

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pencemaran lingkungan akibat limbah cair yang mengandung logam berat dan zat warna merupakan salah satu permasalahan serius yang dihadapi dunia saat ini seiring dengan berkembangnya sektor industri, pertanian, maupun aktivitas rumah tangga. Metode pengolahan limbah yang umum digunakan seperti koagulasi, filtrasi, pertukaran ion, serta penggunaan adsorben komersial seperti karbon aktif, memang efektif namun memiliki beberapa kekurangan seperti biaya operasional yang tinggi, proses produksi yang membutuhkan energi besar, serta berpotensi menimbulkan limbah sekunder. Oleh karena itu, diperlukan alternatif adsorben yang lebih murah, ramah lingkungan, serta berasal dari bahan yang dapat diperbarui, salah satunya adalah bioadsorben.

Bioadsorben merupakan material alami yang mampu mengikat atau menyerap senyawa tertentu dari lingkungannya melalui mekanisme adsorpsi. Material ini umumnya berasal dari biomassa, seperti limbah tumbuhan, hewan, pertanian, maupun industri, yang memiliki gugus fungsional aktif seperti fenolik, hidroksil, karboksil, amin, dan fosfat. Keberadaan gugus-gugus fungsional tersebut memungkinkan terjadinya interaksi kimia maupun fisika yang kuat dengan berbagai polutan, terutama logam berat, pewarna, dan senyawa organik, sehingga bioadsorben efektif digunakan untuk menangkap kontaminan tersebut dari air atau media lainnya (Setiawan *et al.*, 2022).

Salah satu bahan baku bioadsorben yang bisa dimanfaatkan adalah daun jati dan sekam padi. Daun jati dipilih karena merupakan limbah pertanian yang belum banyak dimanfaatkan dan berpotensi sebagai bahan pembuatan karbon aktif. Menurut penelitian Hydhayat *et al*, (2022) limbah daun jati mengandung lignin sekitar 10%, selulosa sekitar 28%, dan karbon organik sekitar 50%. Menurut penelitian Pareda *et al*, (2020) daun jati diketahui mengandung berbagai senyawa, antara lain karbohidrat, alkaloid, tanin, sterol, saponin, protein, kalsium, fosfor, serta serat mentah. Selain itu, daun jati juga mengandung senyawa pewarna alami yang menghasilkan warna cokelat kekuningan hingga kemerahan.

Daun jati juga dikenal sebagai sumber senyawa bioaktif yang beragam, meliputi flavonoid, saponin, tanin, galat, katekin, kuinon, dan steroid (Fitriyah *et al*, 2021). Kandungan lignoselulosa pada daun jati memberikan sejumlah gugus fungsi khas yang berperan sebagai situs aktif adsorpsi, di antaranya gugus -OH (hidroksil) yang berasal dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin; gugus C-H alifatik dan aromatik; gugus C=C aromatik yang berasal dari cincin benzena penyusun struktur lignin; serta gugus C=O (karbonil) dan C-O dari komponen hemiselulosa-lignin. Bahkan, hasil karakterisasi FTIR pada karbon aktif berbahan dasar kayu jati menunjukkan munculnya gugus C-N dan imina (C=N) pada material yang telah termodifikasi, yang mengindikasikan keragaman situs aktif yang mampu berikatan dengan adsorbat (Riyanto *et al*, 2024). Senyawa dan gugus fungsi ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan aktif dalam pembuatan bioadsorben. Senyawa-senyawa ini memiliki kemampuan untuk berinteraksi dengan berbagai zat pencemar melalui mekanisme adsorpsi, baik secara fisika maupun kimiawi,

sehingga efektif dalam mengikat dan menghilangkan kotoran atau kontaminan dari minyak atau air, sehingga berpotensi sebagai bahan alternatif pembuatan bioadsorben untuk berbagai keperluan industri.

Dalam pembuatan bioadsorben, unsur silika memegang peranan penting dalam proses adsorpsi. Untuk itu, dalam pembuatan bioadsorben dari daun jati ini perlu ditambahkan bahan lain yang kaya akan kandungan silika. Salah satu bahan dengan kandungan silika yaitu sekam padi. Menurut Chandra *et al*, (2012), sekam padi mengandung silika dalam jumlah yang cukup tinggi, yaitu berkisar antara 16–18%. Kandungan silika yang tinggi pada struktur berserat sekam padi ini berperan penting dalam pembentukan pori-pori mikroskopik selama proses karbonisasi dan aktivasi berlangsung. Karakteristik inilah yang menjadikan sekam padi sebagai bahan baku yang potensial untuk dikembangkan menjadi adsorben. Hasil analisis FTIR menunjukkan bahwa karbon dari sekam padi memiliki gugus C=C pada bilangan gelombang sekitar  $1576\text{ cm}^{-1}$  yang mengindikasikan terbentuknya struktur aromatik akibat proses karbonisasi. Selain itu, teridentifikasi pula gugus Si-O-Si dengan regangan asimetri pada  $1100\text{ cm}^{-1}$  dan gugus tetrahedral SiO<sub>4</sub> pada sekitar  $840\text{ cm}^{-1}$ . Karakteristik yang membedakan sekam padi dari biomassa lignoselulosa lainnya adalah kehadiran gugus fungsi berbasis silika, yakni gugus siloksan (Si-O-Si) pada bilangan gelombang sekitar  $470\text{ cm}^{-1}$ . Di samping itu, munculnya gugus O-H pada  $3408\text{ cm}^{-1}$  mengindikasikan bahwa fraksi silika masih tertinggal pada material meskipun telah melalui tahap aktivasi (Solihudin, 2020) sehingga dapat dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif sumber bio-silika dalam industri kaca, semen, adsorben, dan bahan keramik.

Rasio bahan baku daun jati dan sekam padi dapat memengaruhi kualitas bioadsorben yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh kandungan silika pada sekam padi yang memiliki gugus aktif silanol (Si-OH) dan siloksan (Si-O-Si), yang mampu berinteraksi dengan senyawa polar pada minyak jelantah, seperti asam lemak bebas, senyawa karbonil, serta pigmen penyebab warna gelap dan bau tidak sedap pada minyak (Sunarti, 2024). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pemanfaatan silika dari sekam padi berpotensi baik sebagai adsorben logam. Menurut Haryono *et al*, (2023) sekam padi sebagai limbah pertanian mengandung karbon dan silika yang dapat berfungsi sebagai adsorben. Oleh karena itu, kombinasi daun jati dan sekam padi berpotensi menjadi alternatif bahan baku dalam pembuatan bioadsorben untuk penjernihan minyak jelantah.

Dalam pembuatan bioadsorben, tahapan karbonisasi dan aktivasi merupakan tahapan penting yang tidak dapat diabaikan. Bahan baku yang telah melalui proses karbonisasi umumnya masih memiliki pori-pori yang tertutup oleh senyawa hidrokarbon maupun tar sisa pembakaran, sehingga luas permukaan dan daya adsorpsinya belum optimal. Melalui proses aktivasi, pori-pori pada permukaan karbon akan terbuka dan meluas, sehingga kemampuan adsorben dalam menyerap adsorbat menjadi lebih baik (Prayogatama & Kurniawan, 2022).

Proses aktivasi merupakan tahapan penting dalam pembuatan bioadsorben yang bertujuan memperbesar ukuran dan volume pori, membuka pori-pori baru, serta meningkatkan luas permukaan spesifik karbon, sehingga kinerja adsorpsinya menjadi lebih optimal (Nandari *et al*, 2024). Melalui proses ini, zat-zat pengotor dan senyawa non-karbon yang menutupi atau menyumbat sistem pori akan hilang,

sehingga semakin banyak pori yang terbuka pada permukaan adsorben akan berdampak pada peningkatan luas permukaan sekaligus kapasitas adsorpsi bahan tersebut (Azis *et al*, 2025).

Aktivasi dapat dilakukan melalui kombinasi karbonisasi dan aktivasi kimia. Tahap karbonisasi berfungsi menghilangkan senyawa volatil serta membentuk struktur pori awal pada karbon, sementara aktivasi kimia berperan dalam memutus ikatan hidrokarbon dan mengoksidasi molekul-molekul pada permukaan karbon, sehingga pori-pori yang terbentuk menjadi lebih banyak dan luas permukaan spesifik adsorben meningkat secara signifikan (Listyorini *et al*, 2022). Kombinasi kedua metode ini diharapkan menghasilkan bioadsorben dengan karakteristik pori dan daya adsorpsi yang lebih optimal dibandingkan jika hanya menggunakan salah satu jenis aktivasi saja.

Aktivasi bioadsorben secara kimia dilakukan dengan merendam arang dalam larutan aktivator. Penelitian ini menggunakan tiga jenis aktivator, yaitu  $H_2SO_4$ , NaOH, dan  $ZnCl_2$ , yang dipilih karena mewakili tiga golongan aktivator dengan mekanisme kerja berbeda terhadap karakteristik bioadsorben yang dihasilkan.

Adapun  $H_2SO_4$  dipilih sebagai aktivator asam kuat yang bersifat dehidrator, mampu menarik molekul air dari struktur selulosa dan lignin secara efektif, sehingga mempercepat pembentukan pori serta menurunkan kadar air dan zat volatil pada bioadsorben (Astuti & Maiza, 2019). NaOH dipilih sebagai aktivator basa kuat yang bekerja dengan melarutkan komponen non-karbon seperti hemiselulosa, lignin, dan silika (terutama pada sekam padi), sehingga pori-

pori yang semula tertutup oleh senyawa tersebut menjadi terbuka dan luas permukaan adsorben meningkat (Astuti & Maiza, 2019). Sementara itu,  $\text{ZnCl}_2$  dipilih sebagai aktivator garam logam (asam Lewis) yang dikenal efektif menghasilkan karbon aktif dengan struktur pori yang lebih seragam dan berukuran kecil, karena kemampuannya berperan sebagai katalis dehidrasi yang mendorong pemutusan ikatan glikosidik pada selulosa serta pembentukan struktur aromatik selama karbonisasi berlangsung, sehingga menghasilkan daya jerap iodin dan luas permukaan BET yang lebih tinggi dibandingkan aktivator lainnya (Gani *et al*, 2021). Perbedaan mekanisme ketiga aktivator inilah yang mendasari pemilihannya dalam penelitian ini, guna mengetahui jenis aktivator mana yang paling efektif meningkatkan karakteristik bioadsorben kombinasi daun jati dan sekam padi pada berbagai rasio yang diuji

Selanjutnya, bioadsorben yang telah diaktivasi diaplikasikan dalam proses pemurnian minyak jelantah. Minyak jelantah merupakan minyak goreng bekas pakai yang telah mengalami pemanasan berulang pada suhu tinggi, sehingga menyebabkan peningkatan kadar asam lemak bebas (ALB) dan bilangan peroksida, serta perubahan warna dan bau yang tidak sedap, sehingga minyak tersebut tidak layak dikonsumsi kembali (Hadijah *et al.*, 2017). Proses pemurnian dilakukan melalui metode adsorpsi, yaitu dengan mencampurkan dan mengaduk bioadsorben ke dalam minyak jelantah, sehingga senyawa-senyawa pengotor pada minyak dapat terikat pada permukaan adsorben. Adsorben yang memiliki gugus hidroksil (-OH), seperti yang berasal dari selulosa, mampu mengikat asam lemak

bebas pada minyak jelantah melalui interaksi gugus fungsi tersebut (Nasrun *et al*, 2017).

Berdasarkan latar belakang tersebut, judul penelitian ini adalah "pemanfaatan limbah daun jati (*Tectona grandis*) dengan campuran sekam padi (*Oryza sativa L.*) sebagai bioadsorben dalam pemurnian minyak jelantah". Dengan mengkombinasikan rasio daun jati: sekam padi yaitu 30:70, 50:50, 70:30 dan jenis aktivator yaitu  $H_2SO_4$ , NaOH, dan  $ZnCl_2$ .

### **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana karakteristik bioadsorben dari campuran limbah daun jati dan sekam padi?
2. Bagaimana pengaruh jenis larutan aktivator terhadap karakteristik fisik dan kimia adsorben?
3. Bagaimana efektivitas bioadsorben dalam penjernihan minyak jelantah?
4. Bagaimana hasil proses penjernihan minyak jelantah menggunakan bioadsorben?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Untuk mengetahui pengaruh rasio limbah daun jati dan sekam padi terhadap karakteristik fisik dan kimia bioadsorben
2. Untuk mengetahui pengaruh jenis larutan aktivator dalam pembuatan bioadsorben terhadap karakteristik fisik dan kimia bioadsorben
3. Mengetahui kualitas bioadsorben kombinasi daun jati dan sekam padi dengan sampel/perlakuan terbaik
4. Mengetahui hasil penjernihan minyak jelantah menggunakan bioadsorben

#### **1.4 Manfaat**

Dari penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sumber informasi mengenai proses pembuatan bioadsorben berbahan baku daun jati dan sekam padi serta diperoleh bioadsorben yang efektif dalam penjernihan minyak jelantah. Selain itu diharapkan produk bioadsorben dan minyak hasil penjernihan sesuai dengan SNI yang berlaku