

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air tanah menjadi sumber utama bagi kebutuhan sehari-hari masyarakat di Indonesia, terutama di wilayah yang belum terlayani jaringan air perpipaan karena lokasi terpencil atau infrastruktur terbatas. Namun, kualitasnya terancam oleh pencemaran logam berat, khususnya timbal (Pb), yang berasal dari aktivitas seperti pembuangan limbah padat (*fly ash* dan *bottom ash*), limbah domestik, dan infiltrasi limbah dari tempat pembuangan terbuka. Tingginya kadar timbal (Pb) di lingkungan juga disebabkan oleh aktivitas antropogenik yang terus meningkat, seperti kegiatan pertambangan, industri peleburan logam, manufaktur baterai, pelapisan logam (*electroplating*), industri cat dan pigmen, pembakaran bahan bakar, serta pembuangan limbah industri yang tidak dikelola dengan baik. Logam Pb yang terlepas ke lingkungan dapat terakumulasi di tanah dan terbawa melalui proses limpasan maupun infiltrasi hingga mencemari air tanah (Jaishankar dkk., 2014). Harian, dkk (2025) melaporkan bahwa di sekitar area penimbunan *fly ash* dan *bottom ash* (FABA) di Kota Sawahlunto, kandungan Pb di air tanah mencapai 0,144 mg/L, jauh melebihi ambang batas maksimum 0,01 mg/L sebagaimana diatur dalam Permenkes Nomor 2 Tahun 2023. Penelitian di Palembang oleh Mariadi dan Kurniawan (2023) menunjukkan bahwa kadar Pb dalam air tanah mencapai 0,37 mg/L, jauh melebihi ambang batas aman dan berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan seperti kerusakan saraf, ginjal, anemia, dan kanker. Menurut Permenkes Nomor 2 Tahun 2023, Pb termasuk ke dalam tujuh parameter wajib pemantauan kualitas air minum. Pemantauan sangat diperlukan karena kadar Pb yang tinggi dalam air dapat menyebabkan dampak kesehatan.

Berbagai teknik telah dikembangkan untuk menurunkan kandungan logam berat, seperti presipitasi kimia, pertukaran ion, filtrasi membran, dan elektrolisis. Presipitasi kimia bekerja dengan mengubah ion logam menjadi endapan yang tidak larut melalui penambahan pereaksi kimia, sedangkan pertukaran ion memanfaatkan resin untuk menukar ion logam dengan ion lain. Filtrasi membran memisahkan logam menggunakan membran berpori sangat kecil, sementara elektrolisis

memanfaatkan arus listrik untuk mengendapkan atau menghilangkan ion logam dari larutan. Meskipun metode-metode tersebut efektif, penerapannya umumnya memerlukan biaya operasional yang tinggi, konsumsi energi yang besar, serta berpotensi menghasilkan limbah sekunder. Alternatif yang lebih efisien dan ramah lingkungan adalah proses adsorpsi, yaitu penjerapan ion atau molekul (adsorbat) pada permukaan padatan (adsorben) melalui gaya fisika atau kimia. Adsorpsi dapat dilakukan dengan sistem *batch* atau kolom. Sistem *batch* banyak digunakan dalam penelitian karena mudah dikontrol, sementara sistem kolom lebih efisien untuk skala industri (Foo & Hameed, 2019). Efektivitas proses adsorpsi sangat dipengaruhi oleh karakteristik adsorben, seperti luas permukaan, ukuran pori, dan gugus fungsi aktif.

Pemanfaatan limbah pertanian sebagai bahan adsorben mendukung konsep *green technology*. Salah satu bahan potensial adalah mahkota nanas (*Ananas comosus*), bagian atas buah nanas yang biasanya dibuang sebagai limbah. Mahkota nanas kaya akan lignoselulosa yang terdiri dari selulosa (51,2%), hemiselulosa (13,3%), dan lignin (13,4%), yang mampu mengikat ion logam berat. Mahkota nanas berpotensi sebagai adsorben logam berat seperti Pb setelah melalui proses aktivasi kimia atau fisika. Gugus hidroksil dan karboksil pada struktur lignoselulosa mahkota nanas berperan penting dalam mekanisme adsorpsi melalui pertukaran ion dan pembentukan kompleks logam, dengan efisiensi penyisihan dapat mencapai lebih dari 90% pada kondisi optimum (Fouda-Mbanga & Tywabi-Ngeva, 2022). Studi oleh Hidayat dkk. (2025) membuktikan efektivitas arang aktif mahkota nanas teraktivasi kitosan dalam menyisihkan logam timbal (Pb) hingga 93,64%. Dengan kapasitas adsorpsi sebesar 15,17 mg/g pada kondisi pH 4 dan waktu kontak 60 menit, material berbasis biomassa ini menunjukkan prospek yang menjanjikan sebagai alternatif adsorben ramah lingkungan untuk pengolahan air.

Untuk meningkatkan efektivitas bahan alami seperti limbah pertanian sebagai adsorben, diperlukan proses aktivasi yang dapat memperluas pori-pori dan meningkatkan area permukaan aktif. Aktivasi dapat dilakukan secara fisika (misalnya melalui pembakaran atau karbonisasi) maupun kimia (perendaman menggunakan agen seperti HCl, ZnCl₂, KOH, H₂O₂ atau NaOH). Penelitian oleh Rusli dkk. (2025) menunjukkan bahwa aktivasi kimia dengan HCl pada biomassa

nanas meningkatkan kapasitas adsorpsi Pb(II). Sementara itu, penelitian oleh Wang dkk. (2023) terhadap limbah pertanian juga membuktikan bahwa kombinasi aktivasi fisika dan kimia dapat menghasilkan peningkatan efisiensi penyisihan logam berat hingga lebih dari 90%. Proses aktivasi tidak hanya meningkatkan efektivitas adsorpsi, tetapi juga memperpanjang umur adsorben dan menurunkan biaya operasional pada proses pengolahan air skala besar.

Berdasarkan uraian tersebut, untuk memperluas informasi mengenai metode aktivasi mahkota nanas serta melengkapi literatur terkait potensinya sebagai adsorben, penelitian ini mengkaji peningkatan kinerja serbuk mahkota nanas melalui aktivasi fisika dan kimia dalam penyisihan Pb dari air tanah. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah terhadap pengembangan teknologi pengolahan air tanah yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, sekaligus mendorong pemanfaatan limbah pertanian sebagai bahan bernilai guna tinggi, sejalan dengan prinsip teknologi hijau dan pengelolaan sumber daya berkelanjutan.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menguji kinerja adsorben serbuk mahkota nanas yang telah diaktivasi secara fisika dan kimia dalam menyisihkan kadar logam timbal (Pb) pada air tanah melalui sistem adsorpsi *batch*. Tujuan penelitian ini meliputi:

1. Mengevaluasi kinerja adsorpsi meliputi efisiensi penyisihan Pb dari larutan artifisial dan kapasitas adsorpsi dari adsorben serbuk mahkota nanas yang telah diaktivasi secara fisika dan kimia.
2. Menentukan metode aktivasi terbaik berdasarkan kinerja adsorpsi adsorben serbuk mahkota nanas dalam menyisihkan Pb.
3. Menguji efektivitas adsorben serbuk mahkota nanas dengan aktivasi terbaik dalam menyisihkan Pb pada sampel air tanah asli.
4. Menganalisis pengaruh variasi aktivasi fisika dan kimia terhadap karakteristik adsorben serbuk mahkota nanas.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Memberikan alternatif metode pengolahan yang sederhana untuk diterapkan dalam penyisihan timbal (Pb) pada air tanah sebagai upaya meningkatkan kualitas lingkungan.
2. Mengoptimalkan pemanfaatan limbah pertanian berupa mahkota nanas sebagai adsorben untuk menyisihkan timbal (Pb) dari air tanah sehingga hasilnya dapat dimanfaatkan oleh masyarakat.
3. Meningkatkan kualitas air tanah dengan menurunkan kandungan logam timbal (Pb).

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah:

1. Sampel yang digunakan berasal dari larutan artifisial pada percobaan utama dan air tanah asli pada percobaan aplikasi.
2. Parameter yang diuji pada sampel larutan artifisial adalah timbal (Pb). Pengujian dilakukan dengan sistem *batch*.
3. Mahkota nanas yang digunakan didapat dari pedagang buah di Kota Padang.
4. Kondisi percobaan adsorpsi sistem *batch* yang digunakan adalah kondisi optimum yang didapatkan dari penelitian sebelumnya, yaitu konsentrasi awal 1 mg/L, pH larutan 6, waktu kontak 120 menit, dosis adsorben 0,15 g/L, dan ukuran partikel 0,075-0,25 mm.
5. Aktivasi yang dilakukan meliputi aktivasi fisika yaitu pembakaran menggunakan *furnace* dengan variasi suhu 200°C, 300°C, 400°C serta aktivasi kimia meliputi perendaman menggunakan beberapa jenis aktivator, yaitu HCl 2%, NaOH 2%, dan H₂O₂ 2%.
6. Analisis konsentrasi sampel dilakukan dengan metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) yang mengacu pada SNI 6989.8:2009.
7. Konsentrasi Pb pada penelitian ini dibandingkan dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 02 Tahun 2023 Tentang Kesehatan Lingkungan.

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 membahas teori-teori mengenai pencemaran air tanah, kandungan logam berat dalam air tanah, parameter timbal (Pb), proses adsorpsi, faktor yang memengaruhi adsorpsi, mekanisme adsorpsi, adsorben, aktivasi fisika dan kimia serta penelitian terkait adsorpsi dan aktivasi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tahapan penelitian yang dilakukan, *sampling*, metode analisis di 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.