

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air yang terkontaminasi logam berat telah terbukti memiliki dampak buruk pada ekosistem perairan dan kesehatan manusia. Logam berat dalam air bersifat beracun dan karsinogenik, mudah menumpuk dalam makhluk hidup, dan sering dilepaskan tanpa diolah. Diperkirakan sekitar 78% air tercemar logam berat secara global belum terolah dengan baik dan terakumulasi dalam rantai makanan sehingga membahayakan makhluk hidup (Worthington dkk., 2017; Kumar dkk., 2019; Jones dkk., 2021; Ali dkk., 2023). Di antara jenis pencemar tersebut, logam berat seperti tembaga (Cu^{2+}) menjadi perhatian khusus karena meskipun tergolong mikroelemen esensial, pada konsentrasi tinggi dapat merusak jaringan tubuh manusia (Ali dkk., 2023). Konsentrasi Cu^{2+} dalam air melebihi 1,3 mg/L tergolong toksik dan bersifat biostatik, sehingga dimasukkan ke dalam *European Watch List of Emerging Substances* karena berpotensi mencemari air, tanah, dan sedimen secara luas (Grba dkk., 2023).

Peneliti telah mengembangkan berbagai teknologi untuk menurunkan kadar Cu^{2+} dari air limbah, seperti adsorpsi, oksidasi, elektrokimia, presipitasi kimia, filtrasi membran, reverse osmosis, dan koagulasi-flokulasi (Gao dkk., 2019 dalam Wang dkk., 2023). Di antara metode tersebut, adsorpsi banyak dipilih karena efisien, murah, dan fleksibel terhadap berbagai jenis adsorben (Zhang dkk., 2020). Jenis adsorben yang umum digunakan mencakup biochar, material komposit, kitosan, dan lainnya (Sergeev dkk., 2023).

Inovasi terkini dalam pengembangan adsorben dilakukan oleh Azman dkk. (2020), yang mengolah limbah minyak goreng kelapa sawit menjadi *Polysulfide Sorbent* (PSS) melalui penambahan belerang, dan menunjukkan efektivitas tinggi dalam mengadsorpsi merkuri hingga 95,57%. Pada penelitian Ali dkk. (2023), dilakukan penelitian serupa dan berhasil mencapai efisiensi adsorpsi Cu^{2+} sebesar 77,81% menggunakan PSS dari limbah minyak goreng. Indonesia sebagai produsen minyak sawit terbesar, berkontribusi terhadap 84% produksi dunia, dengan konsumsi untuk pengolahan makanan mencapai 84–

90% (Darmawan dkk., 2024). Akibatnya, limbah minyak goreng bekas meningkat signifikan setiap tahun. Jika dibuang sembarangan, satu kilogram minyak goreng bekas dapat mencemari hingga 1.000 m² permukaan air (De Mora dkk., 2015; Cordero-Ravelo & Schallenberg-Rodriguez, 2018).

Penelitian ini bertujuan untuk menguji karakteristik dan kinerja PSS dalam menurunkan Cu²⁺ dengan variasi konsentrasi kontaminan Cu²⁺, waktu kontak, dan analisis pH akhir hasil adsorpsi menggunakan massa adsorben yang lebih tinggi dari penelitian sebelumnya. Dalam penelitian ini, limbah cair tercemar dari sebuah perusahaan perak di Kotagede, Yogyakarta, diperiksa. Oleh karena itu, kandungan Cu²⁺ maksimum dalam limbah cair dari industri ini ditentukan menggunakan Peraturan Daerah Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 tentang Standar Mutu Air Limbah di Yogyakarta. Limbah cair dari industri perak tersebut kemudian diolah kembali sebagai air limbah buatan (*artificial wastewater*) untuk keperluan ilmiah. Penggunaan air limbah buatan (*artificial wastewater*) dalam penelitian ini dilakukan karena peneliti mengalami kendala dalam memperoleh sampel air asli karena keterbatasan pada jangkauan area pengambilan sampel. Selain itu, penggunaan *artificial wastewater* juga mempermudah pengendalian variabel dan memastikan konsistensi adsorpsi *Polysulfide Sorbent* (PSS). Kadar Cu²⁺ dalam larutan disesuaikan dengan tingkat pencemaran umum berdasarkan referensi yang relevan, sehingga tetap representatif dan mendukung validitas hasil uji secara eksperimental.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut, berdasarkan penjelasan latar belakang yang telah diberikan di atas.

1. Bagaimana pengaruh variasi waktu kontak dan variasi konsentrasi Cu²⁺ untuk mendapatkan hasil adsorpsi yang optimum menggunakan *Polysulfide Sorbent* (PSS) dengan massa adsorben yang telah ditetapkan?
2. Bagaimana efektivitas *Polysulfide Sorbent* (PSS) dalam menurunkan kadar logam berat Cu²⁺?

3. Bagaimana karakteristik fisik dari *Polysulfide Sorbent* (PSS) sebelum dan sesudah proses adsorpsi?
4. Bagaimana kapasitas dan mekanisme adsorpsi *Polysulfide Sorbent* (PSS) dianalisis melalui pemodelan isoterm Langmuir dan Freundlich serta laju kinetika?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan definisi masalah yang telah disebutkan di atas, penelitian ini bertujuan untuk mencapai tujuan-tujuan berikut.

1. Menganalisis pengaruh variasi waktu kontak dan variasi konsentrasi Cu^{2+} untuk mendapatkan hasil adsorpsi yang optimum menggunakan *Polysulfide Sorbent* (PSS) dengan massa adsorben yang telah ditetapkan
2. Menganalisis efektivitas *Polysulfide Sorbent* (PSS) dalam menurunkan kadar logam berat Cu^{2+}
3. Menganalisis karakteristik fisik dari *Polysulfide Sorbent* (PSS) sebelum dan sesudah proses adsorpsi
4. Menganalisis kapasitas dan mekanisme adsorpsi *Polysulfide Sorbent* (PSS) dianalisis melalui pemodelan isoterm Langmuir dan Freundlich serta laju kinetika

1.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang ditetapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. H_{0w} : Waktu kontak tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap Persentase Efektivitas Penyisihan Logam Berat Cu^{2+}
2. H_{1w} : Waktu kontak memberikan pengaruh signifikan terhadap Persentase Efektivitas Penyisihan Logam Berat Cu^{2+}
3. H_{0k} : Konsentrasi awal Cu^{2+} tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap Persentase Efektivitas Penyisihan Logam Berat Cu^{2+}
4. H_{1k} : Konsentrasi awal Cu^{2+} memberikan pengaruh signifikan terhadap Persentase Efektivitas Penyisihan Logam Berat Cu^{2+}

1.5 Manfaat Penelitian

Berikut ini adalah keunggulan dari penelitian ini:

1. Menggunakan *Polysulfide Sorbent* (PSS) dengan massa adsorben yang telah ditentukan, penelitian ini memberikan informasi dan diskusi mengenai perubahan waktu kontak dan konsentrasi Cu^{2+} untuk mencapai hasil adsorpsi yang optimal.
2. Memberikan hasil data dan pembahasan terkait efektivitas *Polysulfide Sorbent* (PSS) dalam menurunkan kadar logam berat Cu^{2+}
3. Memberikan hasil data dan pembahasan terkait karakteristik fisik *Polysulfide Sorbent* (PSS) sebelum dan sesudah proses adsorpsi
4. Memberikan hasil data dan pembahasan terkait kapasitas dan mekanisme adsorpsi *Polysulfide Sorbent* (PSS) dianalisis melalui pemodelan isoterm Langmuir dan Freundlich serta laju kinetika

1.6 Ruang Lingkup

Menentukan fokus penelitian menjadi lebih mudah dengan bantuan ruang lingkup. Oleh karena itu, berikut adalah ruang lingkup penelitian:

1. Minyak goreng dan bubuk belerang adalah bahan utama yang digunakan dalam produksi adsorben polisulfida.
2. Air sampel yang digunakan merupakan *artificial wastewater* untuk mendapatkan hasil adsorpsi yang optimum dan diciptakan berdasarkan kriteria kadar Cu^{2+} menurut sumber referensi yang digunakan
3. Penelitian menggunakan variasi seperti waktu kontak dan konsentrasi Cu^{2+}
4. Penelitian ini dilakukan melalui sistem *batch* menggunakan alat *jar test*
5. Penelitian ini dilakukan di laboratorium dan pusat penelitian air UPN "Veteran" Jawa Timur.