

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air tanah merupakan salah satu sumber air bersih yang banyak dimanfaatkan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan domestik. Selama proses infiltrasi dan pergerakannya di bawah permukaan, air tanah berinteraksi dengan tanah dan batuan penyusun akuifer sehingga karakteristik kimianya dipengaruhi oleh mineral yang terlarut dari material geologi tersebut (Kozyatnyk, 2016). Selain proses alami, kualitas air tanah juga dapat mengalami perubahan akibat aktivitas manusia, seperti perubahan tata guna lahan, kegiatan industri dan pertanian, serta pembuangan limbah yang tidak dikelola dengan baik (Fadillah & Mulia, 2022). Kondisi tersebut dapat meningkatkan kandungan logam terlarut dalam air tanah, salah satunya besi (Fe).

Besi secara alami terdapat dalam tanah dan batuan serta dapat masuk ke dalam air tanah melalui pelarutan mineral yang mengandung Fe. Dalam sistem perairan, Fe dapat berada dalam bentuk Fe(II) maupun Fe(III), bergantung pada kondisi kimia lingkungan. Fe(II) cenderung mengalami oksidasi menjadi Fe(III), sedangkan Fe(III) dapat mengalami hidrolisis dan membentuk spesies hidroksi serta hidroksida atau oksihidroksida yang sukar larut (Brown & Ekberg, 2016). Keberadaan Fe dalam air tanah dipengaruhi oleh pH, kondisi oksidasi-reduksi, dan komposisi kimia air.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023, kadar maksimum Fe dalam air minum adalah 0,2 mg/L. Namun, beberapa penelitian menunjukkan bahwa kandungan Fe pada air tanah di Kota Padang masih melebihi nilai tersebut. Andryas (2017) melaporkan konsentrasi Fe sebesar 3,190 mg/L pada air sumur di Purus, sedangkan Zilfa dkk. (2024) memperoleh konsentrasi sebesar 2,06 mg/L pada air sumur di Kelurahan Kampuang Jua Nan XX, Kecamatan Lubuk Begalung. Kadar Fe yang tinggi dapat menurunkan kualitas air melalui perubahan warna dan kekeruhan, timbulnya rasa logam, serta pembentukan noda dan kerak. Selain itu, akumulasi Fe dapat menyebabkan penyumbatan pipa dan mendukung pertumbuhan bakteri besi sehingga diperlukan upaya pengolahan untuk menurunkan konsentrasinya (Rusydi dkk., 2021).

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menyisihkan Fe dari air adalah adsorpsi, yaitu proses perpindahan zat terlarut dari fase cair menuju permukaan adsorben padat melalui interaksi antara adsorbat dan adsorben (Dichiara dkk., 2015). Metode adsorpsi relatif sederhana dan dapat menggunakan berbagai jenis adsorben, baik alami, sintetis, maupun material yang telah dimodifikasi (Satyam & Patra, 2024). Berdasarkan cara pengoperasiannya, adsorpsi dapat dilakukan menggunakan sistem batch dan sistem kontinu. Pada sistem batch, adsorben dikontakkan dengan larutan dalam volume tertentu, sedangkan pada sistem kontinu larutan dialirkan melalui media adsorben yang ditempatkan dalam kolom (Dichiara dkk., 2015). Sistem batch umumnya digunakan untuk mengevaluasi kemampuan adsorben dan pengaruh kondisi operasi, sedangkan sistem kontinu digunakan untuk menilai kinerja adsorben pada kondisi aliran melalui kolom (Patel, 2021).

Keberhasilan proses adsorpsi dipengaruhi oleh karakteristik adsorben. Morfologi permukaan dan keterbukaan pori memengaruhi kemudahan adsorbat mencapai situs adsorpsi, sedangkan komposisi unsur, gugus fungsi, dan muatan permukaan menentukan jenis serta kekuatan interaksi antara adsorben dan ion logam (Satyam & Patra, 2024). Salah satu material yang berpotensi dikembangkan sebagai adsorben adalah biomassa lignoselulosa dari limbah pertanian yang tersusun atas selulosa, hemiselulosa, dan lignin serta mengandung gugus fungsi beroksigen. Potensi tersebut telah ditunjukkan oleh beberapa penelitian, di antaranya Thom dan Thom (2024) yang melaporkan kapasitas adsorpsi maksimum Fe sebesar 15,57 mg/g pada ampas tebu termodifikasi serta Shaibur dkk. (2025) yang memperoleh efisiensi penyisihan Fe sebesar 96,31% menggunakan arang kulit pisang.

Potensi tersebut membuka peluang pemanfaatan limbah tanaman nanas (*Ananas comosus*) sebagai adsorben. Limbah hasil budidaya dan pengolahan nanas, seperti daun, kulit, ampas, batang, dan mahkota, mengandung selulosa, hemiselulosa, lignin, serta gugus fungsi permukaan yang berpotensi digunakan dalam pengolahan air (Tran, 2023). Octaviani dkk. (2024) melaporkan bahwa biosorben daun nanas yang diaktivasi menggunakan HCl memiliki kapasitas adsorpsi Fe sebesar 7,18 mg/g, sedangkan Abd Ghapar dkk. (2024) menunjukkan bahwa karbon aktif kulit nanas yang diaktivasi menggunakan $ZnCl_2$ mampu menyisihkan Fe dengan

efisiensi hingga 99,24%. Temuan tersebut menunjukkan bahwa berbagai bagian tanaman nanas memiliki potensi sebagai bioadsorben untuk penyisihan logam Fe.

Di antara berbagai bagian limbah nanas tersebut, mahkota nanas masih terbatas pemanfaatannya dan umumnya dibuang sebagai limbah organik. Yuliusman dkk. (2018) melaporkan bahwa mahkota nanas mengandung α -selulosa sebesar 69,5–71,5%, pentosan sebesar 17,0–17,8%, dan lignin sebesar 4,4–4,7%. Kandungan lignoselulosa tersebut menunjukkan bahwa mahkota nanas berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku adsorben karena memiliki gugus fungsi yang dapat berperan dalam interaksi dengan ion logam. Selain itu, perlakuan aktivasi berpotensi memodifikasi karakteristik permukaan adsorben sehingga dapat memengaruhi kinerjanya dalam proses adsorpsi.

Meskipun daun dan kulit nanas telah dikaji sebagai adsorben Fe, pemanfaatan mahkota nanas serta kajian mengenai pengaruh aktivasi terhadap karakteristik dan kinerjanya masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh aktivasi fisika dan kimia terhadap karakteristik serta kinerja adsorben serbuk mahkota nanas dalam menyisihkan logam besi (Fe) dari air tanah menggunakan sistem adsorpsi batch. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai metode aktivasi yang efektif serta mendukung pemanfaatan limbah pertanian sebagai material adsorben untuk pengolahan air yang sederhana, berbiaya rendah, dan berkelanjutan.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh metode aktivasi fisika dan kimia terhadap karakteristik dan kinerja adsorben berbasis serbuk mahkota nanas dalam menyisihkan logam besi (Fe) dari air tanah melalui proses adsorpsi sistem *batch*.

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis karakteristik adsorben serbuk mahkota nanas yang telah diaktivasi secara fisika dan kimia.
2. Menganalisis pengaruh variasi aktivasi terhadap kinerja adsorpsi meliputi efisiensi penyisihan Fe dari larutan artifisial dan kapasitas adsorpsi adsorben serbuk mahkota nanas.

3. Menentukan metode aktivasi terbaik dengan meninjau kinerja adsorben serbuk mahkota nanas terhadap penyisihan Fe.
4. Menentukan efektivitas adsorben dengan metode aktivasi terbaik dalam menyisihkan Fe pada sampel air tanah asli.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi ilmiah mengenai potensi pemanfaatan mahkota nanas sebagai adsorben dalam menurunkan kadar logam besi (Fe) pada air tanah dengan skala laboratorium.
2. Memberikan alternatif pemanfaatan limbah pertanian berupa mahkota nanas sebagai bahan baku adsorben berbasis biomassa dan bernilai guna.
3. Mendukung pengembangan awal konsep *green technology* melalui pemanfaatan biomassa sebagai material penjerap logam pada skala laboratorium.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah:

1. Adsorben yang digunakan berasal dari mahkota nanas yang diperoleh dari pedagang buah di Kota Padang. Penelitian ini tidak mempertimbangkan perbedaan jenis atau varietas nanas sehingga seluruh sampel mahkota nanas digunakan sebagai bahan baku adsorben tanpa dilakukan pengelompokan berdasarkan varietas.
2. Metode aktivasi adsorben yang diterapkan dalam penelitian ini meliputi:
 - a. Aktivasi fisika, yang dilakukan melalui perlakuan termal (pemanasan) pada variasi suhu tertentu yakni 200°C, 300°C, dan 400°C.
 - b. Aktivasi kimia, yang dilakukan menggunakan bahan kimia tertentu yakni HCl 2%, NaOH 2%, dan H₂O₂ 2%.
 - c. Kombinasi aktivasi fisika dan kimia, yang dilakukan pada adsorben menggunakan metode aktivasi fisika terbaik dan metode aktivasi kimia terbaik.

3. Karakteristik adsorben dianalisis menggunakan *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (SEM-EDX) untuk mengamati perubahan morfologi permukaan dan komposisi unsur adsorben, serta *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) untuk mengidentifikasi perubahan gugus fungsi pada permukaan adsorben sebelum dan sesudah proses aktivasi.
4. Sampel air yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas larutan artifisial pada percobaan utama dan air tanah asli pada percobaan aplikasi.
5. Parameter yang dianalisis pada sampel larutan artifisial dan air tanah adalah logam besi (Fe), dengan proses pengujian dilakukan menggunakan sistem *batch*.
6. Percobaan adsorpsi dilakukan menggunakan sistem *batch* pada skala laboratorium menggunakan kondisi optimum yang mengacu pada hasil penelitian Azzahra (2026), yaitu ukuran partikel 0,5-0,8 mm, dosis adsorben 3 g/L, pH 3, waktu kontak 180 menit, serta larutan artifisial Fe dengan konsentrasi awal 1 mg/L.
7. Pengujian dilakukan terhadap adsorben serbuk mahkota nanas yang diaktivasi dengan dua metode berbeda, dan setiap percobaan dilakukan sebanyak tiga kali (triplo) untuk menjamin konsistensi serta keakuratan hasil.
8. Pengukuran konsentrasi logam besi (Fe) pada sampel dilakukan menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) yang mengacu pada SNI 6989.4:2009.
9. Hasil analisis kemudian dibandingkan dengan baku mutu yang tercantum dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang air tanah, parameter logam besi (Fe), aktivasi adsorben, adsorben serbuk mahkota nanas, penelitian terdahulu tentang adsorben serbuk mahkota nanas, dan teori-teori pendukung lainnya 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 berisi hasil penelitian disertai pembahasannya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

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

