

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Era globalisasi menuntut adanya keterampilan yang berkaitan dengan keberlanjutan. Keterampilan ini berkaitan dengan menganalisis permasalahan dari berbagai sudut pandang, sehingga keputusan menjadi lebih bertanggung jawab (Anita *et al.*, 2023; Tarrant, 2016). Perguruan tinggi memainkan peran strategis menuju pembangunan berkelanjutan untuk memunculkan perspektif secara holistik (Ahel & Schirmer, 2023; Findler *et al.*, 2019; Kohl *et al.*, 2021). Penerapan pendekatan berpikir sistem pada pendidikan kimia teridentifikasi sebagai strategi penting untuk memfasilitasi cara pandang menjadi lebih holistik (Mahaffy *et al.*, 2018). Keterampilan berpikir sistem dalam pembelajaran kimia menggambarkan salah satu cara untuk mengintegrasikan pengetahuan tentang berbagai fenomena mikroskopis melalui konsep berkelanjutan lingkungan dan sosial (Mahaffy *et al.*, 2019). Keterampilan berpikir sistem menggambarkan pendekatan yang melampaui pengetahuan konten disipliner sehingga diperoleh pemahaman yang lebih terintegrasi dan holistik di lapangan tentang isu-isu berkelanjutan yang berkaitan dengan kimia (Jegstad & Sinnes, 2015; Mahaffy *et al.*, 2019). Berpikir sistem menjadi penting dalam memecahkan permasalahan yang kompleks dimana mahasiswa memahami secara keseluruhan elemen-elemen dalam sistem dan hubungan antara elemen-elemen tersebut, serta mengadaptasi pengetahuan tentang sistem (Arnold & Wade, 2017). Berpikir sistem menunjukkan potensi besar untuk (a) meningkatkan pengetahuan, keterampilan, dan nilai siswa dalam kimia melalui fokus pada keterhubungan antara fenomena kimia; (b) meningkatkan pengetahuan siswa tentang aplikasi kimia pada masalah planetary dan sosial; dan (c) mempersiapkan siswa untuk membuat keputusan yang berdasar dan mengatasi tantangan global yang kompleks abad ke-21 (Flynn *et al.*, 2019).

Indikator berpikir sistem pada penelitian ini terdiri dari delapan indikator dalam *System Thinking Hierarchy* (STH) (Orgill *et al.*, 2019). Peningkatan

keterampilan berpikir sistem dapat diperoleh melalui pembelajaran kimia yang melibatkan investigasi lapangan tentang lingkungan dan faktor sosial-ekonomi. Mahasiswa didorong untuk memahami secara menyeluruh tentang sistem yang kompleks di dunia nyata (Shidiq & Permanasari, 2020; Vachliotis *et al.*, 2021). Mahasiswa dilatih untuk melakukan pengamatan langsung terhadap sistem alam dan mereka merasa menjadi bagian dari sistem tersebut (Anita *et al.*, 2023).

Beberapa penelitian telah mengeksplor berpikir sistem, diantaranya penelitian yang menyatakan bahwa berpikir sistem mahasiswa berada pada level *pre-conscious* atau masih tergolong rendah (Anita *et al.*, 2023a). Hal ini dipengaruhi oleh kurangnya kesadaran mahasiswa terhadap lingkungan sehingga mempengaruhi cara berpikirnya. Guru yang mengikuti lokakarya dengan minat yang kuat dalam berkelanjutan, skor pretesnya menunjukkan bahwa mereka sering menggunakan keterampilan berpikir sistem (Ateskan & Lane, 2018a). Karaarslan & Teksöz (2016) berdasarkan hasil studinya tentang kurikulum pendidikan sains, menyatakan bahwa berpikir sistem merupakan keterampilan kunci yang dibutuhkan bagi guru sains untuk menjadi pendidik *Education for Sustainable Development* (ESD). Keterampilan berpikir sistem merupakan salah satu kompetensi utama untuk membangun strategi transisi menuju berkelanjutan (Tarrant, 2016). ESD melalui PjBL meningkatkan keterampilan berpikir sistem mahasiswa melalui perubahan paradigma dalam memandang suatu masalah dari berbagai perspektif untuk menemukan solusi yang berkelanjutan (Anita *et al.*, 2023b). Keterampilan berpikir sistem calon guru kimia meningkat secara signifikan melalui ESD pada tema energi berdasarkan hasil kuisioner dan peta konsep. Berdasarkan analisis peta konsep menunjukkan peserta membutuhkan lebih banyak dukungan untuk dapat mengaitkan konsep-konsep dalam aspek-aspek ESD (Ateskan & Lane, 2018).

Namun, penerapan ESD secara sistematis di pendidikan tinggi masih perlu ditingkatkan (Holst *et al.*, 2020). UNESCO (2014) menekankan pentingnya integrasi ESD dalam pelatihan calon guru. Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan, mata kuliah terkait ESD telah meningkatkan kesadaran akan isu-isu terkini pembangunan berkelanjutan. Potensi ESD dalam membentuk individu yang

berkarakter, berpengetahuan, dan mampu berkontribusi pada masa depan yang berkelanjutan masih perlu digali lebih dalam, terutama dalam konteks pendidikan kimia. Menurut Ahel & Schirmer (2023) ESD merupakan kunci untuk membentuk individu yang mampu menghadapi tantangan berkelanjutan. Penelitian menunjukkan bahwa dengan mengintegrasikan ESD ke dalam pembelajaran kimia, mahasiswa menguasai materi akademik, mengembangkan perspektif yang lebih luas tentang lingkungan, serta keterampilan yang relevan untuk memecahkan masalah kompleks (Ahel & Schirmer, 2023; Paristiowati *et al.*, 2022). Penelitian Ahel & Schirmer (2023) menunjukkan bahwa ESD melalui *research-based learning* meningkatkan pengalaman belajar mahasiswa melalui topik-topik berkelanjutan secara umum yang diberikan secara bertahap melalui video. Mahasiswa tidak menyelesaikan siklus penelitian secara penuh dan keterbatasan pada ruang digital menjadi keterbatasan dalam penelitian ini. ESD melalui PjBL juga dapat dilaksanakan secara online dengan kunjungan lapangan virtual (Paristiowati *et al.*, 2022).

Berdasarkan uraian penelitian di atas, pembelajaran berbasis ESD untuk meningkatkan berpikir sistem tidak banyak dilakukan. Pemahaman mengenai berkelanjutan pada pendidikan calon guru sains tidak melibatkan berpikir sistem (Palmberg, Hofman-bergholm, *et al.*, 2017; Semiz & Teksöz, 2019). Keterbatasan kompetensi guru sains dalam berpikir sistemik dapat diatasi melalui integrasi ESD dalam perkuliahan. ESD mendorong calon guru untuk memahami interkoneksi antara berbagai aspek kehidupan, seperti lingkungan, sosial, dan ekonomi, sehingga mereka dapat menanamkan nilai-nilai berkelanjutan pada siswa (Karaarslan & Teksöz, 2016). *Experience-based learning* tidak signifikan mempengaruhi kemampuan berpikir sistem sehingga diperlukan penelitian lanjutan yang menggunakan pendekatan lebih memotivasi mahasiswa. Oleh karena itu, diperlukan suatu pembelajaran inovatif berbasis ESD dalam meningkatkan berpikir sistem mahasiswa (Sadira, 2021).

Peningkatan keterampilan berpikir sistem dalam pembelajaran kimia dapat dicapai melalui desain pembelajaran yang tepat (Flynn *et al.*, 2019b). Desain

didaktis merupakan salah satu desain pembelajaran yang didasarkan pada identifikasi hambatan belajar yang dapat dipadukan dengan ESD dan PjBL untuk mendorong mahasiswa terlibat aktif dalam pembelajaran dan mengembangkan pemahaman yang lebih dalam tentang isu-isu berkelanjutan (Murti, 2023; Pratiwi *et al.*, 2023; Suryadi 2011). Desain didaktis berbasis ESD pada topik pengolahan air menggunakan koagulan alami dapat mengatasi hambatan belajar mahasiswa calon guru (Andini, 2023). Melalui implementasi desain didaktis terdapat meningkatkan penguasaan konsep, sikap, dan kesadaran berkelanjutan (Pratiwi *et al.*, 2023). Nurdianti (2023) implementasi desain didaktis berbasis *green chemistry* meningkatkan *sustainable literacy* mahasiswa yang berada pada kategori sedang dengan rata-rata skor pencapaian 70% dan meningkatkan sikap peduli lingkungan.

PjBL dipilih dalam implementasi desain didaktis melalui bimbingan ahli yang mengarahkan pada pola berpikir sistemik dan holistik untuk menghasilkan dan mengelola ide sehingga menciptakan solusi inovatif (Paristiowati *et al.*, 2022). Pertanyaan sistemik digunakan untuk mengukur keterampilan mahasiswa secara utuh dalam berpikir sistem (Vachliotis *et al.*, 2021). Pembelajaran berbasis proyek yang berfokus pada pendidikan berkelanjutan (PjBL-ESD) dapat memberikan manfaat yang signifikan bagi mahasiswa, mulai dari peningkatan kemampuan berpikir sistemik, pengembangan keterampilan sosial, hingga kesadaran akan peran sebagai agen perubahan. Fleksibilitas PjBL-ESD memungkinkan implementasi dalam berbagai format, baik secara daring maupun luring, tanpa mengorbankan efektivitas pembelajaran (Paristiowati *et al.*, 2022; Singh-Pillay, 2020).

PjBL dikemas secara kolaboratif melalui integrasi jadwal teori dan praktik yang di dalamnya terjadi *sharing knowledge* antar individu dalam tim (Rana *et al.*, 2021; Torrijo *et al.*, 2021). Integrasi jadwal kelas teori dan praktik memungkinkan pendidik untuk memberikan *feedback* secara langsung ketika mahasiswa sulit memahami fenomena di laboratorium (Lau *et al.*, 2022). Dalam PjBL, mahasiswa secara aktif terlibat dalam perancangan eksperimen secara mandiri dalam kelompok kecil, menggunakan berbagai jenis sampel bahan di laboratorium (Rogers & Zhang, 2020). Mahasiswa perlu menguasai materi perkuliahan sebelum melakukan

percobaan agar dapat menghubungkan teori dengan praktik (Dameris *et al.*, 2020; Smythers *et al.*, 2021). Materi perkuliahan dikemas dalam bentuk modul ajar sesuai topik pembelajaran (Rana *et al.*, 2021; Torrijo *et al.*, 2021).

Desain didaktik berbasis ESD melalui PjBL pada penelitian ini diimplementasikan pada mata kuliah Matematika, Sains, Teknologi, dan Rekayasa (MSTR). Mata kuliah ini bersifat integratif dan pelaksanaan pembelajaran berbasis proyek sehingga sesuai dengan model PjBL yang dipilih. Pada capaian Pembelajaran Matakuliah (CPM) ini mahasiswa dituntut mampu memecahkan masalah sosial, ekonomi dan lingkungan secara kritis, kreatif, integratif dan multidisipliner dan mengambil keputusan dalam memecahkan masalah secara berkelanjutan dengan mempertimbangkan tantangan lokal, nasional, dan global. Namun data survei menunjukkan bahwa 69% dari total mahasiswa yang disurvei menyatakan bahwa perkuliahan belum dikaitkan dengan isu-isu pembangunan berkelanjutan baik isu lingkungan, ekonomi, maupun sosial dan 58% dari total mahasiswa yang disurvei menyatakan pembelajaran berbasis proyek yang terkait dengan isu-isu pembangunan berkelanjutan belum diterapkan dalam perkuliahan. Oleh karenanya diperlukan desain pembelajaran berbasis proyek untuk mendukung muatan ESD dalam perkuliahan agar mahasiswa dapat memecahkan dan mengambil keputusan terkait isu-isu berkelanjutan sesuai dengan hambatan belajar yang dialami mahasiswa.

Kajian pendahuluan menyatakan topik *edible coating* dalam proses pengawetan buah dan sayur dianggap menarik untuk dipelajari. 61% dari total mahasiswa yang disurvei menyatakan bahwa praktikum melalui proyek meningkatkan pemahaman mata kuliah. Pemahaman topik *edible coating* diperkuat melalui mata kuliah kimia polimer dan organik secara teoritis di kelas maupun melalui praktikum. Pada aspek sosial, *edible coating* dapat memenuhi kebutuhan masyarakat akan buah dan sayur, terutama pada produk komoditas yang hanya melimpah pada musim tertentu. Dalam aspek lingkungan dan ekonomi, *edible coating* menggunakan bahan alami, seperti limbah pertanian dan ekstrak tanaman. *Edible coating* mendukung perlindungan lingkungan dan meningkatkan nilai

ekonomi limbah dengan mengurangi ketergantungan pada kemasan plastik, sehingga memajukan tujuan pertanian berkelanjutan (Flores-Contreras *et al.*, 2024; Sonu *et al.*, 2023).

Edible coating dapat dibuat dari protein, polisakarida, lipid, pemlastis, dan pengemulsi yang bersifat ramah lingkungan sehingga dapat mengatasi masalah polusi yang dihasilkan oleh limbah (Bizymis & Tzia, 2022; Iamareerat *et al.*, 2018; Matloob *et al.*, 2023; Vega-Castro *et al.*, 2022). *Edible coating* yang terbuat dari biopolimer ramah lingkungan, dapat terurai secara hayati, dan biokompatibel. *Edible coating* secara efektif memperpanjang umur simpan produk segar dengan mempertahankan atribut sensoriknya (Sapna *et al.*, 2024). Komposit pati dan nanoclay dengan inkorporasi minyak atsiri kayu manis dapat menambah umur simpan bakso daging babi (Iamareerat *et al.*, 2018). Topik *edible coating* masuk dalam prinsip *green chemistry* yang meliputi sintesis kimia tidak berbahaya, perancangan bahan kimia dan penggunaan pelarut yang lebih aman, dan penggunaan bahan baku penyusun *edible coating* yang dapat diperbarui menurut hasil penelitian pendahuluan.

Berdasarkan pemaparan latar belakang teridentifikasi beberapa permasalahan mengenai perlunya keterampilan berpikir sistem melalui integrasi ESD dalam perkuliahan pada topik *edible coating*. Hal ini menjadi dasar penulis untuk melakukan penelitian mengenai desain didaktik berbasis ESD melalui PjBL pada topik *edible coating* pada pengawet makanan dalam meningkatkan berpikir sistem mahasiswa.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang di atas, diperoleh beberapa poin rumusan masalah yaitu “Bagaimana meningkatkan berpikir sistem mahasiswa pada desain didaktis berbasis ESD melalui PjBL pada topik *edible coating* pati dalam proses pengawetan buah dan sayur?” Rumusan masalah tersebut diuraikan dalam bentuk pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana hambatan belajar mahasiswa pada topik *edible coating* dalam proses

- pengawetan makanan yang berbasis ESD?
2. Bagaimana hasil desain didaktis PjBL berbasis ESD pada topik *edible coating* dalam proses pengawetan makanan?
 3. Bagaimana profil keterampilan berpikir sistem mahasiswa pada implementasi perkuliahan melalui topik *edible coating* dalam proses pengawetan makanan?
 4. Bagaimana ketercapaian keterampilan berpikir sistem mahasiswa setelah implementasi desain didaktik berbasis ESD melalui PjBL pada topik *edible coating* dalam proses pengawetan makanan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini untuk menghasilkan desain didaktis yang tervalidasi berbasis ESD melalui PjBL pada topik *edible coating* dalam proses pengawetan buah dan sayur yang dapat meningkatkan berpikir sistem mahasiswa dalam skala terbatas.

1.4 Pembatasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada lingkup topik untuk memenuhi tuntutan kurikulum yang diterapkan dalam perkuliahan yang meliputi:

1. Bahan baku utama dan aditif penyusun *edible coating* hanya pada jenis biopolimer polisakarida dan gliserol
2. Proyek *edible coating* dalam proses pengawetan makanan dikarakterisasi susut massa dengan metode pengaplikasian *edible coating* pada buah dan sayur melalui *dipping* atau *spray*

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat bagi beberapa pihak yang meliputi:

1. Bagi mahasiswa calon guru

Penerapan desain didaktik berbasis ESD melalui PjBL dapat mengatasi hambatan-hambatan belajar yang telah teridentifikasi dalam meningkatkan berpikir sistem

2. Bagi tenaga pengajar

Penelitian yang telah dilakukan dapat dijadikan bahan acuan untuk menerapkan ESD melalui PjBL yang dapat meningkatkan berpikir sistem

3. Bagi peneliti lain

Temuan penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan referensi dalam mengembangkan desain didaktik berbasis ESD melalui PjBL pada topik *edible coating* pada pelapisan makanan lebih lanjut

1.6 Sistematika Penulisan

Tesis ini terstruktur menjadi lima bab utama: pendahuluan, tinjauan pustaka, metodologi penelitian, hasil dan pembahasan, serta penutup. Pada bab I yaitu pendahuluan mencakup latar belakang masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan. Pada bab II yaitu tinjauan pustaka menyajikan kajian teoritis terkait penelitian. Pada bab III yaitu metodologi penelitian menjelaskan desain penelitian, pengumpulan data, dan analisis data. Pada bab IV yaitu hasil dan pembahasan memaparkan hasil penelitian mengenai pengembangan desain didaktis PjBL berbasis ESD pada topik *edible coating*. Sementara itu, pada bab V yaitu penutup menyajikan simpulan penelitian, implikasinya terhadap praktik pembelajaran, serta rekomendasi untuk penelitian selanjutnya.