

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan dasar bagi kehidupan manusia, dan air tanah menjadi salah satu sumber air yang banyak dimanfaatkan untuk keperluan domestik maupun industri. Namun, kualitas air tanah dapat menurun akibat pencemaran logam terlarut, salah satunya mangan (Mn), yang berasal dari pelarutan mineral di akuifer (Atmaja dkk., 2025). Berdasarkan Permenkes No. 2 Tahun 2023, kadar maksimum Mn dalam air minum adalah 0,1 mg/L. Konsentrasi Mn pada air tanah di Kampung Kalawi Timur, Ampang, Kota Padang dilaporkan mencapai 1,215 mg/L. Sebagai pembandingan, penelitian ini melakukan survei dan pengambilan sampel di Kecamatan Nanggalo, Kota Padang, dengan hasil analisis menunjukkan konsentrasi Mn sebesar 3,236 mg/L. Nilai tersebut jauh melebihi baku mutu sehingga diperlukan upaya pengolahan untuk menurunkan konsentrasi Mn. Keberadaan logam Mn tidak hanya menurunkan kualitas air melalui pembentukan endapan dan perubahan warna, tetapi juga berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan apabila dikonsumsi dalam jangka panjang (Revisha, 2019).

Menurut Richards & Reynolds (1996), Salah satu metode yang efektif untuk menyisihkan logam berat dari air adalah adsorpsi, yaitu proses penjerapan ion atau molekul pada permukaan adsorben. Menurut Nurohmah dkk. (2019), kemampuan adsorben dipengaruhi oleh luas permukaan, struktur pori, dan gugus fungsi aktif. Oleh karena itu, adsorben umumnya diaktivasi secara fisika maupun kimia untuk meningkatkan jumlah pori dan situs aktif sehingga kapasitas adsorpsinya menjadi lebih baik.

Keunggulan utama adsorpsi adalah adsorben yang telah jenuh masih dapat diregenerasi sehingga dapat digunakan kembali. Regenerasi penting untuk mengembalikan kapasitas adsorpsi, memperpanjang umur pakai adsorben, meningkatkan efisiensi penggunaan biomassa, serta mengurangi biaya operasional dan timbulan limbah. Berdasarkan penelitian Moosavi dkk. (2020), regenerasi bertujuan memulihkan kemampuan adsorben yang telah jenuh agar dapat

digunakan kembali melalui proses desorpsi. Desorpsi dapat dilakukan menggunakan agen asam, basa, maupun akuades (Munfaati, 2021). Penelitian Nurhidayah dkk. (2015) menunjukkan bahwa adsorben biomassa yang diregenerasi tetap mampu mempertahankan kemampuan adsorpsinya, sehingga penggunaan kembali adsorben menjadi alternatif yang menjanjikan.

Penggunaan adsorben berbasis limbah pertanian khususnya mahkota nanas terus berkembang karena mudah diperoleh, ramah lingkungan, dan berbiaya rendah. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2024), produksi nanas di Indonesia mencapai 3.156.576 ton per tahun, sedangkan di Provinsi Sumatera Barat mencapai 235 ton per tahun. Produksi tersebut berpotensi menghasilkan limbah mahkota nanas sekitar 4,7–9,4 ton per tahun. Mahkota nanas mengandung selulosa sekitar 70–80% serta memiliki gugus hidroksil, karboksilat, dan karbonil yang berperan penting dalam proses penjerapan logam (Silalahi, 2022; Octaviani dkk., 2024). Selain itu, adsorben berbasis limbah mahkota nanas juga dilaporkan memiliki kapasitas penyisihan yang tinggi terhadap zat warna organik sehingga berpotensi dikembangkan sebagai adsorben yang murah (*low-cost*) dan berkelanjutan (Cano dkk., 2025). Reyra dkk. (2017) melaporkan efisiensi penyisihan Fe sebesar 76,14%, sedangkan Sibarani dkk. (2022) menunjukkan bahwa adsorben yang diaktivasi pada suhu 400°C menghasilkan efisiensi penyisihan Fe sebesar 99,05% dan Mn sebesar 99,79%, yang menunjukkan bahwa proses aktivasi mampu meningkatkan karakteristik pori dan kapasitas adsorpsi adsorben.

Berdasarkan penelitian Alda (2026) mengenai optimasi adsorben alami, kondisi optimum penyisihan logam Mn menggunakan adsorben serbuk mahkota nanas alami diperoleh pada pH 7, dosis adsorben 0,75 g/L, ukuran partikel 0,85–1,18 mm, kecepatan pengadukan 100 rpm, dan waktu kontak 180 menit menggunakan sistem *batch*. Selanjutnya, penelitian Elvinna (2026) mengenai peningkatan kinerja adsorben melalui proses aktivasi menggunakan kondisi optimum tersebut sebagai dasar pengujian pada adsorben serbuk mahkota nanas teraktivasi menunjukkan bahwa suhu aktivasi 400°C menghasilkan karakteristik adsorben dan kemampuan adsorpsi terbaik. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan kondisi optimum tersebut sebagai dasar pelaksanaan penelitian dan memfokuskan

kajian pada regenerasi adsorben menggunakan sistem *batch*, karena mampu mengendalikan parameter operasi secara seragam serta memudahkan evaluasi perubahan kapasitas adsorpsi pada setiap siklus penggunaan kembali (Patel, 2021).

Penelitian mengenai regenerasi adsorben berbasis mahkota nanas untuk penyisihan logam Mn masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas beberapa agen desorpsi dalam meregenerasi adsorben serbuk mahkota nanas teraktivasi serta mengkaji stabilitas kapasitas adsorpsinya hingga dua kali penggunaan kembali atau tiga siklus adsorpsi. Pengujian ini mengacu pada penelitian Revisha (2019) dan Novita (2024), yang menunjukkan bahwa kemampuan adsorpsi masih relatif stabil hingga siklus ketiga. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan alternatif teknologi pengolahan air tanah yang lebih ekonomis, berkelanjutan, dan mampu memenuhi baku mutu kualitas air sesuai Permenkes No. 2 Tahun 2023.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud dari penelitian ini adalah untuk menguji kemampuan penggunaan kembali adsorben serbuk mahkota nanas yang teraktivasi dalam menyisihkan Mn dari air tanah pada adsorpsi sistem *batch*.

Tujuan penelitian ini antara lain adalah:

1. Mengidentifikasi agen desorpsi terbaik antara HCl, NaOH, dan air deionisasi dalam proses penggunaan kembali adsorben serbuk mahkota nanas teraktivasi untuk menyisihkan logam Mn dari larutan artifisial.
2. Menganalisis kemampuan penggunaan kembali adsorben serbuk mahkota nanas teraktivasi secara fisika dalam menghilangkan logam Mn dari larutan artifisial setelah dilakukan beberapa kali penggunaan ulang (hingga dua siklus) berdasarkan penelitian pada kondisi optimum.
3. Membandingkan efektivitas penggunaan kembali adsorben serbuk mahkota nanas teraktivasi dalam menghilangkan logam Mn dari larutan artifisial dan air tanah asli menggunakan metode adsorpsi sistem *batch*.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah:

1. Memanfaatkan serbuk mahkota nanas sebagai alternatif adsorben ramah lingkungan dalam pengolahan air tanah tercemar logam berat.
2. Memanfaatkan limbah pertanian sebagai alternatif adsorben dalam menyisihkan pencemar dari air tanah sehingga aman untuk dikonsumsi.
3. Mendukung teknologi ramah lingkungan dan ekonomi berkelanjutan dengan memanfaatkan limbah sebagai adsorben serta menggunakannya kembali dalam proses penyisihan.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah meliputi:

1. Percobaan dilakukan dengan sistem *batch* menggunakan larutan artifisial yang mengandung logam Mn pada percobaan utama dan menggunakan sampel air tanah asli pada percobaan aplikasi.
2. Penelitian difokuskan pada penggunaan adsorben dari mahkota nanas hasil dari penelitian sebelumnya yang telah melalui proses aktivasi terbaik yaitu secara fisika dengan suhu pembakaran 400°C .
3. Proses adsorpsi dilakukan pada kondisi optimum yang didapatkan pada penelitian sebelumnya yaitu pH 7, dosis adsorben 0,75 g/L, konsentrasi awal adsorbat 1 mg/L, ukuran partikel adsorben 0,85-1,18 mm, dan waktu kontak 180 menit.
4. Proses adsorpsi dilakukan dalam tiga siklus dengan waktu kontak yang telah ditentukan, serta melibatkan penggunaan kembali (regenerasi) adsorben pada siklus berikutnya.
5. Uji penggunaan kembali adsorben dilakukan melalui tiga siklus adsorpsi dan dua siklus desorpsi.
6. Proses desorpsi dilakukan secara terpisah menggunakan HCl, NaOH, dan Air deionisasi berdasarkan studi literatur guna menentukan agen desorpsi yang paling efektif.
7. Semua percobaan dilakukan sebanyak tiga kali (*triplo*).

8. Analisis pengukuran Mn dilakukan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) nyala sesuai dengan SNI 6989.5-2009.
9. Pengujian statistik menggunakan *One Way* ANOVA untuk menguji apakah terdapat perbedaan signifikan dari efektivitas variasi adsorben asli (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 pencemaran air tanah, kandungan logam Mn, teori adsorpsi dan adsorben, proses aktivasi, desorpsi, dan regenerasi, pemanfaatan limbah mahkota nanas sebagai adsorben, karakterisasi adsorben, metode analisis menggunakan SSA, serta analisis data dengan ANOVA sebagai dasar pendukung 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 disertai pembahasannya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

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