

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Literasi lingkungan dipandang sebagai bagian esensial dari literasi sains dan keberlanjutan di perguruan tinggi untuk mendorong perubahan perilaku dan penerapan teknologi ramah lingkungan (Sajidan dkk., 2022; Fatullayeva dkk., 2024). Dalam konteks pendidikan tinggi, peningkatan literasi lingkungan mahasiswa menjadi aspek penting untuk mendorong kesadaran dan aksi terhadap masalah lingkungan. Literasi lingkungan mencakup pengetahuan, sikap, dan keterampilan untuk memahami serta mengatasi isu-isu seperti pencemaran, sehingga mahasiswa dapat berkontribusi pada solusi berkelanjutan (Suryani dkk., 2020). Namun, survei dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendikbud) Indonesia menunjukkan bahwa hanya 45% mahasiswa memiliki tingkat literasi lingkungan yang memadai, dengan rendahnya pemahaman tentang mitigasi pencemaran sebagai salah satu penyebabnya (Kemendikbud, 2021).

Pencemaran timbal (Pb) pada air limbah industri merupakan fenomena umum yang terjadi di berbagai negara berkembang, termasuk Indonesia, akibat aktivitas manufaktur, pertambangan, dan pengolahan bahan kimia. Timbal, sebagai logam berat toksik, sering dilepaskan ke lingkungan melalui proses produksi yang tidak terkendali, sehingga mencemari sumber air dan mengancam ekosistem serta kesehatan manusia (KLHK, 2022). Fenomena ini diperburuk oleh pertumbuhan industri yang pesat, di mana data dari Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa emisi limbah industri di Indonesia meningkat sebesar 15% antara 2018 dan 2022, dengan timbal sebagai salah satu kontaminan utama (BPS, 2023).

Mitigasi pencemaran timbal merupakan salah satu upaya penting dalam menjaga kesehatan manusia dan keberlanjutan lingkungan karena paparan timbal secara kronis dapat menyebabkan gangguan neurologis, kanker, dan masalah reproduksi. Laporan dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) Indonesia mencatat bahwa lebih dari 60% sungai di daerah industri terkontaminasi timbal di atas ambang batas aman, yaitu 0,01 mg/L sesuai standar WHO (KLHK, 2022). Kondisi tersebut tidak hanya mengancam kesehatan masyarakat, tetapi juga

mengganggu keberlanjutan ekosistem akuatik, sehingga diperlukan solusi inovatif dalam pengolahan air limbah.

Salah satu pendekatan mitigasi yang menjanjikan adalah penggunaan biosorben alami, seperti kulit manggis (*Garcinia mangostana*), yang kaya akan senyawa xanthone dengan kemampuan adsorpsi tinggi terhadap logam berat. Penelitian terkini di Indonesia menunjukkan bahwa biosorben ini dapat menyerap hingga 90% timbal dari air limbah dalam kondisi optimal, menjadikannya alternatif biaya rendah dan ramah lingkungan dibandingkan metode kimia konvensional (Sari dkk., 2021). Secara teknis, biosorbensi berbasis limbah agroindustri terbukti efektif, murah, dan berkelanjutan dalam menurunkan kadar logam berat seperti Pb dari air limbah industri (Bayuo dkk., 2022; Bulgariu dkk., 2021). Kajian terbaru juga menempatkan kulit manggis sebagai biosorben potensial yang dapat dioptimalkan untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi logam berat (Harimawan dkk., 2024). Namun, penerapan teknologi tersebut memerlukan pemahaman yang baik mengenai proses pengolahan limbah, sehingga diperlukan metode pembelajaran yang efektif untuk membantu mahasiswa memahami konsep sekaligus mengaitkannya dengan permasalahan lingkungan secara nyata.

Kondisi yang menjadi perhatian adalah kurangnya efektivitas metode pembelajaran tradisional dalam membangun literasi lingkungan mahasiswa, terutama dalam konteks praktis seperti penerapan biosorben untuk mitigasi timbal. Mahasiswa sering kali hanya menerima pengetahuan teoritis tanpa pengalaman langsung, sehingga literasi mereka tidak berkembang menjadi aksi nyata. Hal ini diperkuat oleh penelitian yang menunjukkan bahwa mahasiswa dengan literasi lingkungan rendah cenderung pasif dalam isu-isu lingkungan, meskipun mereka memiliki pengetahuan dasar (Wulandari dkk., 2022).

Untuk mengatasi hal ini, pembelajaran berbasis proyek (PjBL) diusulkan sebagai model yang efektif, karena melibatkan mahasiswa dalam proyek nyata. PjBL mendorong kolaborasi, pemecahan masalah, dan refleksi, yang terbukti meningkatkan literasi lingkungan hingga 30% berdasarkan studi di universitas Indonesia (Rahman dkk., 2023). Model ini tidak hanya memperkuat pemahaman

teoritis, tetapi juga membangun keterampilan praktis dan kesadaran etis terhadap lingkungan.

Permasalahan pokok penelitian ini adalah bagaimana PjBL dapat diterapkan untuk meningkatkan literasi lingkungan mahasiswa melalui subyek mitigasi pencemaran timbal menggunakan biosorben kulit manggis, dengan variabel utama meliputi efektivitas PjBL terhadap peningkatan pengetahuan, sikap, dan keterampilan mahasiswa. Alasan mendasar penelitian ini adalah kebutuhan untuk mengintegrasikan pendidikan lingkungan dengan inovasi teknologi ramah lingkungan, guna menciptakan mahasiswa yang aktif dan kompeten dalam menghadapi tantangan pencemaran industri, sehingga berkontribusi pada pembangunan berkelanjutan di Indonesia.

Oleh karena itu, melalui penelitian ini akan menjadi penting untuk digunakan guna mengintegrasikan pembelajaran berbasis proyek dengan eksperimen biosorben ekstrak kulit manggis dalam pencemaran timbal (Pb) pada air limbah industri. Oleh karena itu peneliti mencoba mengangkat dalam sebuah penelitian yang berjudul **Penerapan Pembelajaran Berbasis Proyek pada Adsorpsi Timbal dalam Air Limbah Industri Menggunakan Biosorben Kulit Manggis untuk Meningkatkan Literasi Lingkungan Mahasiswa.**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana aktivitas pembelajaran mahasiswa dalam penerapan LK berbasis proyek pada adsorpsi timbal dalam air limbah industri menggunakan biosorben kulit manggis?
2. Bagaimana peningkatan kemampuan literasi lingkungan mahasiswa setelah penerapan LK berbasis proyek pada adsorpsi timbal dalam air limbah industri menggunakan biosorben kulit manggis?
3. Bagaimana efektivitas kulit manggis sebagai biosorben dalam mengurangi kadar timbal (Pb) pada air limbah industri?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan aktivitas mahasiswa dalam penerapan LK berbasis proyek pada adsorpsi timbal dalam air limbah industri menggunakan biosorben kulit manggis.
2. Menganalisis peningkatan kemampuan literasi lingkungan mahasiswa setelah mengikuti pembelajaran berbasis proyek.
3. Menganalisis efektivitas kulit manggis sebagai biosorben untuk mengurangi kadar timbal (Pb) pada air limbah industri.

D. Manfaat Penelitian

Dari kegiatan penelitian ini, diharapkan memberikan manfaat berupa:

1. Manfaat Teoritis

Menambah wawasan tentang penerapan pembelajaran berbasis proyek (*Project-Based Learning*) sebagai metode inovatif untuk meningkatkan literasi lingkungan mahasiswa, sekaligus memberikan kontribusi ilmiah dalam kimia lingkungan melalui eksplorasi potensi biosorben berbahan alami seperti kulit manggis untuk pencemaran timbal (Pb) pada air limbah industri, serta menyediakan model pengelolaan lingkungan yang berbasis sumber daya lokal, ramah lingkungan, efisien, dan berkelanjutan.

2. Manfaat Praktis

Meningkatkan literasi lingkungan mahasiswa melalui penerapan pembelajaran berbasis proyek yang tidak hanya melibatkan penelitian langsung terhadap isu nyata, tetapi juga memberikan pengalaman praktis dalam pengolahan limbah menggunakan teknologi biosorben berbahan alami, sekaligus membentuk kesadaran kritis terhadap peran mereka dalam menjaga kelestarian lingkungan.

E. Kerangka Berpikir

Permasalahan pembelajaran kimia di perguruan tinggi masih ditandai oleh rendahnya kemampuan mahasiswa dalam mengaitkan konsep kimia dengan isu lingkungan nyata. Pembelajaran yang cenderung berorientasi pada ceramah dan

praktikum prosedural menyebabkan pemahaman konseptual, dan literasi lingkungan mahasiswa belum berkembang optimal (Treagust & Chandrasegaran, 2015; Laksono, 2018). Kondisi ini diperkuat oleh temuan bahwa literasi mahasiswa pada konteks lingkungan masih berada pada kategori sedang dan belum mendukung pengambilan keputusan berbasis sains (OECD, 2023).

Berdasarkan teori konstruktivisme dan pembelajaran kontekstual, pembelajaran akan lebih bermakna apabila mahasiswa membangun pengetahuannya melalui pengalaman autentik dan pemecahan masalah nyata. *Project-Based Learning* (PjBL) sejalan dengan prinsip tersebut karena menempatkan mahasiswa sebagai subjek aktif dalam merancang, melaksanakan, dan mengevaluasi proyek berbasis masalah dunia nyata (Kokotsaki dkk., 2016; Thomas, 2018). Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa PjBL berpotensi meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan keterlibatan belajar, meskipun implementasinya masih memerlukan konteks yang autentik dan relevan dengan kehidupan mahasiswa (Guo dkk., 2020).

Integrasi PjBL dengan eksperimen biosorben kulit manggis didasarkan pada pendekatan experiential learning dan pendidikan lingkungan yang menekankan keterkaitan antara konsep sains, proses ilmiah, dan keberlanjutan lingkungan. Kulit manggis sebagai limbah biomassa memiliki potensi sebagai biosorben Pb yang ramah lingkungan dan relevan untuk dikontekstualisasikan dalam pembelajaran kimia lingkungan (Bhatnagar & Sillanpää, 2017; Handayani & Kusuma, 2019). Namun, sebagian besar penelitian biosorben masih berfokus pada aspek teknis adsorpsi tanpa dimanfaatkan sebagai konteks pedagogis dalam pembelajaran (Haura dkk., 2017).

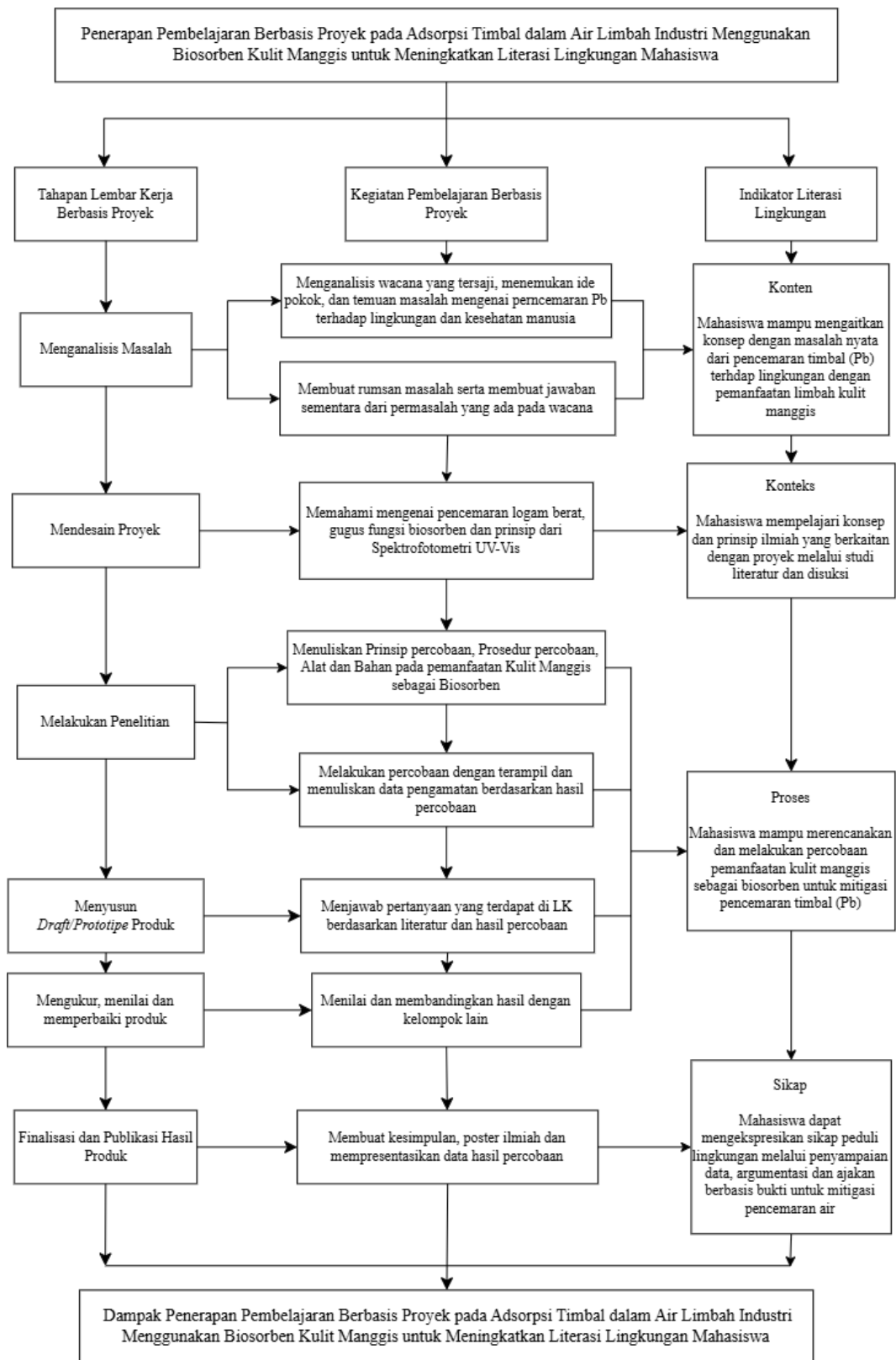
Dalam pembelajaran berbasis proyek, mahasiswa terlibat secara aktif dalam mengidentifikasi masalah pencemaran Pb, merancang dan menguji biosorben, menganalisis data, serta merefleksikan hasil kegiatan. Berbagai kajian melaporkan bahwa PjBL yang diintegrasikan dengan isu lingkungan nyata mampu meningkatkan literasi lingkungan dan kepedulian mahasiswa terhadap permasalahan lingkungan (Ernst & Theimer, 2016; Sari dkk., 2021). Dengan demikian, integrasi PjBL dan biosorben kulit manggis dipandang sebagai solusi

pedagogis dan ekologis untuk meningkatkan kualitas pembelajaran kimia di perguruan tinggi.

Model *Project-Based Learning* (PjBL) menurut Abidin (2014) terdiri atas enam tahapan, yaitu menganalisis masalah, membuat desain, melaksanakan penelitian, menyusun draft/prototipe, mengukur serta memperbaiki produk, dan melakukan finalisasi serta publikasi produk. Penerapan PjBL dapat mendukung pengembangan literasi lingkungan yang mencakup kemampuan memahami permasalahan lingkungan dan mengambil tindakan yang tepat (Roth, 1992), yang dalam penelitian ini dioperasionalkan melalui aspek konten, konteks, proses, dan sikap.

Dalam kerangka berpikir ini, terdapat hubungan yang erat antara variabel-variabel yang diteliti: (1). Pembelajaran berbasis proyek (PjBL) akan diterapkan untuk meningkatkan literasi lingkungan mahasiswa, yang pada gilirannya akan meningkatkan kesadaran mereka mengenai solusi ramah lingkungan. (2). Penggunaan kulit manggis sebagai biosorben bertujuan untuk mengurangi kadar timbal (Pb) dalam air limbah industri.

Secara umum, kerangka berpikir mengenai penerapan lembar kerja berbasis proyek pada biosorben kulit manggis untuk mitigasi pencemaran timbal (Pb) pada air limbah industri untuk meningkatkan literasi lingkungan mahasiswa pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Kerangka Berpikir

F. Hipotesis

Hipotesis ialah jawaban yang bersifat sementara terhadap permasalahan yang adadalam penelitian, hingga dapat dibuktikan melalui data yang dikumpulkan. Berdasarkan kerangka pemikiran diatas, penelitian merumuskan hipotesis pada penelitian ini sebagai berikut: Penelitian ini akan menggunakan 2 variabel, yakni variabel bebas dan variabel terikat. Variabel X pada penelitian ini yakni “Penerapan Pembelajaran Berbasis Proyek” dan varibel Y pada penelitian ini yakni “Peningkatan Literasi Lingkungan Mahasiswa”.

Hipotesis dalam penelitian ini ialah sebagai berikut:

H_a : Terdapat hubungan antara penggunaan model Pembelajaran Berbasis Proyek dengan Peningkatan Literasi Lingkungan Mahasiswa.

G. Hasil Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai pemanfaatan kulit manggis sebagai biosorben telah banyak dilakukan dengan hasil yang menjanjikan. Wulandari dkk. (2019) melaporkan bahwa biosorben dari kulit manggis mampu menyerap ion logam Pb^{2+} dengan efisiensi mencapai 89,6% pada kondisi optimum pH 5, waktu kontak 120 menit, dan konsentrasi awal 50 mg/L. Kandungan tanin, selulosa, dan lignin dalam kulit manggis berperan sebagai situs aktif dalam proses biosorpsi melalui mekanisme pertukaran ion dan kompleksasi.

Sari & Budiono (2020) mengkonfirmasi bahwa modifikasi kimia pada biosorben kulit manggis dengan aktivasi menggunakan HCl 0,1 M dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi hingga 95,2%. Karakterisasi menggunakan FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi hidroksil (-OH), karboksil (-COOH), dan amina (-NH₂) yang berperan dalam proses biosorpsi logam timbal. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa isotherm adsorpsi mengikuti model Langmuir dengan kapasitas adsorpsi maksimum 45,87 mg/g.

Rahmayanti dkk. (2021) melakukan studi kinetika biosorpsi Pb^{2+} menggunakan kulit manggis dan menemukan bahwa proses adsorpsi mengikuti model kinetika pseudo-second order dengan konstanta laju 0,0234 g/mg.menit. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa biosorben kulit manggis dapat diregenerasi hingga 4 siklus dengan penurunan efisiensi yang minimal (< 10%).

Harimawan dkk. (2024) mengulas potensi kulit manggis sebagai biosorben untuk pemisahan polutan dalam air limbah. Tinjauan ini menunjukkan bahwa biosorben kulit manggis memiliki efisiensi adsorpsi tinggi terhadap kontaminan beragam, termasuk logam berat dan zat warna, serta menunjukkan karakteristik yang memungkinkan penggunaan berulang (regenerasi), sehingga memiliki potensi untuk aplikasi berkelanjutan dalam mitigasi pencemaran air.

Selain itu, Haura dkk. (2017) memberikan data penting tentang karakteristik kulit manggis dan *activated carbon* sebagai adsorben untuk ion Pb (II) dan Cr (VI). Hasil penelitiannya menunjukkan kapasitas adsorpsi tertinggi *activated carbon* adalah 38,543 mg/g untuk Pb(II), mempertegas potensi biosorben kulit manggis dalam mengatasi logam berat.

Penelitian dalam konteks pembelajaran berbasis proyek pun telah banyak dilakukan dengan hasil yang menjanjikan. Implementasi pembelajaran berbasis proyek (*Project-Based Learning/PjBL*) dalam konteks pendidikan lingkungan telah terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman dan keterampilan mahasiswa. Suryani dan Dewi (2018) melaporkan bahwa penerapan PjBL pada mata kuliah Kimia Lingkungan meningkatkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa sebesar 78% dan kemampuan pemecahan masalah sebesar 82% dibandingkan dengan pembelajaran konvensional.

Handayani & Kusuma (2019) meneliti efektivitas PjBL berbasis masalah lingkungan lokal terhadap literasi sains mahasiswa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mahasiswa yang mengikuti PjBL memiliki skor literasi sains 25% lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol (85,4 vs 68,2). Selain itu, 90% mahasiswa menyatakan bahwa PjBL membuat mereka lebih peduli terhadap isu-isu lingkungan di sekitar mereka.

Rianti (2024) melaporkan PjBL sebagai alat pedagogis yang efektif untuk mendorong literasi lingkungan dan keterampilan pemecahan masalah pada bidang geografi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa siswa yang belajar dengan pendekatan PjBL memiliki pemahaman isu lingkungan dan kemampuan analisis masalah yang lebih baik dibandingkan pembelajaran konvensional.

Purwati, Muspiroh, & Isfiani (2023) menerapkan model Project Based Learning berbantuan poster untuk meningkatkan literasi lingkungan dalam pembelajaran biologi. Hasil penelitian kuasi-eksperimen menunjukkan peningkatan signifikan pada kemampuan literasi lingkungan mahasiswa di kelas eksperimen dibanding kelas kontrol ($sig. < 0,05$), serta respons mahasiswa yang dominan positif terhadap pembelajaran berbasis proyek tersebut.

Angraeni & Ahsani (2025) dalam penelitiannya mengungkapkan pengaruh *Project Based Learning* terhadap literasi lingkungan pada mata pelajaran IPAS peserta didik sekolah dasar. Hasil uji statistik *paired sample t-test* menunjukkan nilai $sig. (2-tailed) = 0,000 < 0,05$, yang berarti PjBL efektif meningkatkan literasi lingkungan peserta didik, dengan respons positif mahasiswa sebesar 83 % (kategori sangat baik) terhadap penerapan PjBL.

