

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan pencemaran air di Indonesia semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan aktivitas industri, domestik, dan pertanian. Limbah cair menjadi salah satu sumber utama pencemaran air karena banyak industri menggunakan air dalam jumlah besar, seperti industri tekstil, pangan, kimia, dan industri batik. Aktivitas tersebut menghasilkan limbah cair dengan karakteristik yang beragam. Limbah cair yang tidak diolah secara optimal berpotensi mengandung senyawa berbahaya yang dapat menurunkan kualitas perairan dan mengganggu keseimbangan ekosistem (Astuti *et al.*, 2023).

Secara umum, limbah cair industri dapat mengandung zat pewarna sintesis, surfaktan, sisa bahan kimia proses, serta logam berat seperti Fe, Pb, dan Cr. Banyak dari kontaminan tersebut kerap ditemukan pada konsentrasi yang melampaui baku mutu limbah cair yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), misalnya ambang batas 1 mg/L untuk Fe dan 0,05 mg/L untuk Cr. Jika masuk ke biota air, kandungan ini dapat menurunkan kadar oksigen terlarut, mengganggu organisme akuatik, serta berdampak negatif pada kesehatan manusia melalui bioakumulasi dalam rantai makanan (Hailu & Nibret, 2023).

Berbagai metode pengolahan limbah cair telah dikembangkan dan diterapkan, meliputi metode fisik, kimia, dan biologis. Metode fisik meliputi penyaringan dan pengendapan, sedangkan metode kimia menggunakan teknik seperti koagulasi–flokulasi, oksidasi, atau presipitasi. Metode biologis memanfaatkan mikroorganisme untuk mendegradasi senyawa organik, namun pendekatan ini membutuhkan waktu lama dan kondisi yang stabil untuk bekerja secara optimal (Channei *et al.*, 2021). Di tengah keterbatasan tersebut, metode adsorpsi menjadi salah satu teknik yang semakin diminati karena prosesnya sederhana, biaya operasional rendah, dan efektif dalam menghilangkan berbagai kontaminan organik maupun anorganik pada konsentrasi rendah (Basalamah *et al.*, 2024).

Mineral lempung (Clay) sudah lama dimanfaatkan sebagai material adsorben dalam pengolahan limbah cair maupun sebagai katalis dalam berbagai proses kimia. Penggunaan clay sebagai adsorben disukung oleh karakteristiknya yang meliputi luas permukaan spesifik yang tinggi, struktur berlapis, serta keberadaan muatan negatif pada permukaannya yang memungkinkan interaksi dengan berbagai jenis kontaminan. Berbagai penelitian melaporkan bahwa clay, seperti bentonit, kaolinit, dan montmorilonit, efektif digunakan untuk menyerap zat warna, senyawa organik, serta ion logam berat dari limbah cair industri. Selain itu, clay juga dikenal sebagai material yang melimpah di alam, relatif murah, dan ramah lingkungan, sehingga potensial dikembangkan sebagai adsorben alternatif dalam pengolahan limbah cair (Bergaya & Theng, 2007).

Selain clay, material Fe_3O_4 juga banyak diteliti sebagai adsorben karena kemampuannya dalam mengadsorpsi logam berat dari media air. Fe_3O_4 memiliki sifat magnetik dan afinitas tinggi terhadap ion logam berat, seperti Pb, Cr, dan Fe. Keunggulan utama material Fe_3O_4 terletak pada kemudahan pemisahan adsorben dari larutan setelah proses adsorpsi dengan bantuan medan magnet eksternal. Karakteristik ini membuat proses pengolahan limbah cair menjadi lebih efisien karena dapat mengurangi tahapan filtrasi dan pemisahan lanjutan (Avila *et al.*, 2025).

Penggabungan clay dan Fe_3O_4 dalam bentuk komposit Fe_3O_4 -Clay menjadi salah satu solusi yang menjanjikan dalam pengolahan limbah cair. Komposit ini menggabungkan luas permukaan dan porositas tinggi dari clay dengan sifat magnetik Fe_3O_4 , sehingga diharapkan mampu meningkatkan kapasitas adsorpsi sekaligus mempermudah pemisahan adsorben setelah proses pengolahan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa komposit Fe_3O_4 -Clay efektif dalam menyerap kontaminan organik maupun anorganik. Sarran *et al.*, (2024) melaporkan kemampuan tinggi komposit Fe_3O_4 -Clay dalam menghilangkan kontaminan anorganik, sementara Ibrahim *et al.*, (2025) menunjukkan bahwa bentonit termodifikasi Fe_3O_4 mampu menghilangkan zat warna metilen biru hingga 85,6 persen (Basalamah *et al.*, 2024).

Berdasarkan penjelasan di atas, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji kemampuan material Fe_3O_4 -Clay dalam mengadsorpsi logam berat pada limbah cair. Karakterisasi material dilakukan menggunakan metode Brunauer-Emmett-Teller dan Fourier Transform Infrared Spectroscopy untuk mengetahui sifat permukaan serta gugus fungsi yang berperan dalam proses adsorpsi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah mengenai potensi Fe_3O_4 -Clay sebagai adsorben alternatif yang efisien, efektif, ekonomis, dan berkelanjutan dalam pengolahan limbah cair di Indonesia.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu mensintesis material komposit Fe_3O_4 -Clay serta mengkaji potensi material sebagai adsorben dalam penyerapan logam berat pada limbah cair melalui karakterisasi sifat dan struktur Fe_3O_4 -Clay.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan manfaat secara ilmiah dalam mengkaji potensi material komposit Fe_3O_4 -Clay sebagai adsorben logam berat pada limbah cair melalui pemahaman efektivitas dan efisiensi proses adsorpsi. Secara praktis, material Fe_3O_4 -Clay memiliki potensi untuk diterapkan pada berbagai sistem pengolahan limbah cair dari sektor industri, domestik, dan lingkungan. Pemanfaatan komposit ini berpotensi meningkatkan kapasitas penyerapan logam berat, mempermudah proses pemisahan adsorben menggunakan medan magnet, serta mendukung pengembangan teknologi pengolahan limbah cair yang lebih efisien, ekonomis, dan berkelanjutan.