

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Indonesia, air tanah menjadi salah satu sumber utama pemenuhan kebutuhan domestik masyarakat karena ketersediaannya yang berperan penting dalam mendukung berbagai aktivitas kehidupan sehari-hari (Perdhana, 2019). Namun, kualitasnya sering menurun akibat pencemaran logam, terutama besi (Fe), yang banyak ditemukan di berbagai wilayah (Maradona dkk., 2025). Logam Fe merupakan salah satu jenis logam esensial yang dalam jumlah tertentu dibutuhkan oleh makhluk hidup (Joko & Rachmawati, 2016). Hasil penelitian kualitas air tanah di Kota Padang menunjukkan bahwa konsentrasi Fe berkisar 2,0-3,2 mg/L. Berdasarkan penelitian Andryas, (2017), konsentrasi Fe pada air sumur di Kawasan Purus, Kota Padang, tercatat sebesar 3,190 mg/L, dan penelitian Zilfa dkk., (2024) diperoleh konsentrasi Fe sebesar 2,06 mg/L pada air sumur di Kampung Jua Nan XX, Kota Padang. Dari sampling yang dilakukan pada bulan Mei 2026, didapatkan konsentrasi Fe sebesar 0,88 mg/L di Gurun Laweh, Kecamatan Nanggalo, Kota Padang. Nilai tersebut melebihi baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 2 Tahun 2023 sebesar 0,2 mg/L, dimana Fe termasuk salah satu dari 7 parameter logam yang wajib dalam pemantauan kualitas air minum.

Apabila konsentrasi Fe dalam air tanah melampaui baku mutu dan air tersebut dikonsumsi secara berkelanjutan sebagai air minum, kondisi tersebut berpotensi menimbulkan dampak yang merugikan bagi kesehatan manusia (Xia dkk., 2022). Paparan Fe dalam kadar tinggi berpotensi menyebabkan keracunan kronis, hemochromatosis, serta gangguan fungsi hati dan ginjal (S. Zhang & Ren, 2025). Fe yang terakumulasi di lingkungan juga dapat diserap oleh tanaman dan organisme lain sehingga mengganggu keseimbangan ekosistem (Apriyanti & Nyoman, 2018).

Salah satu metode yang digunakan untuk menyisahkan logam dari air adalah adsorpsi, yaitu proses penjerapan adsorbat pada permukaan adsorben sehingga kontaminan dapat dipisahkan dari larutan (Reynolds & Richards, 1996). Dalam penelitian skala laboratorium, adsorpsi umumnya dilakukan menggunakan sistem

batch karena memungkinkan pengendalian kondisi operasi secara lebih mudah serta digunakan untuk mengevaluasi kinerja adsorben, menentukan kondisi optimum, dan memperoleh data yang diperlukan dalam analisis isoterm dan kinetika adsorpsi sebelum diterapkan pada sistem kontinu atau skala yang lebih besar. Kinerja adsorpsi tidak hanya bergantung pada sifat adsorben, tetapi juga dipengaruhi oleh beberapa kondisi operasional, seperti ukuran partikel, dosis adsorben, pH larutan, konsentrasi adsorbat, dan waktu kontak (Wasilewska dkk., 2024). Selain itu, data hasil percobaan *batch* berperan penting dalam menjelaskan mekanisme adsorpsi melalui pemodelan isoterm dan kinetika adsorpsi sehingga interaksi antara adsorben dan adsorbat dapat dipahami dengan lebih baik (Murphy dkk., 2023).

Pemanfaatan limbah pertanian sebagai bahan adsorben merupakan pendekatan berkelanjutan dalam pengolahan air karena ketersediaannya yang melimpah, biaya rendah, serta sifatnya yang ramah lingkungan. Salah satu limbah yang berpotensi digunakan adalah mahkota nanas (*Ananas comosus*). Mahkota nanas merupakan salah satu jenis limbah yang berasal dari buah nanas, selain daun dan kulit buah nanas, yang mengandung selulosa 69,5%-71,5%, hemiselulosa 19,5%, dan lignin 4,4%-4,7% dengan gugus fungsional hidroksil ($-OH$) dan karboksil ($-COOH$) yang mampu berinteraksi dengan ion logam pada proses adsorpsi (Munira dkk., 2022). Kandungan selulosa tersebut lebih tinggi dibandingkan kulit nanas yang mengandung selulosa 42,9%, hemiselulosa 20,7%, dan lignin 9,4%. Kandungan selulosa tersebut menunjukkan potensi keberadaan gugus hidroksil ($-OH$) yang dapat berperan sebagai situs interaksi dengan ion logam. Namun, kemampuan adsorpsi suatu biomassa tidak hanya dipengaruhi oleh kandungan selulosa, tetapi juga oleh karakteristik fisik dan kimia adsorben, seperti luas permukaan, struktur pori, serta aksesibilitas gugus aktif (Nasoha dkk., 2023). Oyewo dkk., (2025) menunjukkan bahwa adsorben mahkota nanas tanpa aktivasi mampu menyisihkan ion Cd pada konsentrasi awal 100 mg/L dengan kapasitas adsorpsi sebesar 52,67 mg/g dan efisiensi penyisihan sebesar 79%. Selain itu, Abd Ghapar dkk., (2020) melaporkan bahwa adsorben dari limbah kulit nanas mampu menyisihkan Fe (III) hingga 55,26% dengan konsentrasi awal 5 mg/L. Dari studi literatur yang telah dilakukan, pemanfaatan mahkota nanas sebagai adsorben sejauh ini baru dikaji

untuk penyisihan zat warna, sementara itu masih terbatas penelitian yang memanfaatkan mahkota nanas untuk penyisihan Fe dari air tanah.

Penelitian ini bertujuan menguji efektivitas serbuk mahkota nanas sebagai adsorben untuk menyisihkan Fe dari air tanah melalui sistem *batch*. Pemanfaatan serbuk mahkota nanas sebagai adsorben menjadi salah satu upaya inovatif dalam mendukung prinsip teknologi hijau, mengingat kandungannya yang kaya akan selulosa, hemiselulosa, dan lignin berpotensi besar dalam menyerap logam seperti Fe (Trijuniarti dkk., 2019). Analisis dilakukan untuk menentukan kondisi optimum dari parameter ukuran partikel adsorben, dosis adsorben, pH adsorbat, konsentrasi adsorbat, serta waktu kontak. Hasil penelitian diharapkan dapat mendukung pengembangan metode pengolahan air tanah yang berkelanjutan sekaligus meningkatkan nilai tambah limbah pertanian.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kinerja adsorben mahkota nanas berbentuk serbuk untuk menyisihkan logam Fe dari air tanah menggunakan sistem adsorpsi *batch*.

Tujuan penelitian ini antara lain adalah:

- 1 Menentukan kondisi optimum proses adsorpsi dengan beberapa variasi yaitu ukuran partikel adsorben, dosis adsorben, pH adsorbat, konsentrasi adsorbat, dan waktu kontak.
- 2 Menghitung efisiensi penyisihan Fe dari larutan artifisial dan kapasitas adsorpsi adsorben serbuk mahkota nanas pada kondisi optimum.
- 3 Menentukan persamaan isoterm dan kinetika adsorpsi yang sesuai dengan proses adsorpsi Fe oleh serbuk mahkota nanas.
- 4 Menguji efektivitas adsorben serbuk mahkota nanas dalam menyisihkan Fe pada sampel air tanah asli.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada berbagai pihak, yaitu:

1. Menjadi teknologi alternatif pengolahan air tanah yang dapat diterapkan dan dikembangkan untuk penelitian lebih lanjut.
2. Menjadi pedoman dalam pemanfaatan limbah pertanian, khususnya limbah mahkota nanas, sebagai adsorben alami yang bernilai guna sehingga dapat meningkatkan nilai tambah limbah biomassa dan mendukung pengembangan material adsorben ramah lingkungan.
3. Menjadi referensi ilmiah dalam upaya penyisihan pencemar Fe pada air tanah, sehingga dapat dijadikan dasar acuan pemenuhan standar kualitas air bersih.
4. Mendukung *green technology* di mana memanfaatkan limbah sebagai adsorben untuk pengolahan air tanah.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian analisis kinerja adsorben serbuk mahkota nanas dalam penyisihan logam besi (Fe) dari air tanah pada sistem *batch* adalah sebagai berikut:

1. Adsorben mahkota nanas didapatkan dari usaha penjualan buah yang ada di Kota Padang.
2. Percobaan optimasi dilakukan menggunakan larutan artifisial Fe dengan metode *one variable at a time* (OVAT), yaitu setiap parameter divariasikan secara bergantian sementara parameter lainnya dijaga tetap, dan kondisi optimum pada setiap tahap digunakan sebagai acuan pada tahap optimasi berikutnya.
3. Menggunakan sampel air tanah di Gurun Laweh No 1a, Gunung Laweh, Kecamatan Nanggalo, Kota Padang pada percobaan aplikasi.
4. Analisis kesesuaian model isoterm dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan dua pendekatan, yaitu model isoterm Freundlich dan Langmuir.
5. Kinetika adsorpsi yang diuji meliputi: orde nol, orde satu, orde dua, *pseudo-first-order*, dan *pseudo-second-order* untuk menentukan mekanisme serta laju penjerapan ion Fe oleh serbuk mahkota nanas terhadap waktu.
6. Analisis konsentrasi Fe Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Mengacu pada SNI 6989.4:2009.
7. Karakterisasi adsorben dilakukan untuk mengidentifikasi morfologi permukaan, komposisi unsur, serta gugus fungsi yang terdapat pada material. Analisis

tersebut menggunakan metode Scanning Electron Microscopy–Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDX) dan Fourier Transform Infrared (FTIR).

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memuat uraian mengenai latar belakang penelitian, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan skripsi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memaparkan berbagai konsep teoretis yang menjadi acuan dalam penelitian, meliputi pembahasan mengenai mahkota nanas, air tanah, penyisihan logam Fe, mekanisme adsorpsi, model isoterm dan kinetika adsorpsi, serta teori pendukung lainnya yang berkaitan dengan topik penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menyajikan uraian mengenai tahapan penelitian yang dilaksanakan, meliputi studi literatur, persiapan percobaan yang terdiri atas alat dan bahan, metode pengambilan sampel, metode analisis laboratorium, serta penjelasan mengenai lokasi dan waktu penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil penelitian yang diperoleh beserta pembahasan yang menguraikan dan menginterpretasikan temuan penelitian.

BAB V PENUTUP

Bab ini memuat kesimpulan yang dirumuskan berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dipaparkan pada bab sebelumnya, serta saran yang diharapkan dapat menjadi acuan dalam penelitian selanjutnya maupun penerapan hasil penelitian.