

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air tanah memiliki peran penting dalam daya dukung lingkungan, yaitu sebagai sumber air, terutama di daerah yang memiliki ketersediaan air permukaan yang terbatas (Setiawan dkk., 2023). Masalah umum yang ditemukan pada air tanah dari sumur gali dangkal (kedalaman 0–15 m) adalah tingginya kandungan zat besi (Fe) dan mangan (Mn). Kadar Mn yang melebihi batas baku mutu di air dapat menyebabkan dampak neurotoksik, terutama pada anak-anak, khususnya jika konsentrasinya dalam air minum melebihi 100 µg/L (Kousa dkk., 2021). Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi Mn dalam air tanah di Kampung Kalawi, Kota Padang sebesar 1,215 mg/L (1.215 µg/L) (Revisha, 2019). Berdasarkan penelitian Febrina & Ayuna, (2015) menunjukkan kadar Mn sumur gali 0-5,26 mg/L di Kelurahan Mekarsari, Kota Bekasi. Dari hasil sampling yang dilakukan pada bulan Mei 2026, didapatkan konsentrasi Mn sebesar 2,93 mg/L di Gurun Laweh, Kecamatan Nanggalo, Kota Padang. Nilai tersebut melampaui baku mutu Mn dalam air minum, yaitu 0,1 mg/L sesuai Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2023 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, logam Mn merupakan salah satu dari tujuh parameter logam yang wajib dipantau.

Metode yang dapat digunakan dalam menyisihkan logam dari air tanah yaitu presipitasi, filtrasi membran, dan elektrokoagulasi, namun metode-metode tersebut membutuhkan biaya operasional yang cukup besar, sehingga dianggap kurang efektif. Metode hemat biaya yang dianggap menguntungkan untuk menghilangkan logam berat adalah adsorpsi (Shafira dkk., 2023). Adsorpsi adalah proses zat padat (adsorben) menarik dan menahan molekul dari fluida (zat terlarut atau gas) pada permukaannya melalui gaya fisika dan kimia, sehingga zat terlarut (adsorbat) terakumulasi pada permukaan adsorben (Reynolds & Richards, 1996). Adsorpsi dapat dioperasikan melalui dua metode utama, yakni *batch* dan kolom. Sistem *batch* biasanya dijadikan tahap awal untuk memahami kinetika dan kapasitas adsorben, dan data adsorpsi *batch* (kinetika dan isoterm) kemudian digunakan sebagai dasar perancangan sistem pengolahan yang beroperasi secara kontinu hingga skala

lapangan (Abdul dkk., 2022). Kinerja penyisihan polutan dievaluasi melalui model isoterm Langmuir dan Freundlich untuk mengukur kapasitas maksimum penjerapan, serta analisis kinetika untuk menentukan waktu kontak yang paling optimal (Tchobanoglous dkk., 2014).

Salah satu bahan yang dapat dijadikan adsorben adalah limbah pertanian. Berdasarkan penelitian Rudi, dkk (2020) tentang perkembangan proses adsorpsi untuk menghilangkan logam Mn dari air menggunakan limbah pertanian, didapatkan bahwa efisiensi penyisihan adsorpsi Mn pada berbagai limbah pertanian seperti sekam padi, kulit kacang, ampas tebu, kulit pisang dan kulit kentang dapat mencapai lebih dari 80% (Rudi dkk. 2020). Penelitian Abo-Elmagh dkk. (2019) tentang penyisihan Mn dan besi menggunakan limbah pertanian sekam padi dan jerami sebagai adsorben alami tanpa aktivasi untuk menghilangkan Mn dari air tanah. Sekam padi menunjukkan efisiensi penghilangan Mn hingga 96% pada laju filtrasi rendah, dengan waktu saturasi hingga 52 jam pada konsentrasi awal 2 mg/L, sementara jerami mencapai 93.5% (Abo-elmagd dkk. 2019).

Mahkota nanas merupakan salah satu limbah pertanian yang berpotensi sebagai adsorben karena mengandung selulosa (69,5-71,5%), lignin (4,4-4,7%), pentosan (17,0-17,8%), abu (0,71-0,87%), serta zat lain seperti protein (4,5-5,3%) yang menyediakan gugus aktif untuk proses adsorpsi (Munira dkk. 2022). Sebagai perbandingan, kandungan selulosa pada daun nanas sekitar 41,15% hingga 43,53% (Fazliyana dkk. 2021). Sedangkan, kulit nanas mengandung selulosa berkisar antara 40,55% hingga 42,9%, sedangkan inti nanas memiliki kadar selulosa terendah sebesar 24,53%, kandungan ini lebih rendah dari selulosa pada mahkota nanas (Nasoha dkk. 2023 ; López dkk. 2014). Selain dari jenis adsorben, luas permukaan, pH larutan, konsentrasi, dan waktu kontak juga mempengaruhi terjadinya proses adsorpsi (Syauqiah dkk. 2011). Penelitian Hafidz dkk. (2020) mengenai adsorpsi logam berat menggunakan limbah kulit nanas teraktivasi menunjukkan efisiensi penyisihan yang jauh lebih tinggi, dengan capaian maksimal sebesar 98,44% (Cd), 88,35% (Cr), dan 93,65% (Pb), serta kapasitas adsorpsi maksimum Cd sebesar 1,91 mg/g (Hafidz dkk. 2020).

Dari studi literatur yang dilakukan, penelitian tentang pemanfaatan mahkota nanas sebagai adsorben untuk menyisihkan Mn dari air atau air limbah masih terbatas. Penelitian ini bertujuan menguji efektivitas serbuk mahkota nanas dalam menyisihkan logam Mn dari air tanah melalui sistem *batch*. Proses optimasi dilakukan secara lebih menyeluruh dengan melakukan variasi terhadap ukuran partikel adsorben, dosis adsorben, pH larutan adsorbat, konsentrasi adsorbat, serta lama waktu kontak selama proses adsorpsi berlangsung. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kemampuan adsorpsi limbah pertanian berupa mahkota nanas yang mendukung pengembangan teknologi hijau dalam pengolahan air tanah yang lebih ramah lingkungan. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengelolaan limbah serta peningkatan nilai tambah limbah pertanian.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menguji kemampuan adsorpsi limbah pertanian yaitu mahkota nanas untuk penyisihan Mn dari air tanah pada adsorpsi sistem *batch*.

Tujuan penelitian ini antara lain adalah:

1. Menentukan kondisi optimum pada proses adsorpsi dengan menggunakan serbuk mahkota nanas sebagai bahan adsorben, yang mencakup faktor-faktor seperti ukuran partikel adsorben, dosis adsorben, pH adsorbat, konsentrasi adsorbat serta waktu kontak pada proses adsorpsi.
2. Menentukan kinerja adsorpsi meliputi efisiensi penyisihan Mn dari larutan artifisial maupun kapasitas adsorpsi dari adsorben serbuk mahkota nanas pada kondisi optimum.
3. Menganalisis model persamaan isoterm dan kinetika adsorpsi yang paling tepat untuk menggambarkan proses penjerapan logam Mn menggunakan serbuk dari mahkota nanas.
4. Menguji kemampuan adsorben serbuk mahkota nanas dalam menyisihkan Mn pada sampel air tanah asli.

1.3 Manfaat Penelitian

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

1. Memanfaatkan limbah pertanian berupa mahkota nanas untuk pengolahan air tanah, sebagai panduan untuk penelitian lanjutan agar dapat diterapkan untuk penelitian lebih lanjut.
2. Memanfaatkan limbah pertanian sebagai alternatif adsorben.
3. Perbaikan mutu air tanah masyarakat melalui pengurangan kandungan Mn sebagai zat pencemar.
4. Mendukung *green technology* dengan memanfaatkan limbah organik lokal sebagai material penjerap yang minim penggunaan bahan kimia sintetis, rendah energi dalam proses pembuatannya sebagai adsorben untuk pengolahan air tanah.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian pemanfaatan mahkota nanas sebagai adsorben untuk menyisihkan logam Mn dari air tanah adalah sebagai berikut:

1. Adsorben yang digunakan adalah mahkota nanas yang diperoleh dari limbah toko buah nanas di Kota Padang.
2. Percobaan dilakukan dengan prosedur *batch* menggunakan larutan artifisial pada penelitian optimasi dan sampel air tanah asli pada percobaan aplikasi.
3. Percobaan dilakukan sebanyak tiga kali (triplo).
4. Persamaan isoterm diuji kesesuaiannya yaitu Freundlich dan Langmuir.
5. Kinetika adsorpsi yang diuji meliputi model orde nol, orde satu, orde dua, *Pseudo First-Order* dan *Pseudo Second-Order*.
6. Analisis statistik menggunakan uji ANOVA untuk membandingkan efisiensi penyisihan dan kapasitas adsorpsi mahkota nanas pada sampel pH air tanah optimum, pH air tanah asli, dan larutan artifisial.
7. Analisis karakteristik adsorben dilakukan dengan menggunakan metode *Scanning Electron Microscope* dan *Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX), serta *Fourier Transform Infrared* (FTIR).

8. Metode analisis konsentrasi Mn menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) sesuai SNI 6989-84: 2019 tentang cara uji kadar logam terlarut dan logam total secara Spektrometri Serapan Atom (SSA).

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan dasar teoritis dan kajian ilmiah yang melandasi penelitian, meliputi air tanah, logam Mn, adsorben serbuk mahkota nanas, sistem adsorpsi, karakterisasi, serta penelitian terdahulu.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan tahapan pelaksanaan penelitian yang meliputi studi literatur, persiapan alat dan bahan, metode sampling dan analisis laboratorium, serta 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.