

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Air merupakan salah satu unsur tak hidup yang vital bagi kelangsungan hidup seluruh makhluk hidup di bumi. Air tanah merupakan salah satu sumber air yang umum dimanfaatkan oleh masyarakat. Sekitar 46% masyarakat Indonesia menggunakan air tanah sebagai sumber utama kebutuhan airnya (Zaidi dkk., 2025). Menurut Peraturan Pemerintah No. 43 Tahun 2008 tentang Air Tanah, air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah. Air tanah memiliki beberapa keunggulan dibandingkan sumber air lainnya. Kualitas air tanah umumnya lebih baik dan tidak bergantung pada kondisi air permukaan. Pada musim kemarau, ketersediaan air tanah tetap relatif stabil dan mudah diakses. Namun demikian, laju pertumbuhan penduduk serta peningkatan aktivitas industri telah memberikan dampak terhadap penurunan kualitas maupun kuantitas air tanah (Putra dkk., 2020).

Kualitas air tanah menurun akibat kontaminasi alami, limbah industri, dan limbah dari tempat pembuangan sampah. Salah satu kontaminan alami adalah logam berat seperti besi (Fe) yang dapat menyebabkan air menjadi keruh, menimbulkan korosi, dan meningkatkan kesadahan (Surianti dkk., 2024). Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023, batas maksimum kandungan Fe dalam air hygiene adalah 0,2 mg/L. Pada penelitian (Prayogi dkk., 2016) menyebutkan nilai tipikal derajat keasaman dan konsentrasi Fe pada air tanah di Indonesia yakni pH sekitar 4,95 – 8,27 dan kadar ion Fe pada air tanah sekitar 0,00 – 6,31 mg/L. Hasil studi pendahuluan menunjukkan bahwa contoh air tanah yang diambil dari sumur di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, mengandung konsentrasi Fe sebesar 0,48 mg/L. Kadar ini melebihi batas yang ditetapkan dan berisiko menimbulkan gangguan kesehatan, seperti lemas, batuk, sesak napas, *bronkopneumonia*, edema paru, sianosis, dan *methemoglobinemia* (Sunarsih dkk., 2018).

Berbagai teknologi telah diterapkan untuk menurunkan kadar besi (Fe) dalam air tanah, terutama di Indonesia, antara lain aerasi, filtrasi, koagulasi-flokulasi, dan pertukaran ion. Masing-masing metode bekerja berdasarkan prinsip yang berbeda, seperti oksidasi Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} yang kemudian mengendap (aerasi), atau penyerapan ion menggunakan media tertentu (pertukaran ion). Namun, beberapa metode tersebut memiliki keterbatasan, seperti kebutuhan bahan kimia tambahan, biaya operasional tinggi, serta potensi menghasilkan residu lumpur. Salah satu teknologi yang semakin populer adalah adsorpsi, yaitu proses penyerapan ion logam oleh permukaan padatan (adsorben). Adsorpsi dipilih karena prosesnya relatif sederhana, tidak membutuhkan bahan kimia berbahaya, ekonomis, serta efektif dalam menghilangkan logam berat bahkan pada konsentrasi rendah (Noviyanti dkk., 2022).

Salah satu material yang berpotensi dimanfaatkan sebagai adsorben dalam proses pengolahan air adalah sampah plastik. Pemilihan sampah plastik sebagai bahan dasar adsorben didasari oleh fakta bahwa timbulan sampah plastik terus meningkat akibat penggunaannya yang masif dalam kehidupan sehari-hari. Plastik banyak dipilih karena karakteristiknya yang ringan, kuat, dan tahan terhadap korosi (Khotimah dkk., 2024). Menurut data *Plastics Europe*, pada tahun 2017 produksi sampah plastik global mencapai 348 juta ton per tahun, dan sekitar 7,4% di antaranya merupakan plastik jenis *polyethylene terephthalate* (PET). PET adalah plastik sekali pakai yang umum digunakan untuk kemasan minuman dan memiliki kode daur ulang nomor satu. Akibatnya, jumlah sampah PET terus mengalami peningkatan dan menjadi beban lingkungan apabila tidak dimanfaatkan dengan baik (Enyoh dkk., 2021)

Saat menggunakan limbah plastik sebagai bahan baku adsorben., jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET) lebih dipilih dibandingkan jenis plastik lainnya seperti *Polypropylene* (PP), *Polystyrene* (PS), atau *Polyethylene* (PE). Hal ini disebabkan oleh beberapa keunggulan struktural dan kimiawi dari PET. PET memiliki struktur aromatik yang stabil dan mengandung gugus ester (-COO-) yang memungkinkan terjadinya interaksi aktif dengan ion logam, sehingga lebih efektif dalam proses adsorpsi logam berat seperti besi (Fe) (Murugaiyah dkk., 2024). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sampah plastik PET memiliki kemampuan

sebagai adsorben untuk menghilangkan polutan. Hal ini disebabkan oleh karakteristik plastik PET seperti ukuran PET pori, luas permukaan, dan jenis materialnya yang memungkinkan penyerapan polutan di permukaannya (Ersan & Dogan, 2021). Penelitian oleh Hendrasarie dkk. (2020) menggunakan adsorben berupa arang (*char*) dari plastik PET yang diaktivasi dengan HCl untuk menyisihkan ion Fe, dan menunjukkan hasil yang optimal, dengan efisiensi penyisihan sebesar 94% serta kapasitas adsorpsi sebesar 0,146 mg/g. Aktivasi adsorben plastik PET menggunakan HCl efektif dalam menyisihkan Fe dari air tanah karena mampu meningkatkan kemampuan plastik PET dalam menyerap ion Fe. Peningkatan ini terjadi melalui perluasan luas permukaan serta peningkatan jumlah situs aktif pada material adsorben (Zaini dkk., 2018).

Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas adsorben karbon aktif PET dalam penyisihan ion Fe, sebagian besar belum mengkaji secara khusus pengaruh variasi pH terhadap efisiensi proses tersebut. Faktanya, pH merupakan faktor penting yang mempengaruhi proses adsorpsi karena dapat memengaruhi bentuk ion logam dalam larutan dan muatan permukaan adsorben. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan menggunakan *char* dari sampah plastik PET yang telah diaktivasi HCl dan *char* PET tanpa diaktivasi HCl untuk menyisihkan ion Fe, dengan memvariasikan pH untuk mengetahui pH optimum dalam penyisihan ion Fe yang paling efektif.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi penggunaan adsorben dari karbon aktif PET yaitu *char* sampah plastik PET diaktivasi dengan HCl dan *char* PET tanpa diaktivasi HCl untuk menyisihkan ion Fe dari air tanah. Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Menganalisis efisiensi penyisihan dan kapasitas adsorpsi ion Fe menggunakan adsorben karbon aktif PET pada larutan sintetik Fe dengan variasi pH;
2. Menganalisis pH optimum dalam penyisihan ion Fe dari larutan sintetik menggunakan adsorben karbon aktif PET;
3. Mengevaluasi kinerja adsorpsi ion Fe oleh karbon aktif PET dan *char* PET, serta mengevaluasi kinerja adsorpsi karbon aktif PET terhadap larutan sintetik

- Fe dan air tanah asli;
4. Menentukan model isoterm dan kinetika yang sesuai pada proses adsorpsi ion Fe dengan adsorben karbon aktif PET.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat pada penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Menyisihkan ion Fe dari air tanah sehingga aman untuk kegiatan sehari-hari;
2. Mendukung ekonomi sirkular dan teknologi hijau yang memanfaatkan sampah plastik PET sebagai adsorben;
3. Sebagai studi pendahuluan dalam memanfaatkan sampah plastik PET sebagai adsorben sebelum dilakukannya penerapan ke lapangan untuk mengolah air tanah mengandung Fe.

1.4 Ruang Lingkup

Batasan masalah pada penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Percobaan adsorpsi menggunakan larutan sintetik Fe dan air tanah. Pengambilan sampel air tanah mengacu kepada SNI 8995:2021 tentang Metode Pengambilan Contoh Uji Air Untuk Pengujian Fisika dan Kimia;
2. Percobaan adsorpsi dilakukan secara *batch* dengan skala laboratorium menggunakan adsorben berupa karbon aktif PET dan *char* PET. Karbon aktif PET merupakan *char* PET yang diaktivasi HCl sedangkan *char* PET tidak diaktivasi HCl;
3. Percobaan adsorpsi menggunakan dosis adsorben sebesar 3 g/L dengan konsentrasi awal Fe sebesar 0,48 mg/L mengacu pada studi pendahuluan. Ukuran partikel adsorben yang digunakan adalah ukuran 60-100 *mesh* serta dilakukan variasi pH pada larutan sintetik Fe, yaitu pH 5, 6, 7, dan 8;
4. Percobaan optimum dilakukan sebanyak tiga kali (*triplo*) dengan memvariasikan pH larutan sintetik Fe;
5. Percobaan pembandingan dilakukan secara *triplo*, yaitu membandingkan kinerja adsorben karbon aktif PET dan *char* PET pada semua variasi pH larutan sintetik Fe. Serta membandingkan kemampuan adsorpsi karbon aktif PET terhadap ion Fe dari larutan sintetik dan air tanah asli dengan menggunakan pH alami air tanah;

6. Analisis konsentrasi logam Fe total dilakukan dengan *Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)* dengan acuan SNI 6989-84:2019;
7. Analisis karakteristik adsorben menggunakan *Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)* dan *Fourier Transform Infrared (FTIR)*;
8. Analisis statistik hasil percobaan adsorpsi dilakukan dengan uji normalitas, uji *one-way ANOVA*, Uji-t dan Uji korelasi.
9. Persamaan Isoterm karbon aktif PET yang akan diuji kesesuaiannya, yaitu Freundlich dan Langmuir;
10. Kinetika adsorpsi karbon aktif PET terhadap penyisihan ion Fe akan diuji kesesuaiannya, yaitu orde nol, orde satu dan orde dua.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang, tujuan dan maksud penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori dan tinjauan pustaka mengenai karakteristik air tanah, kandungan Fe pada air tanah, baku mutu konsentrasi Fe, dampak Fe pada kesehatan dan lingkungan, teknologi dalam menyisihkan Fe, proses adsorpsi menggunakan material karbon aktif PET sebagai adsorben, analisis material yang digunakan dalam penelitian, analisis data statistik yang digunakan dalam penelitian, dan teori-teori pendukung lainnya yang terkait dengan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang tahapan penelitian yang dilakukan, studi literatur, uji karakteristik air tanah, persiapan percobaan mencakup alat dan bahan, metode sampling, metode analisis laboratorium terkait Fe, analisis karakteristik material yang

digunakan, analisis statistik yang digunakan, serta lokasi dan waktu penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil penelitian dan perhitungan yang dilakukan beserta penjelasannya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memberikan ringkasan dan rekomendasi berdasarkan diskusi yang diuraikan di atas.

