

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air tanah merupakan sumber daya air yang berperan penting dalam menunjang berbagai kebutuhan manusia. Meskipun demikian, kondisi air tanah dapat mengalami penurunan kualitas akibat masuknya berbagai jenis pencemar, termasuk logam berat (Yusuf, 2021). Salah satu logam berat yang berpotensi mencemari air tanah adalah kromium heksavalen (Cr(VI)). Senyawa ini dikenal memiliki tingkat toksisitas dan sifat karsinogenik yang tinggi. Cr(VI) dapat berada dalam bentuk ion kromat (CrO_4^{2-}) maupun dikromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$), serta banyak ditemukan pada limbah yang berasal dari aktivitas industri, seperti pengolahan logam, produksi baterai, dan penyamakan kulit (Subhan dkk., 2022). Keberadaan Cr(VI) di lingkungan dapat menimbulkan berbagai dampak terhadap kesehatan, antara lain gangguan pada kulit, sistem pernapasan, serta kerusakan pada organ hati dan ginjal (Irianti dkk., 2017). Kristyani dkk. (2021) melaporkan bahwa kadar Cr(VI) pada air tanah di sekitar kawasan industri tekstil Mojolaban mencapai 1,6996 mg/L. Nilai tersebut jauh melebihi batas maksimum Cr(VI) dalam air minum yang ditetapkan sebesar 0,01 mg/L berdasarkan Permenkes RI No. 2 Tahun 2023 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum (Kristyani & Susilowati, 2021).

Berbagai pendekatan telah dikembangkan untuk mengurangi kandungan kromium dalam air, di antaranya presipitasi kimia, koagulasi-flokulasi, pertukaran ion, filtrasi membran, dan adsorpsi. Adsorpsi menjadi salah satu alternatif yang banyak diterapkan karena pengoperasiannya relatif sederhana serta mampu mengurangi kandungan logam dalam air. Prinsip adsorpsi didasarkan pada perpindahan ion atau molekul yang terdapat dalam larutan menuju permukaan material adsorben sehingga terjadi proses penjerapan. Proses adsorpsi dapat dilakukan secara *batch* maupun kolom. Pada sistem *batch*, adsorben dicampurkan dengan larutan adsorbat dan diaduk selama waktu kontak tertentu, sehingga sesuai untuk menguji potensi suatu material sebagai adsorben. Adsorben merupakan bahan padat yang menjerap zat terlarut, sedangkan adsorbat adalah zat yang terjerap pada permukaan adsorben (Reynolds & Richards, 1996).

Efektivitas adsorpsi ditentukan oleh beberapa parameter operasional, meliputi ukuran partikel dan jumlah adsorben, kondisi pH, konsentrasi awal adsorbat, serta durasi kontak. Perubahan pada parameter tersebut dapat memengaruhi perpindahan massa dan kemampuan adsorben dalam mengikat adsorbat. Hubungan antara jumlah adsorbat yang terjerap pada permukaan adsorben dengan konsentrasi adsorbat yang tersisa dalam larutan pada keadaan setimbang dapat dikaji melalui analisis isoterm. Pendekatan ini digunakan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi sekaligus memahami karakteristik interaksi yang terjadi antara adsorben dan adsorbat. Sementara itu, analisis kinetika digunakan untuk mengevaluasi laju penjerapan adsorbat dari fase cair menuju permukaan adsorben serta menentukan waktu yang dibutuhkan hingga proses mencapai keadaan setimbang (Zhou, 2006).

Adsorben yang digunakan dalam proses adsorpsi dapat diperoleh dari limbah pertanian, salah satunya adalah limbah nanas. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Indonesia (2023), produksi nanas di Indonesia mencapai sekitar 3,15 juta ton setiap tahunnya. Dari keseluruhan hasil produksi tersebut, sekitar 50% berpotensi menjadi limbah selama proses pengolahan, dengan bagian mahkota nanas menyusun sekitar 20% dari jumlah limbah yang dihasilkan. Kondisi ini menunjukkan bahwa limbah mahkota nanas diperkirakan mencapai sekitar 315.000 ton per tahun dan memiliki peluang untuk diolah menjadi bahan adsorben. Secara kimia, mahkota nanas tersusun atas selulosa sebesar 40,58%, hemiselulosa 20,34%, dan lignin 12,28%, serta memiliki berbagai gugus fungsi yang berpotensi menjadi situs aktif, seperti hidroksil ($-OH$), karboksil ($-COOH$), $C-O$, dan $C=O$ (Wandhekar dkk., 2025). Komponen tersebut mendukung pemanfaatan mahkota nanas sebagai material adsorben dalam pengolahan air, khususnya untuk mengurangi kandungan logam berat serta membantu menurunkan warna dan bau pada air (Rusli dkk., 2025).

Kemampuan mahkota nanas sebagai material penyerap juga dilaporkan oleh Siswanti dkk. (2024). Penelitian tersebut menggunakan mahkota nanas yang telah diolah menjadi karbon aktif untuk mengurangi zat warna Remazol Brilliant Blue R (RBBR) pada limbah batik. Efisiensi penyisihan tertinggi yang diperoleh mencapai 74,55% dengan massa adsorben 4 g dan waktu kontak 100 menit (Siswanti dkk., 2024). Penelitian mengenai penyisihan $Cr(VI)$ menggunakan mahkota nanas telah

dilakukan oleh Gogoi dkk., (2018). Dalam penelitian tersebut, mahkota nanas dimodifikasi menggunakan campuran AcOH dan (H_2O_2) untuk meningkatkan jumlah gugus hidroksil ($-OH$) pada permukaan adsorben. Adsorben termodifikasi tersebut mampu mencapai kapasitas adsorpsi maksimum 4,12 mg/g dengan efisiensi penyisihan sebesar 60,36% pada kondisi pH 2–3. Meskipun aktivasi kimia terbukti dapat meningkatkan kapasitas penjerapan adsorben, penggunaan mahkota nanas alami tetap menjadi pilihan yang menarik karena lebih ekonomis, mudah diperoleh, dan tidak memerlukan proses modifikasi kimia.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini memanfaatkan mahkota nanas dalam kondisi tanpa aktivasi sebagai adsorben untuk mengurangi kandungan Cr(VI) pada air tanah dengan metode *batch*. Penggunaan biomassa tanpa perlakuan aktivasi bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan adsorpsi alaminya terhadap Cr(VI), sehingga dapat menjadi acuan awal dalam pengembangan limbah mahkota nanas sebagai material adsorben. Selain itu, penelitian dilakukan untuk menentukan kondisi adsorpsi terbaik melalui pengujian beberapa parameter, yaitu ukuran partikel, dosis adsorben, pH larutan, konsentrasi awal adsorbat, dan waktu kontak. Kajian isoterm serta kinetika adsorpsi turut dilakukan untuk memperoleh gambaran mengenai karakteristik proses penjerapan dan interaksi antara Cr(VI) dengan permukaan adsorben, termasuk laju adsorpsi hingga tercapainya kesetimbangan.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kemampuan biomassa mahkota nanas dalam mengadsorpsi Cr(VI) dari air tanah menggunakan metode adsorpsi *batch*.

Tujuan penelitian ini antara lain adalah:

1. Mengidentifikasi kondisi optimum adsorpsi berdasarkan pengaruh variasi ukuran partikel, dosis adsorben, pH, konsentrasi awal adsorbat, dan waktu kontak.
2. Menentukan efisiensi penyisihan Cr(VI) dan kapasitas adsorpsi serbuk mahkota nanas pada kondisi optimum.

3. Mengidentifikasi model isoterm dan kinetika yang paling sesuai dalam menjelaskan karakteristik proses adsorpsi Cr(VI) oleh serbuk mahkota nanas pada kondisi optimum.
4. Menilai kemampuan serbuk mahkota nanas dalam mengurangi kandungan Cr(VI) pada sampel air tanah dalam kondisi sebenarnya.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Pemanfaatan limbah organik dari lingkungan sekitar berupa mahkota nanas sebagai media pengolahan air tanah masyarakat.
2. Pemanfaatan limbah pertanian sebagai bahan alternatif adsorben.
3. Peningkatan kualitas air tanah penduduk melalui penurunan kadar kromium sebagai salah satu unsur pencemar.
4. Mendukung *green technology* dengan pemanfaatan limbah sebagai adsorben untuk pengolahan air tanah.
5. Memberikan informasi mengenai potensi serbuk mahkota nanas sebagai adsorben alternatif dalam proses penyisihan Cr(VI) dari air tanah pada skala laboratorium.

1.4 Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini ibatasi pada beberapa ketentuan berikut::

1. Pengujian dilakukan menggunakan sistem *batch*, dengan larutan artifisial untuk tahap optimasi dan air tanah asli untuk tahap aplikasi.
2. Adsorben berupa limbah mahkota nanas diperoleh dari toko buah di Kota Padang.
3. Setiap percobaan dilakukan sebanyak tiga kali ulangan (*triplo*) untuk memastikan keakuratan data.
4. Penelitian ini hanya menguji parameter pada rentang variasi yang telah ditetapkan, yaitu ukuran partikel adsorben, dosis adsorben, pH, konsentrasi adsorbat dan waktu kontak. Oleh karena itu, hasil yang diperoleh hanya berlaku pada rentang variasi tersebut, sehingga diperlukan penelitian lanjutan dengan variasi yang lebih luas untuk memperoleh kondisi optimum yang lebih akurat.

5. Model isoterm yang diuji meliputi Freundlich dan Langmuir untuk menilai kesesuaian proses adsorpsi.
6. Kinetika adsorpsi dianalisis menggunakan model order nol, order pertama, order kedua, *pseudo-first-order*, dan *pseudo-second-order* untuk mengetahui karakteristik laju adsorpsi.
7. Pengolahan dan evaluasi data penelitian dilakukan menggunakan analisis statistik dengan metode ANOVA.
8. Karakteristik adsorben dianalisis menggunakan SEM-EDX (*Scanning Electron Microscopy–Energy Dispersive X-Ray*) dan FTIR (*Fourier Transform Infrared*).
9. Konsentrasi Cr(VI) ditentukan menggunakan spektrofotometer *visible* mengacu pada SNI 6989.71-2009.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penyusunan tugas akhir ini terdiri atas beberapa bagian sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan dasar pemikiran penelitian yang meliputi latar belakang, maksud dan tujuan, manfaat, batasan masalah, serta susunan penulisan Tugas Akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas berbagai landasan teori yang mendukung penelitian, meliputi karakteristik mahkota nanas, air tanah, Cr(VI), konsep adsorpsi, isoterm adsorpsi, serta teori lain yang relevan dengan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan rancangan dan pelaksanaan penelitian, mencakup studi literatur, persiapan alat dan bahan, pengambilan sampel, prosedur eksperimen, analisis laboratorium, serta informasi mengenai lokasi dan periode pelaksanaan penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil pengujian yang telah diperoleh selama penelitian serta menguraikan pembahasan dan interpretasi terhadap hasil tersebut berdasarkan teori dan penelitian terdahulu yang relevan.

BAB V PENUTUP

Bab terakhir berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian dan pembahasan, serta saran yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk penelitian selanjutnya.

