

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah elektronik (*e-waste*) merupakan limbah berbagai produk elektronik tak terpakai seperti lemari es, mesin cuci, kipas angin, televisi, *air conditioning* (AC), ponsel, komputer, dll. (Rautela *et al.*, 2021), yang dapat dikategorikan sebagai limbah Bahan Beracun dan Berbahaya (B3) (Setyanto & Trihadiningrum, 2017). Berdasarkan data pemantauan limbah elektronik global pada tahun 2020 oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) dinyatakan sebesar 53,6 juta metrik ton limbah elektronik dihasilkan di seluruh dunia pada tahun 2019. Peningkatan sebesar 21% limbah elektronik yang dihasilkan dalam 5 tahun terakhir menunjukkan situasi yang mengkhawatirkan jika tidak segera ditangani saat ini (Ismail & Hanafiah, 2020). Peningkatan nilai limbah elektronik tersebut setiap tahunnya diprediksi akan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan pesat perangkat komputasi dan komunikasi (Mmereki *et al.*, 2016).

Limbah elektronik mengandung 60% logam berat yang sebagian besar terdiri dari Fe, Si, Sn, dan Cu yang bersifat persisten dan dapat terakumulasi di lingkungan (Chakraborty *et al.*, 2022). Logam berat besi (Fe) yang dihasilkan dari limbah elektronik dapat menjadi kontaminan lingkungan air dan tanah karena bersifat *non-biodegradable* (Sari *et al.*, 2022). Logam berat Fe pada konsentrasi yang rendah sangat penting karena berkaitan dengan fungsi biota tanah, tetapi pada konsentrasi yang lebih tinggi Fe tersebut dapat bersifat sebagai racun yang membahayakan (Anand *et al.*, 2019). Selain itu, kadar ion Fe^{2+} yang tinggi juga dapat menurunkan kualitas air, menyebabkan adanya perubahan warna dan rasa yang merupakan masalah serius bagi pengguna sumber daya air. Di dalam air, karena potensial redoksnya, ion Fe^{2+} mudah mengalami pengendapan yang dapat menyumbat sistem perairan, menghambat respirasi ikan, dan membahayakan kehidupan perairan (Normah & Lesbani, 2024) sehingga penghilangan ion Fe^{2+} dalam air menjadi krusial untuk dilakukan.

Beberapa metode telah dikembangkan untuk menghilangkan logam dari air seperti adsorpsi, koagulasi flokulasi, presipitasi kimia, membran filtrasi, bioremediasi, elektrolisis dan pertukaran ion. Adanya produk samping, selektivitas

buruk, regenerasi sulit, waktu pengaplikasian lama, dan biaya yang tinggi menjadi kelemahan dari teknik penghilangan logam berat yang telah ada (Zhou *et al.*, 2018). Di antara metode tersebut, adsorpsi menjadi salah satu yang umum digunakan karena kemudahan operasional, sensitivitas tinggi, biaya yang rendah, dan dapat diregenerasi (Senda *et al.*, 2019). Adsorben konvensional yang sering digunakan seperti karbon aktif dan zeolit memiliki luas permukaan yang tinggi serta porositas yang signifikan, namun disisi lain memiliki keterbatasan spesifik seperti biaya yang tinggi, kinerja regenerasi rendah, dan selektivitas yang rendah. Selain karbon aktif dan zeolit, *Layered Double Hydroxide* (LDH) telah menarik perhatian besar dalam penerapannya sebagai adsorben (Gama *et al.*, 2022). LDH memiliki luas permukaan spesifik tinggi, kemampuan pertukaran ion baik, gugus fungsional yang beragam, dan porositas yang signifikan, menjadikan LDH potensial sebagai adsorben dari berbagai polutan dalam air termasuk ion logam berat (Sajid & Basheer, 2016). LDH memiliki sifat efek memori, merujuk pada kemampuan material untuk mengingat dan kembali ke struktur aslinya setelah mengalami transformasi kimia tertentu yang berkontribusi terhadap stabilitasnya secara kimia (Gama *et al.*, 2022).

Material LDH dapat dimodifikasi untuk meningkatkan kinerjanya sebagai adsorben melalui peningkatan luas permukaan, karakteristik pori, dan situs aktifnya (Brahma & Saikia, 2022). Beberapa metode modifikasi LDH, seperti interkalasi (Huang *et al.*, 2022), pembentukan material komposit (Quang *et al.*, 2023), dan doping kation (Zubair *et al.*, 2024) dilaporkan berhasil meningkatkan kapasitas adsorpsinya. Secara khusus, Zubair *et al.* (2024) melaporkan bahwa modifikasi LDH dengan metode doping berhasil meningkatkan kapasitas adsorpsi logam As(III) sebesar 2,42 mmol/g dan As(V) sebesar 1,60 mmol/g dibandingkan dengan material LDH tanpa modifikasi, sedangkan menurut penelitian Silaen *et al.* (2024) modifikasi LDH dengan metode interkalasi senyawa polioksometalat berhasil mengadsorpsi limbah logam Pb^{2+} dengan kapasitas adsorpsi sebesar 74,13 mg/g. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa modifikasi LDH dengan senyawa anorganik memiliki keunggulan dari segi morfologi struktur dibandingkan modifikasi LDH dengan senyawa organik. Namun jika dilihat dari kinerjanya dalam berbagai aplikasi, modifikasi LDH-organik memiliki nilai yang lebih baik (Normah &

Lesbani, 2024). Salah satu bahan organik yang berpotensi untuk diinterkalasikan ke senyawa LDH adalah bahan organik seperti *schiff base* yang disintesis dari kitosan.

Kitosan merupakan biopolimer alami yang keberadaannya melimpah di alam. Kitosan memiliki gugus amino (-NH₂) dan hidroksil (-OH) yang dapat mengadsorpsi ion logam, meskipun afinitas terhadap ion logam cenderung rendah dan bersifat non-selektif (Senda *et al.*, 2019). Modifikasi gugus fungsi NH₂ pada kitosan dengan senyawa aldehida/keton aromatik membentuk senyawa *schiff base* dengan ikatan imin (-C=N) dapat menjadi solusi terhadap kelemahan kitosan sebagai adsorben dimana ikatan imin pada *schiff base* dapat membentuk kompleks/khelat yang baik dengan ion logam karena afinitasnya yang lebih tinggi terhadap ion logam, membentuk selektivitas dan morfologi pori yang lebih baik (Boulechfar *et al.*, 2023). Berdasarkan kelebihan dan kekurangan adsorben organik-anorganik, maka modifikasi adsorben berbasis bahan organik-anorganik seperti LDH yang terinterkalasi *schiff base* kitosan (CSB) merupakan topik yang menarik untuk dikaji dalam rangka memperoleh sifat-sifat baru adsorben untuk menghilangkan polutan dalam air (Palapa *et al.*, 2023). CSB-Ni/Al LDH hasil modifikasi tersebut dapat mengalami peningkatan luas permukaan spesifik, porositas lebih baik, dan situs aktif yang lebih luas akibat penambahan gugus imin (-C=N) yang kemudian akan mempengaruhi kinerja adsorpsi dari adsorben LDH itu sendiri terhadap ion logam menjadi lebih baik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas rumusan masalah dalam penelitian ini diuraikan sebagai berikut:

1. Bagaimana sintesis adsorben *schiff base* kitosan (CSB)-Ni/Al LDH?
2. Bagaimana karakteristik adsorben CSB-Ni/Al LDH?
3. Bagaimana kinerja adsorben CSB-Ni/Al LDH dalam mengadsorpsi ion logam berat Fe²⁺ dalam air?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah untuk memperoleh informasi mengenai:

1. Metode sintesis adsorben CSB-Ni/Al LDH.

2. Karakteristik adsorben CSB-Ni/Al LDH.
3. Kinerja adsorben CSB-Ni/Al LDH dalam mengadsorpsi ion logam berat Fe^{2+} dalam air.

1.4 Batasan Penelitian

1. Penentuan komposisi dan kondisi optimum sintesis senyawa CSB-Ni/Al LDH.
2. Karakterisasi adsorben CSB-Ni/Al LDH dibatasi pada metode FTIR, XRD, dan BET N_2 *Adsorption-Desorption*.
3. Pengujian kinerja adsorpsi CSB-Ni/Al LDH dibatasi pada satu jenis ion logam berat Fe^{2+} .

1.5 Manfaat Penelitian

Temuan penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan bagi penelitian sejenis mengenai pengembangan bahan adsorben untuk ion logam berat dalam air dengan material *Layered Double Hydroxide* (LDH) yang dimodifikasi dengan material organik maupun anorganik.

1.6 Struktur Organisasi Skripsi

Sistematika penulisan skripsi ini terdiri atas Bab I berisi pendahuluan meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian, manfaat penelitian, dan struktur organisasi skripsi. Bab II berisi tinjauan pustaka meliputi limbah elektronik, teknik penghilangan logam berat dalam air, prekursor CSB-Ni/Al LDH, karakteristik CSB-Ni/Al LDH, dan Spektrofotometer UV-Vis sebagai pengukuran kinerja CSB-Ni/Al LDH. Bab III berisi metode penelitian meliputi lokasi penelitian, waktu penelitian, alat bahan, metodologi penelitian, dan prosedur kerja penelitian. Bab IV berisi temuan hasil dan pembahasan. Bab V berisi kesimpulan dan saran. Selain itu, pada skripsi ini juga disertakan lampiran yang berisi data perhitungan serta gambar yang tidak ditampilkan pada bab sebelumnya.