

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Material penyerap dibagi menjadi dua jenis berdasarkan dari mekanisme kerjanya yaitu adsorben dan absorben. Perbedaan keduanya terletak pada proses penyerapannya, adsorpsi terjadi pada penyerapan permukaan zat padat dengan adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat (adsorben) (Roni dkk., 2021). Sementara itu, absorpsi terjadi pada proses zat yang menyerap cairan ke dalam pori – porinya. Pemilihan antara adsorben atau absorben sebagai material penyerap disesuaikan dengan tujuan penggunaan (Ubaid dan Munasir, 2016). Dalam pengolahan air baku, proses adsorpsi memanfaatkan material padat yang dapat meningkatkan kualitas sumber air akibat kontaminasi logam berat yang berbahaya seperti Besi (Fe), Mangan (Mn), dan khususnya Timbal (Pb). Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2023, air baku yang layak konsumsi harus memenuhi syarat yang ketat, termasuk bebas dari kontaminasi logam berat karena sifatnya yang toksik, persisten, serta mampu terakumulasi dalam jaringan tubuh manusia yang memicu kerusakan organ tubuh jangka panjang.

Permasalahannya, pemenuhan kebutuhan bahan adsorben di Indonesia masih bergantung dengan impor pasokan adsorben dari luar negeri. Industri seperti PT Katalis Sinergi Indonesia (KSI) mulai merintis produksi adsorben sendiri, bahan baku penyusunnya masih mengandalkan Seng Oksida (ZnO). Oleh karena itu, penggunaan bahan sintesis dalam adsorben dapat disubstitusi menggunakan bahan alami yang ramah lingkungan. Adsorben sendiri merupakan bahan padat dengan luas permukaan dalam yang sangat besar (Azzahra dan Taufik, 2020) sehingga berbagai material berpori berpotensi dikembangkan sebagai alternatif.

Endokarp biji mangga dipilih sebagai kandidat adsorben alternatif untuk menjawab permasalahan tersebut. Selain, ketersediaannya yang melimpah seiring dengan meningkatnya volume produksi mangga, bahan ini belum termanfaatkan secara ekonomis dan sebagian besar hanya dibuang begitu saja. Secara struktur, endokarp biji mangga memiliki anatomi yang kuat dan kaya akan serat lignoselulosa yang padat dan kaku, menjadikannya berpotensi sebagai kerangka

dasar material berpori. Secara kimiawi endokarp biji mangga mengandung senyawa alkaloid, saponin, tanin, fenolik, flavonoid, triterpenoid, steroid, dan glikosida. Terdapat gugus fungsional seperti $-OH$, $-COOH$, $-C=O$, dan $-NH_2$ yang dapat mengikat ion logam berat (Octaviani dkk., 2023).

Meskipun demikian, struktur lignoselulosa alami pada endokarp biji mangga umumnya masih memiliki pori-pori yang tertutup oleh komponen non-selulosa seperti lignin, hemiselulosa, dan senyawa ekstraktif lainnya. Hal ini menyebabkan luas permukaan dan kapasitas adsorpsinya belum optimal. Oleh karena itu, diperlukan tahap aktivasi untuk membuka dan memperluas jaringan rongga pori tersebut agar gugus fungsional pengikat logam berat dapat lebih banyak dan berperan aktif dalam proses adsorpsi.

Pada penelitian ini, aktivasi dilakukan menggunakan Seng Klorida ($ZnCl_2$) sebagai agen aktivator kimia. Pemilihan $ZnCl_2$ didasarkan pada sifatnya sebagai bahan dehidrator yang efektif mendegradasi dan melarutkan komponen penyusun dinding sel berbasis lignoselulosa pada suhu karbonisasi yang relatif lebih rendah. Selain itu, aktivasi kimia dipilih karena menghasilkan struktur pori mikro dan meso yang lebih berkembang, prosesnya yang sederhana, biaya relatif terjangkau, serta telah banyak digunakan pada aktivasi material biomassa. Di samping itu variasi waktu perendaman dalam aktivator juga menjadi variabel yang perlu dikaji untuk mencapai kesetimbangan optimal antara luas permukaan pori yang terbentuk dan kekuatan mekanik material agar tetap kokoh tidak mudah rapuh.

Dengan kata lain, endokarp biji mangga berpotensi mengurangi ketergantungan pada adsorben sintesis dan memberi nilai tambah pada limbah organik yang selama ini terbuang. Untuk memaksimalkan kinerjanya, dilakukan aktivasi dengan agen Seng Klorida ($ZnCl_2$) yang berfungsi mendegradasi material yang menutup pori serta memperluas jaringan rongga penyerapnya. Di samping itu, variasi waktu perendaman didasarkan pada kebutuhan untuk mencapai kesetimbangan antara luas permukaan pori dan kekuatan mekanik yang tetap kokoh tidak rapuh.

Beberapa penelitian terdahulu yang telah membuktikan efektivitas dari biomassa mangga, seperti pembuatan karbon aktif dari kulit dan biji mangga untuk

adsorpsi pewarna methylene blue (Razali dkk., 2022). Selanjutnya Nugroho dkk. (2022) menjelaskan bahwa karbon aktif dari kulit mangga mampu menurunkan kandungan logam Fe(II) pada limbah batik dengan efisiensi hingga 84,81%. Penelitian lain oleh Zhang dkk. (2020) menyebutkan bahwa biochar endokarp mangga yang terbukti efektif dalam adsorpsi Cd(II) melalui mekanisme ion exchange, presipitasi, dan interaksi gugus fungsional. Namun demikian, aplikasi tersebut masih terbatas pada penggunaan dalam bentuk serbuk.

Dari aspek ekonomi, potensi bahan baku ini didukung oleh besarnya volume produksi mangga yang mencapai 3,3 juta ton pada tahun 2024, dengan produksi yang terus meningkat (BPS, 2025). Endokarp biji mangga merupakan limbah samping yang timbul dari konsumsi atau pengolahan buah mangga dalam jumlah besar, namun sejauh ini belum memiliki nilai jual dan lebih banyak dibuang begitu saja atau baru dimanfaatkan pada skala rumah tangga menjadi produk bernilai ekonomi rendah seperti tepung, sabun, atau pati (Soetjipto dkk., 2015). Artinya, biaya bahan baku endokarp biji mangga secara praktis sangat rendah bahkan mendekati nol karena berstatus limbah, berbeda dengan adsorben komersial seperti karbon aktif yang di pasar Indonesia dijual kisaran Rp.30.000 – Rp.100.000/kg atau adsorben berbasis ZnO impor yang lebih tinggi karena biaya impor. Selisih komponen biaya bahan baku ini menjadi salah satu justifikasi ekonomi pemanfaatan endokarp biji mangga sebagai material bio-adsorben. Adapun perhitungan harga pokok produksi secara menyeluruh, termasuk biaya bahan aktivasi ZnCl_2 , bahan pendukung, peralatan, dan tenaga kerja perlu dikaji lebih lanjut melalui penelitian ini.

Kebaruan dalam penelitian ini adalah pengembangan endokarp biji mangga dalam bentuk filter membran bio-adsorben. Filter ini dirancang bekerja secara *continuous flow*, bukan sekadar proses pengolahan batch. Pada proses *continuous flow* ini, sistem dirancang untuk mengalirkan air secara *real-time* yang dapat menghemat waktu dan biaya. Sedangkan pada proses batch sendiri menggunakan beberapa tahap jika air masuk menyelesaikan setiap proses yang dapat menyebabkan downtime. Metode penelitian ini meliputi tahap preparasi material, formulasi membran dengan variasi waktu perendaman, serta uji performa melalui

unit filter untuk mengukur efektivitasnya setiap perlakuan dalam mereduksi logam berat Pb, pengembangan membran bio-adsorben perlakuan optimal dan pengujian parameter kualitas air lainnya.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian mengenai efektivitas Kajian Filter Air Baku Berbasis Endokarp Biji Mangga (*Mangifera indica*) Sebagai Material Bio-Adsorben penting untuk dikaji lebih lanjut. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi alternatif dalam pengolahan air baku yang aman sebelum dikonsumsi dengan cara yang sederhana, ekonomis, dan ramah lingkungan. Selain itu, pemanfaatan endokarp biji mangga sebagai membran bio-adsorben bukan hanya mengurangi pencemaran logam berat, tetapi juga memberikan nilai tambah terhadap limbah organik yang sebelumnya tidak termanfaatkan. Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu memperkuat implementasi *zero waste* dan ekonomi sirkular melalui transformasi limbah menjadi material fungsional yang aplikatif bagi pengolahan air baku tercemar logam berat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat diperoleh beberapa rumusan masalah yakni:

- 1.2.1 Bagaimana pengaruh variasi waktu perendaman ZnCl_2 terhadap karakteristik fisik dan kimia, serta efektivitas membran bio-adsorben berbasis endokarp biji mangga (*Mangifera indica*) dalam mereduksi kadar logam berat (Pb) pada air baku?
- 1.2.2 Bagaimana penentuan perlakuan optimal dari variasi waktu perendaman ZnCl_2 pada membran bio-adsorben menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP)?
- 1.2.3 Bagaimana kelayakan ekonomi dan Harga Pokok Produksi (HPP) membran bio-adsorben endokarp biji mangga (*Mangifera indica*) sebagai produk yang bernilai guna?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka diperoleh tujuan dari penelitian sebagai berikut:

- 1.3.1 Menganalisis pengaruh variasi waktu perendaman aktivator ZnCl_2 terhadap karakteristik fisik dan kimia, serta efektivitas membran bio-adsorben berbasis endokarp biji mangga (*Mangifera indica*) dengan dalam mereduksi kadar logam berat (Pb) pada air baku.
- 1.3.2 Menentukan perlakuan optimal dari variasi waktu perendaman ZnCl_2 pada membran bio-adsorben menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP).
- 1.3.3 Menghitung Harga Pokok Produksi (HPP) dan menganalisis kelayakan ekonomi membran bio-adsorben sebagai produk bernilai guna.

1.4 Manfaat Penelitian

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

- 1.4.1 Menyediakan solusi teknologi filtrasi yang ramah lingkungan dan efektif mereduksi bahaya kontamiansi timbal (Pb), sekaligus mendukung konsep zero waste melalui pemanfaatan limbah padat biji mangga.
- 1.4.2 Memberikan kontribusi ilmiah mengenai pengaruh waktu aktivasi kimia serta penerapanmetode pengambilan keputusan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dalam pembuatan membran bio-adsorben.
- 1.4.3 Menyediakan acuan kelayakan finansial dan struktur biaya (HPP) untuk memproduksi bio-adsorben lokal berbasis limbah, sehingga berpotensi mengurangi ketergantungan sektor industri pada komoditas sintetis impor.