

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air tanah sebagai salah satu sumber utama air bersih dapat mengandung berbagai parameter pencemar, baik fisika, kimia, maupun biologi. Keberadaan logam berat pada air tanah biasanya berkaitan dengan aktivitas antropogenik, seperti limbah industri, pertanian, maupun pembuangan sampah domestik yang dimana menyebabkan pencemaran pada air tanah. Di antara logam berat tersebut, kadmium (Cd) menjadi perhatian khusus karena bersifat beracun, tidak mudah terurai secara alami, dan dapat mengalami bioakumulasi dalam tubuh manusia serta bersifat karsinogenik. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan No. 02 Tahun 2023 tentang kadar maksimum Cd dalam air bersih ditetapkan sebesar 0,003 mg/L dimana Cd termasuk salah satu dari tujuh parameter wajib pemantauan kualitas air. Hasil penelitian Suhermen (2017) menemukan bahwa kadar Cd pada air tanah di daerah Kecamatan Nanggalo, Kota Padang mencapai 0,336 mg/L yang mana tidak memenuhi baku mutu yang ada.

Kadmium (Cd) merupakan salah satu logam berat yang dapat ditemukan dalam berbagai kegiatan industri, di antaranya industri pengolahan daging, pencelupan tekstil, dan produksi minuman ringan. Keberadaan Cd yang mencemari lingkungan dapat memberikan dampak terhadap manusia, hewan, maupun tumbuhan. Pada manusia dan hewan, paparan Cd berpotensi menyebabkan gangguan fungsi paru-paru serta kerusakan hati dan ginjal, bahkan dapat menyebabkan kematian sel, mengganggu sistem reproduksi, dan memengaruhi aktivitas jantung. Sementara itu, keberadaan Cd di dalam tanah dapat menurunkan tingkat kesuburannya. Logam tersebut juga dapat diserap oleh tanaman sehingga berpotensi menghambat proses fotosintesis, pertumbuhan, dan produktivitas tanaman. Dari sisi lingkungan, pencemaran Cd dapat menghambat perkembangan organisme dan mengganggu keseimbangan ekosistem (Najihah & Rachmadiarti, 2023).

Pengolahan air tanah yang terkontaminasi logam berat hingga saat ini masih relatif terbatas, terutama karena beberapa metode pengolahan yang tersedia memerlukan biaya yang tinggi, penggunaan bahan kimia dalam jumlah yang besar, serta

teknologi yang cukup kompleks seperti elektrokoagulasi. Proses penggumpalan dan pengendapan partikel-partikel halus dalam air dengan memanfaatkan energi listrik, yang mempunyai efisiensi tinggi dalam penghilangan kontaminan (Nurdiantika, 2021). Oleh karena itu, diperlukan metode pengolahan yang lebih sederhana, efektif, dan ekonomis untuk menurunkan konsentrasi logam berat dalam air tanah. Teknik adsorpsi menjadi salah satu alternatif yang ekonomis, efisien serta dapat diregenerasi dan ramah lingkungan. Adsorpsi adalah fenomena ketika molekul, ion, atau atom dari suatu zat terakumulasi pada permukaan adsorben (Ifa dkk., 2021). Dalam penerapannya, proses adsorpsi dapat dilakukan melalui dua sistem, yaitu *batch* dan kontinu. Sistem *batch* berlangsung dengan cara mengontakkan adsorben dan adsorbat dalam suatu wadah tanpa adanya aliran masuk maupun keluar selama proses berlangsung. Sementara itu, pada sistem kontinu atau kolom, larutan adsorbat dialirkan secara terus-menerus melewati media adsorben yang berada di dalam kolom (Irawan dkk., 2019). Kinerja adsorpsi dipengaruhi oleh berbagai kondisi, antara lain agitasi, karakteristik adsorben, kelarutan adsorbat, ukuran pori, pH, temperatur, serta waktu kontak. Pemanfaatan biomassa sebagai bahan adsorben menjadi salah satu alternatif yang menarik karena bahan tersebut relatif murah, mudah diperoleh, dan sejalan dengan upaya pemanfaatan limbah pertanian.

Berbagai material yang memiliki kandungan selulosa diketahui berpotensi digunakan sebagai adsorben dalam pengolahan air maupun air limbah. Salah satu sumber biomassa yang dapat dimanfaatkan berasal dari limbah tanaman nanas. Kasmanti dkk. (2024) melaporkan bahwa biomassa daun nanas yang dikarbonisasi pada suhu 550°C mampu menyisihkan kadmium (Cd) sebesar 98,7–98,83% dengan waktu kontak optimum 30 menit. Penelitian Purba (2023) juga menunjukkan bahwa biomassa nanas tanpa aktivasi dengan variasi massa adsorben 0,5–8 g menghasilkan efisiensi penyisihan Cd sebesar 98,65–98,81%. Sementara itu, biomassa nanas yang telah diaktivasi pada rentang massa adsorben yang sama menghasilkan efisiensi penyisihan sebesar 98,65–98,76%.

Kandungan selulosa yang tinggi pada serat mahkota nanas menunjukkan potensinya sebagai sumber selulosa untuk dikembangkan menjadi alternatif adsorben dalam penyisihan Cd. Mahkota nanas berpotensi digunakan untuk mengadsorpsi kontaminan organik maupun anorganik, meskipun kajian mengenai

pemanfaatannya sebagai adsorben masih relatif terbatas (Silalahi, 2022). Potensi tersebut berkaitan dengan keberadaan selulosa sebagai salah satu komponen utama penyusun jaringan tumbuhan. Selain daun, mahkota juga merupakan bagian tanaman nanas yang dapat dimanfaatkan sebagai biomassa. Berdasarkan Trijuniarti (2019), mahkota nanas mengandung selulosa sebesar 69,5–71,5%, lignin 4,4–4,7%, dan pentosan 17,0–17,8%.

Untuk meningkatkan efektivitas adsorben, aktivasi secara fisika dan kimia dapat dilakukan. Aktivasi fisika biasanya melibatkan perlakuan seperti pemanasan pada suhu tinggi, sedangkan aktivasi kimia menggunakan zat kimia seperti KOH, NaOH, HCl, ZnCl₂, dan sebagainya. Karbon dari biomassa nanas yang diaktifkan secara kimia dengan KOH menghasilkan luas permukaan spesifik sangat tinggi dan kemampuan menjerap logam berat meningkat secara signifikan dibandingkan bahan tidak aktif. Dengan demikian, aktivasi fisika dan kimia tidak hanya meningkatkan kinerja adsorben tetapi juga memperpanjang umur pakai adsorben dan memungkinkan pengolahan air tanah dengan biaya lebih rendah jika desain dan metode aktivasi dioptimalkan (Kasmanti, dkk. 2024).

Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari lebih lanjut tentang proses aktivasi serta membandingkan metode aktivasi fisika dan kimia pada serbuk mahkota nanas dalam penyisihan logam Kadmium (Cd) pada air tanah dengan sistem *batch*. Saat ini, penelitian yang berfokus pada aktivasi adsorben mahkota nanas untuk menyisihkan logam Cd dalam air tanah masih terbatas, sehingga penelitian ini menjadi penting untuk memberikan informasi tambahan mengenai kemampuan mahkota nanas sebagai adsorben. Penelitian ini juga diarahkan untuk mendukung konsep pengelolaan lingkungan berkelanjutan dengan memanfaatkan limbah pertanian, khususnya mahkota nanas, sebagai bahan dasar bernilai tambah dalam pengolahan air tercemar. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mendukung pengembangan metode adsorpsi berbasis biomassa lokal yang efektif dan berwawasan lingkungan, serta memiliki peluang untuk dikembangkan dalam penerapan pengolahan air bersih secara lebih luas.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian adalah untuk menguji metode aktivasi fisika dan kimia

untuk meningkatkan kemampuan adsorben serbuk mahkota nanas untuk menyisihkan kadar logam Cd dari air tanah dengan adsorpsi sistem *batch*.

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menentukan kinerja adsorpsi meliputi efisiensi penyisihan Cd dari larutan artifisial dan kapasitas adsorpsi dari adsorben mahkota nanas yang telah diaktivasi secara fisika maupun kimia;
2. Menentukan metode aktivasi fisika dan kimia yang efektif pada adsorben serbuk mahkota nanas dalam proses adsorpsi logam kadmium dari larutan artifisial;
3. Mengaplikasikan jenis adsorben dengan performa terbaik pada adsorpsi Cd dari sampel air tanah asli untuk menilai efektivitasnya dalam kondisi aktual.
4. Mengidentifikasi pengaruh variasi aktivasi fisika dan kimia terhadap karakteristik adsorben mahkota nanas.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan alternatif teknologi pengolahan air tanah untuk mendukung peningkatan kualitas lingkungan.
2. Memanfaatkan limbah pertanian berupa serbuk mahkota nanas sebagai bahan adsorben.
3. Meningkatkan kualitas air tanah melalui penyisihan logam Kadmium (Cd).
4. Mendukung *green technology* di mana memanfaatkan limbah sebagai adsorben untuk pengolahan air tanah.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah:

1. Sampel yang digunakan terdiri dari larutan artifisial untuk percobaan utama dan air tanah asli untuk percobaan aplikasi.
2. Parameter yang dianalisis pada sampel air tanah buatan adalah kandungan Kadmium (Cd), dengan proses pengujian dilakukan menggunakan sistem *batch*.
3. Adsorben mahkota nanas didapatkan dari toko buah di Kota Padang

4. Kondisi percobaan adsorpsi pada sistem *batch* menggunakan kondisi optimum (ukuran partikel 0,25–0,50 mm, dosis 6 g/L, pH 7, konsentrasi adsorbat 0,2 mg/L dan waktu kontak 180 menit).
5. Pengujian dilakukan terhadap dua jenis aktivasi adsorben meliputi aktivasi fisika yaitu pembakaran pada suhu 200°C – 400 °C dan aktivasi kimia dengan penambahan zat HCl, NaOH dan H₂O₂
6. Analisis kadar logam Cd dilakukan menggunakan teknik Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) yang mengacu pada SNI 6989.16-2009.
7. Konsentrasi Cd hasil penelitian dibandingkan berdasarkan standar yang tercantum dalam Peraturan Menteri Kesehatan No. 02 Tahun 2023 mengenai Baku Mutu Kesehatan Lingkungan.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menyajikan berbagai teori yang menjadi landasan penelitian, meliputi pencemaran tanah, keberadaan logam berat pada air tanah, karakteristik kadmium (Cd), prinsip adsorpsi, faktor-faktor yang memengaruhi proses adsorpsi, mekanisme adsorpsi, jenis adsorben, aktivasi secara fisika dan kimia, serta hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan adsorpsi dan aktivasi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memaparkan rangkaian pelaksanaan penelitian, mulai dari tahap penyiapan adsorben dan proses aktivasi secara fisika maupun kimia, pengujian adsorpsi menggunakan larutan artifisial, penerapan adsorben pada sampel air tanah, karakterisasi adsorben, hingga pengolahan data secara statistik.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil yang diperoleh dari percobaan aktivasi dan proses adsorpsi, hasil karakterisasi adsorben, pengujian pada air tanah, serta analisis statistik yang dilakukan terhadap data penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat rangkuman temuan utama penelitian dalam bentuk kesimpulan serta saran yang disusun berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan sebagai bahan pertimbangan untuk penelitian selanjutnya.

