

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Logam berat merupakan unsur yang banyak digunakan dalam berbagai industri dan pertanian. Penggunaan logam berat dapat menimbulkan permasalahan pencemaran. Pencemaran logam berat berpengaruh negatif terhadap lingkungan, seperti kerusakan tanah, air dan berakibat pada gangguan kesehatan makhluk hidup yang tinggal disekitarnya (Effendi et al., 2016). Kontaminasi pada tanah dan perairan yang disebabkan oleh limbah logam berat dapat berasal dari limbah industri (Tanjung et al., 2022), limbah penambangan (Kushwaha et al., 2017), produksi baterai (Khanzada et al., 2024), residu pupuk dan pestisida (Alengebawy et al., 2021; Sibiya et al., 2025). Perairan yang memiliki kandungan logam berat, jika dimanfaatkan untuk kebutuhan makhluk hidup seperti untuk mengairi lahan pertanian dapat merusak pertumbuhan tanaman dan mengganggu kesehatan manusia (Purbalisa dan Dewi, 2019). Beberapa jenis logam berat yang cenderung menjadi limbah pada lingkungan yaitu tembaga (Cu), kobalt (Co), nikel (Ni) (Narwati et al., 2023), seng (Zn) (Kim et al., 2024), kadmium (Cd) dan timbal (Pb) (Fu et al., 2024). Limbah logam berat bersifat beracun dan *non biodegradable* sehingga keberadaannya pada lingkungan sangat membahayakan. Limbah logam berat berpengaruh terhadap kesehatan seperti mengakibatkan diare, iritasi paru-paru, dermatitis, hipersensitivitas pernapasan, kelumpuhan, kerusakan ginjal, dan merusak sistem saraf (Kuswaha et al., 2017).

Berbagai metode telah dilakukan untuk mengurangi ion logam berat pada limbah, seperti: pertukaran ion (Fu et al., 2024; Jasim dan ajjam, 2024; Kim et al., 2024; Pan et al., 2022), presipitasi (Ahmad et al., 2020), koagulasi (Amr et al., 2024; Chen et al., 2024), filtrasi (Bayo et al., 2020; Kazemnejadi, 2025), dan adsorpsi (Kuswaha et al., 2017; Zhang et al., 2020). Metode-metode tersebut memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing, seperti: metode presipitasi menghasilkan sisa berupa lumpur yang tidak dapat dihilangkan serta mengeluarkan asap berbahaya, namun metode ini sederhana dan lebih ekonomis (Young Gun Ko, 2024). Metode adsorpsi bergantung dengan luas permukaan *adsorben* yang digunakan (Zhu et al., 2021), namun memiliki kapasitas tinggi, ekonomis dan pada proses nya hanya menghasilkan sedikit sisa (Pan et al., 2018). Metode koagulasi membutuhkan bahan kimia yang mahal serta berpotensi menghasilkan sisa berupa lumpur dalam jumlah besar, namun metode ini mudah digunakan dan terjangkau (Amr et al., 2024). Metode filtrasi sulit untuk menghilangkan logam berat terlarut, dapat terjadi penyumbatan filter dan biaya tinggi, namun metode ini sederhana dan efektif untuk menghilangkan partikel

logam berat yang berukuran besar (Khazada et al., 2024). Metode pertukaran ion berbiaya tinggi, dipengaruhi pH dan membutuhkan pengolahan limbah lanjutan, namun memiliki sifat selektivitas tinggi (Liu et al., 2025).

Diantara metode-metode tersebut, metode adsorpsi lebih unggul karena efektivitasnya dalam pengolahan berbagai limbah logam berat, kesederhanaannya, efisiensi tinggi, kebutuhan energi rendah (Singh dan Jadeja, 2025) dan dapat menghilangkan ion logam pada konsentrasi rendah (Alsulaili et al., 2024). Adsorpsi merupakan suatu peristiwa menempelnya molekul (ion) pada permukaan adsorben. Tingginya tingkat adsorpsi dipengaruhi oleh kemampuan *adsorben* untuk menarik ion pada permukaan *adsorben* (Dassekpo et al., 2025). Terdapat beberapa bahan yang dapat dimanfaatkan sebagai *adsorben* untuk mengurangi kadar logam berat pada limbah, seperti: tanah liat, karbon aktif, zeolit, biochar (Kong et al., 2024) dan nanopartikel (Lei et al., 2023). Beberapa bahan tersebut memiliki keterbatasan untuk dimanfaatkan sebagai *adsorben* dalam proses adsorpsi seperti: luas permukaan terbatas, laju adsorpsi lambat (Kim et al., 2024), kesulitan pemisahan dengan *adsorbat* dan tidak dapat di daur ulang (Sibiya et al., 2025). Diantara bahan tersebut, *adsorben* berbasis nanopartikel memiliki kapasitas penyerapan yang tinggi. Nanopartikel memiliki karakteristik luas permukaan yang besar, sifat kemagnetan kuat dan dapat didaur ulang (Mbanga et al., 2024).

Nanopartikel magnetik merupakan bahan yang menjanjikan, karena memiliki sifat fisik dan kimia yang berguna untuk pengolahan air. Nanopartikel magnetik bereaksi terhadap medan magnet, sehingga mempermudah dalam pemisahan secara magnetis (Cruz et al., 2024; Karami et al., 2024). Nanopartikel magnetik mudah mengalami aglomerasi, sehingga membatasi aplikasinya dalam pengolahan limbah. Oleh karena itu, sangat penting untuk memodifikasi permukaan nanopartikel magnetik untuk meningkatkan kemampuan adsorpsinya (Lei et al., 2023). Semakin luas permukaan bahan, semakin efektif kemampuan penyerapan bahan tersebut (Mulyono, 2006). Nanopartikel besi magnetik seperti: maghemit ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ), magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dan hematit ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) mampu dimanfaatkan untuk menghilangkan logam berat (Sibiya et al., 2025). Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) merupakan oksida besi yang terbentuk dari reaksi oksida besi dan besi yang memiliki sifat lebih unggul karena sifat magnetik nya yang lebih kuat dari pada nanopartikel besi magnetik lainnya (Sinurat et al., 2021; Shokrollahi, 2017). Ukuran partikel magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) mempengaruhi sifat kemagnetannya. Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dengan ukuran kecil (nano) memiliki sifat kemagnetan yang lebih kuat jika dibandingkan dengan ukuran magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) yang lebih besar (Prasetyowati et al., 2021).

Daun suji memiliki kandungan yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai hal seperti: Alkaloid, glikosida, tripenoid, polifenol, klorofil, flavonoid, tanin, monoterpen/seskuiterpen, triterpenoid/steroid dan saponin (Nirmala et al., 2022; Yunita et al., 2020; Amalo et al., 2022). Kandungan bioaktif pada daun memiliki potensi besar untuk berfungsi sebagai reduktor dan *capping agent* (pelapis) yang dapat menjaga kestabilan nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan mencegah terjadinya aglomerasi, selain itu gugus karbonil dan hidroksil pada daun juga efisien dalam mengikat logam berat (Chander dan Gupta, 2025). Kandungan klorofil dalam ekstrak daun suji telah berhasil dimanfaatkan sebagai *capping agent* (pelapis) untuk mencegah terjadinya aglomerasi dalam proses sintesis Zink Oksida ( $\text{ZnO}$ ). Klorofil mengandung gugus karbonil ( $\text{C}=\text{O}$ ) dan ester ( $-\text{COO}-$ ) yang dapat berinteraksi dengan ion nanopartikel sehingga dapat mencegah terjadinya aglomerasi (Yunita et al., 2020).

Maka dari itu dalam penelitian ini, peneliti akan memanfaatkan nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  hasil kopresipitasi dan nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  hasil *green synthesis* menggunakan ekstrak daun suji, sebagai *adsorben* dalam pengolahan limbah logam berat kobalt dan nikel. Sehingga dapat dilakukan analisis pengaruh *adsorben* berbasis nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  hasil kopresipitasi dan nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  hasil *green synthesis* untuk mengurangi kadar logam berat pada limbah. *Adsorben* akan diaplikasikan pada limbah logam berat dan selanjutnya akan dilakukan uji karakterisasi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk mengidentifikasi karakteristik nanopartikel dan limbah logam berat berupa: gugus fungsi, jenis ikatan dan vibrasi molekul. *Uji X-Ray Diffraction* (XRD) dilakukan untuk mengidentifikasi karakteristik nanopartikel berupa: struktur kristal, parameter kisi dan ukuran kristal. Uji spektrofotometer *Ultra Violet Visible* (UV-Vis) untuk mengidentifikasi karakteristik nanopartikel berupa nilai energi celah pita. Uji *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) dilakukan untuk mengidentifikasi konsentrasi ion logam yang terdapat pada sampel limbah.

## 1.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah

Pengolahan limbah industri yang tidak optimal dapat menyebabkan kerusakan lingkungan dan mengganggu kesehatan manusia. Beberapa limbah logam berat hasil industri seperti kobalt (Co) dan nikel (Ni) sangat berbahaya bagi lingkungan (Narwati et al., 2023). Metode adsorpsi merupakan salah satu metode sederhana yang dapat digunakan untuk pengolahan limbah logam berat. Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) merupakan salah satu bahan yang dapat dimanfaatkan sebagai *adsorben* dalam adsorpsi limbah logam berat (Cruz et al., 2024). Kandungan ekstrak daun suji dapat dimanfaatkan sebagai reduktor dan *capping agent* yang

berfungsi untuk menjaga kestabilan nanopartikel yang digunakan. Oleh sebab itu rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh proses adsorpsi menggunakan nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  terhadap hasil karakterisasi FTIR dari limbah logam berat ?
2. Bagaimana kemampuan adsorpsi nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  terhadap limbah logam berat ?
3. Bagaimana karakteristik sifat optik dari nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun Tujuan dari Penelitian ini adalah :

1. Mengidentifikasi pengaruh proses adsorpsi menggunakan nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  terhadap hasil karakterisasi FTIR dari limbah logam berat.
2. Mengidentifikasi kemampuan adsorpsi nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  terhadap limbah logam berat
3. Mengidentifikasi karakteristik sifat optik dari nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Bagi Masyarakat  
Penelitian ini dapat membantu memberikan kesadaran bagi masyarakat tentang salah satu metode alternatif pengolahan limbah yang ramah lingkungan
2. Bagi Mahasiswa  
Mahasiswa dapat meningkatkan pemahaman dan kemampuan dalam pemanfaatan *green synthesis* nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  pada pengolahan limbah logam berat untuk mengurangi dampak buruk pada lingkungan.
3. Bagi Pembaca  
Penelitian ini dapat menjadi referensi bagi pembaca untuk mengembangkan ilmu pengetahuan tentang pemanfaatan *green synthesis* nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dalam pengolahan limbah logam berat.