

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pewarna organik banyak digunakan dalam dunia industri, di mana sebagian besar industri membuang limbahnya ke perairan. Suatu studi menyatakan bahwa 10-20% pewarna dapat terbawa oleh pelarutnya, yang berpotensi mencemari lingkungan (Şanlı dan Demirhan, 2024). Meskipun sebagian besar zat warna stabil di udara dan cahaya, degradasi kimia atau biologis biasa tidak mempunyai pengaruh yang besar terhadap lingkungan perairan yang tercemar. Salah satu zat warna anionik yang kerap digunakan dalam sektor tekstil, kayu, pewarnaan jaringan, dan farmasi adalah *congo red*. *Congo red* memiliki struktur azo yang mengandung ikatan rangkap dua antar nitrogen ($N=N$). Pewarna azo dianggap sebagai pewarna yang mutagenik, karsinogenik, beracun, dan meningkatkan nilai COD pada perairan (Siddiqui dkk., 2023). Oleh karena itu, hal tersebut perlu diatasi untuk mengurangi dampak pada lingkungan yang lebih serius.

Metode yang dapat digunakan dalam pengolahan limbah zat warna di dalam air sangat beragam seperti koagulasi, elektrokimia, degradasi fotokatalis, membran proses, oksidasi, biodegradasi, dan adsorpsi (Bagheri dkk., 2024). Metode adsorpsi menjadi pilihan yang baik karena relatif mudah dan murah. Dalam metode adsorpsi terdapat adsorben sebagai penjerap dari zat yang akan diserap. Adsorben yang baik memiliki beberapa sifat diantaranya adalah luas permukaan spesifik besar, porositas tinggi, produksi sederhana, kestabilan tinggi, biaya yang rendah, dan tidak terlalu menimbulkan pengaruh negatif pada lingkungan (Miao dkk., 2022)

Zeolit adalah adsorben berpori yang terdiri dari mineral aluminium silikat dengan kerangka bermuatan negatif. Karena hal tersebut zeolit memiliki kapasitas yang baik untuk adsorpsi spesies kation. Zeolit memiliki luas permukaan yang luas, kestabilan yang tinggi, tahan terhadap suhu tinggi, dan dapat didaur ulang untuk digunakan kembali (Hidayat dkk., 2022). Selain itu, pemilihan zeolit didasarkan kepada kelimpahan zeolit alam yang besar di Indonesia.

Zeolit cocok digunakan untuk adsorpsi pewarna kationik, tetapi kapasitas tukar kation untuk adsorpsi pewarna terbatas terutama pada zat warna anionik

seperti *congo red* (Imessaoudene dkk., 2024; Miao dkk., 2022). Untuk meningkatkan kemampuan adsorpsinya, permukaan zeolit dapat dimodifikasi. Modifikasi permukaan pada zeolit telah banyak dilakukan dengan menambahkan surfaktan kationik seperti HDTMA (heksadesil-trimetilammonium), ODMBA (oktadesildimetilbenzil), DPC (dodecylpyridinium chloride), dan TPC (tetradecylpyridinium chloride) yang dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi pada zeolit (Bagheri dkk., 2024; Miao dkk., 2022). Selain surfaktan kationik, modifikasi permukaan dapat dilakukan dengan menambahkan biopolimer. Biopolimer memiliki gugus fungsi yang melimpah, biodegradabilitas, tidak beracun, dan ramah lingkungan (Jawad dkk., 2020). Salah satu biopolimer yang dapat dimanfaatkan adalah kitosan.

Kitosan merupakan biopolimer kationik yang biasanya terdapat pada serangga, udang, kepiting, lobster, dan rajungan. Kitosan memiliki sifat biokompatibilitas, biodegradabilitas, kapasitas adsorpsi, tidak beracun, dan dapat bersifat sebagai antimikroba. Berdasarkan strukturnya, kitosan memiliki gugus hidroksil (-OH) dan amina (-NH₂) yang merupakan situs aktif adsorpsi bagi kitosan. Di mana gugus (-NH₂) dalam keadaan asam akan mengalami protonasi menjadi (-NH₃⁺) yang dapat berinteraksi dengan *congo red*. Namun, kitosan sebagai adsorben memiliki kelemahan yakni memiliki pH yang sensitif, secara mekanik tidak stabil, dan mudah terjadi pembengkakan (Jawad dkk., 2020). Dengan demikian, diperlukan penambahan material lain guna meningkatkan efektivitas adsorben, salah satunya dengan mengombinasikan zeolit dan kitosan dalam bentuk komposit.

Penelitian mengenai penggunaan zeolit dan kitosan sebagai adsorben *congo red* telah dilakukan sebelumnya. Imessaoudene dkk. (2023) meneliti penggunaan zeolit komersial untuk menghilangkan zat warna *congo red* yang dilakukan dengan berbagai pH, dan menemukan bahwa efisiensi adsorpsi menurun dalam pH yang semakin tinggi. Sementara itu, Hevira dkk. (2025) melaporkan efisiensi adsorben kitosan yang terbuat dari lalat hitam untuk adsorpsi *congo red* dengan kemampuan adsorpsi maksimum 110,63 mg/g.

Beberapa penelitian mengenai komposit zeolit-kitosan sebagai adsorben untuk menghilangkan zat warna telah dilakukan. Salah satunya penelitian yang

dilakukan oleh Şanlı dan Demirhan (2024) menunjukkan bahwa komposit zeolit-kitosan berbasis zeolit alam pada pH 4 menghasilkan efisiensi penghilangan *reactive orange 122* paling tinggi. Penelitian lain yang dilakukan oleh Marotta dkk. (2021) mengenai komposit kitosan-zeolit aerogel untuk menghilangkan zat warna *indigo carmine* dan *methylene blue* menghasilkan kemampuan adsorpsi maksimum masing-masing 221 mg/g dan 108 mg/g.

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dibuat komposit zeolit-kitosan berbasis zeolit alam dengan berbagai variasi rasio antara zeolit dan kitosan sebagai adsorben *congo red*. Pemilihan zeolit alam sebagai adsorben zat warna *congo red* didasarkan pada kestabilan termal dan struktur pori yang besar, sementara kitosan memberikan kontribusi berupa gugus aktif untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi. Kombinasi antara zeolit dan kitosan sebagai komposit memungkinkan peningkatan efektivitas adsorben zat warna anionik seperti *congo red*.

I.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh komposit zeolit-kitosan (Z-Cs) berbasis zeolit alam dengan rasio Z:Cs sebesar 25:75%, 50:50%, dan 75:25%.
2. Menentukan karakteristik zeolit alam teraktivasi dan komposit zeolit-kitosan (Z-Cs) dengan rasio Z:Cs sebesar 25:75%, 50:50%, dan 75:25%.
3. Menentukan kemampuan adsorpsi zeolit alam teraktivasi dan komposit zeolit-kitosan (Z-Cs) berbasis zeolit alam di berbagai rasio dalam adsorpsi zat warna *congo red*.