternatif sumber energi yang berkelanjutan
2. Kurangnya pemahaman konsep biofuel sebagai bahan bakar alternatif pada peserta didik SMA
3. Kurangnya media pembelajaran praktikum yang interaktif dan belum terintegrasi dengan teknologi berbasis inquiry
4. Keterampilan Proses Sains dan berpikir analitis peserta didik dalam pembelajaran biologi khususnya pada materi biofuel sebagai bahan bakar alternatif kurang diberdayakan.

C. Pembatasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sumber belajar yang digunakan berupa *flipbook e-modul* praktikum biofuel sebagai bahan bakar alternatif berbasis *inquiry* untuk peserta didik kelas X SMA.
2. Materi inovasi teknologi biologi praktikum biofuel sebagai bahan bakar alternatif digunakan sebagai konten dalam pembuatan media pembelajaran *flipbook e-modul* praktikum
3. *Flipbook e-modul* praktikum biofuel sebagai bahan bakar alternatif berbasis *inquiry* untuk meningkatkan Keterampilan Proses Sains (KPS) dan berpikir analitis peserta didik kelas X SMA.

D. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan pembatasan masalah, maka perumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengembangan *flipbook e-modul* praktikum biofuel sebagai bahan bakar alternatif dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing dapat meningkatkan Keterampilan Proses Sains (KPS) dan berpikir analitis peserta didik SMA?
2. Apakah *flipbook e-modul* praktikum biofuel sebagai bahan bakar alternatif dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing efektif untuk meningkatkan Keterampilan Proses Sains (KPS) peserta didik SMA?
3. Apakah *flipbook e-modul* praktikum biofuel sebagai bahan bakar alternatif dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir analitis peserta didik SMA?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diajukan, maka penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis:

1. Pengembangan *flipbook e-modul* praktikum biofuel sebagai bahan bakar alternatif dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing dapat

meningkatkan Keterampilan Proses Sains (KPS) dan berpikir analitis peserta didik SMA

2. Efektifitas *flipbook e-modul* praktikum biofuel sebagai bahan bakar alternatif dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing dapat meningkatkan Keterampilan Proses Sains (KPS) peserta didik SMA
3. Efektifitas *flipbook e-modul* praktikum biofuel sebagai bahan bakar alternatif dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing dapat meningkatkan kemampuan berpikir analitis peserta didik SMA

F. Manfaat Penelitian

Pengembangan media pembelajaran bermanfaat untuk:

1. Bagi penulis, *flipbook e-modul* praktikum biofuel sebagai bahan bakar alternatif dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing yang dikembangkan menjadi suatu pengetahuan baru dalam proses pembuatan hingga efektifitas media pembelajaran tersebut.
2. Bagi peserta didik, *flipbook e-modul* praktikum biofuel sebagai bahan bakar alternatif sebagai media pembelajaran yang dapat meningkatkan keterampilan proses sains (KPS) dan berpikir analitis peserta didik pada materi inovasi teknologi biologi.
3. Bagi pendidik, media pembelajaran *flipbook e-modul* praktikum biofuel sebagai bahan bakar alternatif memudahkan dalam menjelaskan pemahaman konsep limbah dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif pada materi inovasi teknologi biologi secara interaktif, serta sebagai inovasi dalam mengembangkan media pembelajaran yang inovatif.
4. Bagi peneliti lain, penelitian ini dapat menjadi referensi untuk penelitian pengembangan lebih lanjut.