

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Emerging Contaminant (EC) atau kontaminan yang muncul adalah polutan berbahan kimia sintetik atau alami yang terdapat dalam lingkungan dan berpotensi memberikan pengaruh buruk pada metabolisme makhluk hidup secara signifikan. Kontaminan ini tersebar di lingkungan akuatik dan terestrial dengan konsentrasi level rendah, dari ng sampai beberapa $\mu\text{g/L}$. Meskipun konsentrasinya rendah, kontaminan ini dapat menimbulkan efek racun berbahaya. Kontaminan ini dapat berasal dari produk farmasi, seperti obat-obatan dan antibiotik (Belviso *et al.*, 2021; Noguera-Oviedo & Aga, 2016). Antibiotik menjadi perhatian khusus karena besarnya penggunaan di bidang kedokteran untuk manusia dan juga hewan. Salah satu antibiotik yang umum digunakan adalah klindamisin yang merupakan antibiotika golongan linkosamida. Klindamisin biasanya digunakan sebagai antibakteria pada infeksi gigi, tulang, kulit dan jerawat (Gonzalez *et al.*, 2018; Pavlović *et al.*, 2022).

Tubuh manusia menyerap 90% dosis obat yang dikonsumsi secara oral. Oleh karena itu, sekitar 10% antibiotik klindamisin akan diekskresikan secara utuh melalui urin dan feses (González-Ortiz *et al.*, 2018). Antibiotik tersebut akan berdifusi ke lingkungan, diantaranya di air limbah, air permukaan, air minum, dan tanah (Capsoni *et al.*, 2021). Klindamisin bersama antibiotik lain, yaitu sulfametoksazol, trimetoprim, ciprofloxacin, dan tetrasiklin, telah terdeteksi dalam air limbah di 3 instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dengan konsentrasi berkisar antara 90-6000 ng/L (Jin *et al.*, 2022). Air limbah dari Australia juga dilaporkan mengandung klindamisin dengan konsentrasi mencapai 1000 ng/L (González-Ortiz *et al.*, 2018).

Residu antibiotik yang telah mencemari lingkungan perairan dan tanah dapat menimbulkan pembentukan generasi bakteri dan gen resisten antibiotik (Belviso *et al.*, 2021; Capsoni *et al.*, 2021). Sayangnya, pengurangan konsumsi antibiotik tidak akan cukup untuk memperlambat penyebaran resisten (Capsoni *et*

al., 2021), sehingga diperlukan metode lain untuk menangani cemaran antibiotik di lingkungan.

Berbagai teknik telah banyak digunakan untuk menghilangkan limbah antibiotik dalam air, salah satunya adalah adsorpsi. Adsorpsi telah banyak digunakan sebagai teknik yang efisien untuk menghilangkan polutan dari lingkungan karena penerapannya yang sederhana, murah dan ramah lingkungan (Capsoni *et al.*, 2021; Nguyen *et al.*, 2020). Zeolit telah banyak digunakan sebagai adsorben karena memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi, luas permukaan yang besar, kapasitas pertukaran ion yang sangat baik, dan selektivitas tinggi (Amodu *et al.*, 2015; Yang *et al.*, 2018). Zeolit dapat disintesis dari berbagai material, baik dari reagen kimia yang tersedia secara komersial, ataupun limbah yang mengandung aluminosilikat. Abu terbang/*fly ash* (FA) merupakan salah satu prekursor potensial untuk mensintesis zeolit.

Abu terbang merupakan produk samping dari pembakaran batu bara, salah satu bahan bakar fosil yang paling penting bagi pembangunan perekonomian dunia. Saat ini, 40% energi listrik yang dihasilkan bergantung pada pembakaran sumber daya ini (Parra-Huertas *et al.*, 2023). Di Indonesia, 82% energi yang digunakan bersumber dari bahan bakar fosil, yaitu batu bara, minyak bumi, dan gas alam (Putri *et al.*, 2022). Besarnya penggunaan batu bara ini menghasilkan limbah padat dalam jumlah besar yang umumnya dibuang ditempat pembuangan limbah batu bara. Limbah yang dibiarkan tidak terkendali dapat menyebabkan risiko kontaminasi serius terhadap tanah dan perairan karena kandungan arsenik dan logam berat lainnya (Yamaura & Fungaro, 2013).

Sifat dan komposisi kimia abu terbang bervariasi tergantung pada sumber dan pengolahan batu bara. Oleh karenanya bahan ini lebih serbaguna. Komponen utama alumina dan silika dalam abu terbang dapat dimanfaatkan untuk sintesis zeolit, salah satu aplikasi abu terbang yang ramah lingkungan (Izidoro *et al.*, 2013). Selain penggunaannya untuk mengurangi dampak buruk ke lingkungan, abu terbang sangat berpotensi sebagai prekursor zeolit karena dinilai lebih murah dibandingkan reagen kimia komersial (Parra-Huertas *et al.*, 2023). Zeolit yang berasal dari abu terbang juga menunjukkan kapasitas adsorpsi yang sangat baik

untuk polutan kationik dalam larutan berair karena luas permukaan yang tinggi dan total muatan negatif dalam kerangka zeolit (Yang et al., 2018).

Zeolit umumnya disintesis menggunakan metode hidrotermal. Sintesis zeolit menggunakan metode hidrotermal memiliki keunggulan yaitu reaktivitas reaktan yang tinggi, konsumsi energi yang rendah, polusi udara yang rendah, dan pembentukan fase metastabil (Abdullahi et al., 2017; Xu et al., 2018). Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi sintesis zeolit dari abu terbang menggunakan metode hidrotermal, diantaranya adalah komposisi silika dan alumina dalam FA, peleburan NaOH-FA, tingkat alkalinitas, waktu *aging*, suhu dan tekanan, serta waktu reaksi (Johnson & Arshad, 2014; Parra-Huertas et al., 2023).

Umumnya serbuk zeolit digunakan untuk mencapai kapasitas adsorpsi dan luas permukaan yang lebih tinggi pada aplikasi dalam larutan berair. Namun, pemisahan dan pemulihan partikel zeolit yang telah terdispersi dalam media cair sulit dilakukan. Metode pemisahan konvensional seperti filtrasi dan sentrifugasi cukup rumit dan tidak efisien untuk pemisahan partikel zeolit dari media cair. Oleh karena itu, modifikasi zeolit menggunakan partikel magnetik dapat diaplikasikan untuk mempermudah pemisahan partikel zeolit dari larutan hanya dengan menggunakan medan magnet eksternal (Belviso et al., 2015; Wang et al., 2019; Yang et al., 2018).

Magnetit (Fe_3O_4) dan maghemit ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) adalah nanopartikel magnetik yang umum digunakan dalam pembuatan adsorben (Amodu et al., 2015; Yamaura & Fungaro, 2013). Nanopartikel magnetit (Fe_3O_4) memiliki stabilitas kimia yang tinggi, luas permukaan yang besar, koersivitas yang tinggi, dan toksisitas yang rendah (Maharana & Sen, 2021). Dengan demikian, partikel tersebut diharapkan dapat menghasilkan zeolit magnetik yang efektif untuk adsorpsi antibiotik.

Serbuk zeolit magnetik dapat ditarik dan diaglomerasi dengan medan magnet sehingga dapat dipisahkan dari supernatan. Zeolit magnetik tidak mempertahankan magnetisasi remanen, sehingga dengan dihilangkannya medan magnet eksternal, partikel tersebut dapat disuspensikan kembali ke media cair lain. Sifat tersebut memungkinkan untuk dilakukannya pemulihan material dengan proses adsorpsi-desorpsi sehingga zeolit magnetik dapat digunakan kembali dan tidak menghasilkan limbah sekunder (Yamaura & Fungaro, 2013).

Dalam beberapa tahun terakhir, penerapan zeolit magnetik dalam pengolahan air limbah telah banyak dilaporkan, diantaranya untuk mengadsorpsi logam berat (Wang et al., 2019), zat pewarna (Amodu et al., 2015), dan limbah farmasi (Belviso et al., 2021), serta untuk mempercepat koagulasi limbah (Ifthikar et al., 2017). Sampai saat ini studi adsorpsi klindamisin menggunakan zeolit magnetik belum banyak dipelajari. Adapun faktor yang mempengaruhi adsorpsi adalah konsentrasi adsorbat, pH larutan, jumlah adsorben, ukuran partikel adsorben, dan suhu (Rápó & Tonk, 2021).

Pada penelitian ini, zeolit disintesis dari limbah abu terbang dengan penambahan magnetit untuk menambahkan sifat magnet pada zeolit. Sintesis zeolit menggunakan metode hidrotermal dengan melakukan berbagai variasi kondisi sintesis untuk mencapai kondisi yang terbaik. Setelah mencapai kondisi sintesis yang terbaik, dilakukan sintesis zeolit magnetik dengan memvariasikan komposisi abu terbang dan magnetit untuk mendapatkan zeolit magnetik yang terbaik. Material adsorben ini akan diaplikasikan untuk menghilangkan antibiotik klindamisin dalam larutan. Dilakukan variasi pH larutan untuk mengetahui efektivitas adsorpsi. Eksperimen metode *batch* juga dilakukan untuk memperoleh data yang akan dipelajari menggunakan beberapa model isoterm adsorpsi sehingga dapat memberikan gambaran akan mekanisme adsorpsinya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana sintesis dan karakterisasi zeolit dari limbah abu terbang?
2. Bagaimana sintesis dan karakteristik zeolit magnetik menggunakan limbah abu terbang dan magnetit?
3. Bagaimana pengaruh pH larutan terhadap efektivitas adsorpsi antibiotik klindamisin oleh zeolit hasil sintesis?
4. Bagaimana model adsorpsi isotermal pada proses adsorpsi antibiotik klindamisin oleh zeolit hasil sintesis?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Mensintesis dan mengkarakterisasi zeolit dari limbah abu terbang.

2. Mensintesis dan mengkarakterisasi zeolit magnetik dari limbah abu terbang dan magnetit.
3. Mengetahui pengaruh pH larutan terhadap efektivitas adsorpsi antibiotik klindamisin oleh zeolit hasil sintesis.
4. Mengetahui model adsorpsi isothermal yang sesuai untuk adsorpsi antibiotik klindamisin oleh zeolit hasil sintesis.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Menambah wawasan terkait sintesis zeolit magnetik dan aplikasinya sebagai adsorben untuk penghilangan antibiotik klindamisin, baik bagi peneliti dan pembaca.
2. Sebagai referensi sintesis zeolit magnetik dan aplikasinya sebagai adsorben bagi peneliti selanjutnya.

1.5 Struktur Organisasi Skripsi

Struktur penulisan skripsi ini terdiri dari lima BAB, yaitu sebagai berikut.

1. BAB I Pendahuluan, berisi tentang latar belakang dilakukannya penelitian, rumusan masalah penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan struktur organisasi skripsi yang akan disusun.
2. BAB II Kajian Pustaka, berisi tentang konsep dasar dan teori yang berkaitan dengan aspek penelitian yang dilakukan.
3. BAB III Metode Penelitian, berisi tentang waktu dan lokasi penelitian, alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian, bagan alir penelitian, dan tahapan penelitian yang bersifat prosedural.
4. BAB IV Hasil dan Pembahasan, berisi kumpulan data, pengolahan data, dan analisis data hasil penelitian yang dilakukan.
5. BAB V Simpulan dan Saran, berisi tentang simpulan penelitian dan saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya.