

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air tanah merupakan sumber utama air bersih di Indonesia, namun kualitasnya menurun akibat pencemaran logam berat dari aktivitas industri dan domestik (Yusuf, 2021). Logam berat bersifat toksik dan dapat terakumulasi dalam rantai makanan sehingga membahayakan kesehatan dan lingkungan. Salah satu logam yang sering mencemari air tanah adalah Kromium heksavalen [Cr(VI)]. Cr(VI) umumnya berasal dari limbah industri seperti pelapisan krom, tekstil, cat, penyamakan kulit, pabrik tinta, dan pengilangan minyak. Pencemaran tersebut berkaitan dengan penggunaan natrium kromat dan natrium dikromat sebagai bahan baku pembuatan senyawa krom, seperti bahan pewarna, pengawet kayu, dan bahan antikorosi (Adhani & Husaini, 2017). Penelitian Kristiyani dkk. (2021) menunjukkan kadar Cr(VI) dalam air tanah di sekitar industri tekstil daerah Mojolaban mencapai 1,6996 mg/L sehingga melebihi baku mutu yaitu 0,01 mg/L untuk logam Cr(VI) (PERMENKES No. 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan).

Penyisihan pencemar air tanah dapat dilakukan melalui teknik adsorpsi, yaitu salah satu metode pengolahan air yang relatif sederhana, mudah diterapkan, dan berbiaya rendah. Menurut Reynolds dan Richards (1996), adsorpsi merupakan proses penyerapan yang terjadi pada lapisan permukaan atau antar fasa, di mana molekul suatu zat terakumulasi pada permukaan bahan penyerap (adsorben). Adsorben merupakan media padat yang mampu mengikat molekul, ion, atau senyawa dari fase cair maupun gas melalui proses adsorpsi. Kemampuan adsorben dipengaruhi oleh luas permukaan, struktur pori, dan gugus fungsi aktif. Adsorben pada proses adsorpsi dapat berupa batuan alami atau biomassa dari limbah pertanian. Untuk meningkatkan kinerja adsorpsi dari adsorben, dapat dilakukan aktivasi terhadap adsorben tersebut. Aktivasi fisika dapat dilakukan melalui pemanasan yang dapat meningkatkan suhu tinggi, meningkatkan porositas dan luas permukaan dari adsorben, sedangkan aktivasi kimia menggunakan bahan seperti NaOH atau HCl dapat menambahkan gugus fungsi aktif ($-OH$ dan $-COOH$) pada permukaan

adsorben yang berperan dalam pengikatan ion logam (Shakya & Agarwal, 2019).

Salah satu keuntungan proses adsorpsi adalah kemungkinan regenerasi adsorben sehingga dapat mengurangi biaya operasional dan mendukung keberlanjutan dengan meminimalkan limbah. Selain itu, regenerasi dilakukan untuk menguji ketahanan dan stabilitas material adsorben setelah digunakan, sehingga dapat diketahui kelayakannya untuk pemakaian berulang. Regenerasi dapat dilakukan melalui tahap desorpsi yaitu pelepasan kembali ion ke larutan menggunakan larutan asam, basa, atau netral seperti HCl, NaOH, dan akuades (Indah dkk, 2014). Penelitian Indah dkk. (2014) melaporkan bahwa adsorben kulit jagung yang diregenerasi menggunakan akuades mampu mempertahankan kapasitas adsorpsi logam Fe dan Mn hingga dua kali siklus *reuse*, dengan kapasitas Fe sebesar 0,329 mg/g dan 0,246 mg/g serta Mn sebesar 0,094 mg/g dan 0,096 mg/g, sehingga menunjukkan karakteristik regenerasi adsorben yang baik.

Dewasa ini, limbah pertanian banyak dimanfaatkan sebagai adsorben karena ketersediaannya melimpah dan biayanya rendah, salah satunya adalah mahkota nanas. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS, 2024), produksi nanas di Indonesia mencapai 3.156.576 ton per tahun, sedangkan di Provinsi Sumatera Barat mencapai 235 ton per tahun, yang berpotensi menghasilkan limbah mahkota nanas sekitar 4,7–9,4 ton per tahun dengan fraksi 2–4% dari berat buah. Mahkota nanas mengandung selulosa sebesar 69,5–71,5%, lignin 4,4–4,7%, dan pentosan 17,0–17,8% sehingga cocok digunakan sebagai adsorben (Munira dkk., 2022). Penelitian Keon dkk., (2018) menunjukkan selulosa mahkota nanas mampu mengadsorpsi logam Cu dengan efisiensi 72,87% dalam waktu 1 jam, sementara karbon aktifnya dapat menyerap logam Pb hingga 93,33% pada konsentrasi 5 mg/L dan waktu kontak 120 menit (Kasmanti, 2023).

Penelitian yang dilakukan oleh Gogoi dkk. (2018) membuktikan bahwa adsorben mahkota nanas yang digunakan untuk menyerap Cr(VI) dapat diregenerasi dengan NaOH, mempertahankan kapasitas adsorpsi sebesar 2,876 mg/g atau 69% dari kapasitas awal. Selain itu, hasil penelitian oleh Tangtubtim dan Saikrasun (2019) menunjukkan bahwa serat daun nanas teraktivasi *polyethyleneimine* (APF-PEI) mampu mempertahankan efisiensi penyisihan Cr(VI) sekitar 100 mg/g atau sekitar

45–50% dari kapasitas awalnya (220 mg/g) setelah lima kali regenerasi menggunakan larutan NaOH 0,1 M.

Penelitian ini bertujuan untuk menguji kemampuan regenerasi serbuk mahkota nanas yang teraktivasi dalam menyisihkan logam berat Cr(VI) dari air tanah, di mana logam ini termasuk dalam tujuh parameter logam berat wajib menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023. Sejumlah penelitian telah melaporkan pemanfaatan adsorben mahkota nanas serta proses aktivasi dan regenerasinya, namun kajian regenerasi mahkota nanas teraktivasi untuk penyisihan logam Cr(VI) masih terbatas dan umumnya hanya berfokus pada kapasitas adsorpsi awal. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk menilai stabilitas dan kapasitas adsorpsi adsorben setelah beberapa siklus regenerasi. Efektivitas regenerasi diharapkan mampu memulihkan kemampuan penjerapan dan memperpanjang masa pakai adsorben, sehingga mendukung sistem pengolahan air yang ekonomis dan berkelanjutan serta menjadi dasar pengembangan teknologi adsorpsi ramah lingkungan untuk penanganan logam berat di air tanah.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud dari penelitian ini adalah untuk menguji kemampuan regenerasi mahkota nanas yang telah diaktivasi untuk menyisihkan Cr(VI) dari air tanah dengan menggunakan metode aktivasi terbaik dengan adsorpsi *batch*.

Tujuan penelitian ini antara lain adalah:

1. Menganalisis efektivitas regenerasi adsorben serbuk mahkota nanas yang teraktivasi untuk menyisihkan logam Cr(VI) dari larutan artifisial menggunakan beberapa agen desorpsi.
2. Menentukan agen desorpsi terbaik antara HCl, NaOH, dan air deionisasi untuk regenerasi adsorben serbuk mahkota nanas yang teraktivasi secara fisika dan kimia untuk menyisihkan logam Cr(VI) dari larutan artifisial.
3. Membandingkan regenerasi adsorben yang telah diaktivasi dalam menyisihkan logam Cr(VI) dari larutan artifisial dan air tanah asli.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah:

1. Memanfaatkan serbuk mahkota nanas sebagai alternatif adsorben yang ramah lingkungan dalam pengolahan air tanah yang terkontaminasi logam berat.
2. Menjadi teknologi alternatif pengolahan air tanah yang dapat diterapkan oleh masyarakat sehingga berpotensi menurunkan tingkat pencemaran lingkungan.
3. Mendukung penerapan teknologi ramah lingkungan dan ekonomi berkelanjutan melalui pemanfaatan limbah sebagai adsorben dan penerapannya secara berulang dalam penyisihan pencemar.

1.4 Batasan Masalah

Ruang lingkup masalah meliputi:

1. Percobaan dilakukan dengan sistem *batch* menggunakan larutan artifisial yang mengandung logam Cr(VI) pada percobaan utama dan menggunakan sampel air tanah asli pada percobaan aplikasi.
2. Penelitian difokuskan pada penggunaan adsorben dari mahkota nanas yang teraktivasi secara fisika pada suhu 200°C dan teraktivasi secara kimia menggunakan larutan HCl.
3. Proses adsorpsi pada kondisi optimum, yaitu ukuran partikel 0,0755–0,25 mm, dosis adsorben 6 g/L, pH adsorbat 2, konsentrasi adsorbat 1 mg/L, dan waktu kontak 90 menit.
4. Regenerasi adsorben dilakukan melalui tiga siklus adsorpsi dan dua siklus desorpsi, dengan adsorben hasil desorpsi digunakan kembali (*reuse*) pada siklus adsorpsi berikutnya.
5. Proses desorpsi dilakukan secara terpisah menggunakan HCl, NaOH, dan air deionisasi untuk menentukan agen desorpsi terbaik.
6. Semua percobaan dilakukan sebanyak tiga kali (triplo).
7. Analisis pengukuran Cr(VI) dilakukan menggunakan spektrofotometer sesuai SNI 6989.71-2009.
8. Pengujian statistik dilakukan untuk menganalisis terdapatnya perbedaan signifikan dari variasi *fresh* adsorben (siklus 1) dengan *reuse* 1 adsorben (siklus 2) dan *reuse* 2 adsorben (siklus 3).

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang pencemaran air tanah, kandungan logam Cr(VI), proses adsorpsi dan adsorben, proses aktivasi, desorpsi dan regenerasi, pemanfaatan limbah mahkota nanas sebagai adsorben, karakterisasi adsorben, metode analisis menggunakan Spektrofotometri, serta analisis data dengan ANOVA yang berkaitan dengan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang tahapan penelitian yang dilakukan, studi literatur, persiapan percobaan mencakup alat dan bahan, metode analisis laboratorium, lokasi dan waktu penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil penelitian yang diperoleh disertai analisis dan pembahasannya yang meliputi adsorpsi, desorpsi dan regenerasi adsorben, karakterisasi FTIR, aplikasi pada sampel air tanah, serta analisis statistik.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran berdasarkan penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan.