

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanfaatan antibiotik secara masal ditujukan untuk mengobati penyakit pada manusia maupun hewan. Penggunaan antibiotik di dunia telah mencapai 100 ribu ton (Gao, dkk., 2020). Salah satu contoh antibiotik adalah klindamisin, antibiotik turunan linkomisin yang dapat melawan aktivitas bakteri (Luchian, dkk., 2021; Wang, dkk., 2019). Klindamisin juga dimanfaatkan oleh penderita alergi antibiotik beta laktam. Beberapa kasus alergi beta laktam menyebabkan penderitanya mengalami gatal-gatal, hipotensi, bahkan eusinofilia (Luliano, dkk., 2022).

Metabolisme antibiotik dalam tubuh makhluk hidup berlangsung dengan tidak sempurna sehingga masih terdapat residu aktif yang dieksresikan ke lingkungan melalui feses atau urin. Selain itu, industri farmasi, rumah sakit, dan bidang pertanian juga menghasilkan limbah antibiotik (Mangla, dkk., 2022; Turan, dkk., 2022). Residu antibiotik dapat mengandung strain bakteri yang resisten terhadap antibiotik. World Health Organization menyebutkan bahwa resistensi terhadap antibiotik dikategorikan sebagai ancaman kesehatan global yang mendesak. Kasus kematian terkait resistensi antibiotik mencapai 4,95 juta jiwa (World Health Organization, 2022).

Permasalahan akibat cemaran antibiotik di lingkungan telah menjadi perhatian global. Pengolahan limbah secara konvensional tidak dapat menghilangkan cemaran antibiotik secara efektif (Bungau, dkk., 2021; Lee, dkk., 2021). Beragam teknik pengolahan seperti oksidasi lanjutan, biodegradasi, ozonasi, proses dengan bantuan membran, dan adsorpsi dimanfaatkan untuk mengatasi cemaran antibiotik. Dari beberapa metode tersebut, adsorpsi dinilai sebagai metode yang ekonomis, hemat energi, efisien, dan mudah diaplikasikan. Adsorben seperti karbon aktif banyak dimanfaatkan untuk menghilangkan polutan di perairan. Namun, penggunaan karbon aktif memerlukan biaya tinggi, sulit diregenerasi, dan non selektif (Ren, dkk., 2021; Anjum, dkk., 2017).

Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk menghilangkan limbah antibiotik dengan adsorben dari biomassa, material berpori, atau mineral yang terbilang lebih terjangkau (Bandura, dkk., 2022). Salah satu material berpori yang berasal dari limbah adalah zeolit. Zeolit merupakan alumina silika terhidrasi dari alkali, alkali tanah, atau kation lainnya yang membentuk struktur tetrahedron dengan sudut yang dihubungkan oleh atom oksigen. Zeolit memiliki struktur berpori sehingga banyak dimanfaatkan sebagai adsorben untuk berbagai polutan lingkungan seperti radionuklida, logam berat, ion amonium, maupun senyawa organik (Bandura, dkk., 2017; Kunecki, dkk., 2018).

Berdasarkan sumbernya, zeolit diklasifikasikan menjadi zeolit alami dan sintetis. Zeolit alami terdiri dari 100 struktur mineral berbeda. Beberapa jenis zeolit alami adalah chabazite, clinoptilolite, dan modernit. Namun, zeolit alami sulit dideposit sehingga para peneliti mensintesis zeolit baik dari reagen kimia maupun sumber lain seperti limbah industri (Khaleque, dkk., 2020; Kunecki, dkk., 2018).

Penelitian ini mensintesis zeolit dari abu terbang batu bara. Hal ini karena abu terbang batu bara mengandung alumina dan silika yang merupakan komponen penyusun zeolit. Banyaknya pemanfaatan batu bara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dan berbagai industri menyebabkan kelimpahan abu terbang yang tinggi. Namun, pemanfaatan abu terbang di Indonesia hanya sekitar 12% sehingga sintesis zeolit dari abu terbang bermanfaat di bidang lingkungan dan ekonomi (Belviso, dkk., 2019; Ekaputri dan Bari, 2020).

Sintesis zeolit dari abu terbang dilakukan dengan metode hidrotermal karena dinilai hemat energi, bahan yang digunakan mudah ditemukan dan ekonomis, serta dapat terbentuk fasa kristalin yang stabil. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi seperti suhu, waktu, dan konsentrasi NaOH. Penelitian ini difokuskan pada pengaruh konsentrasi NaOH yang berperan dalam depolimerisasi mineral silika dan alumina untuk membentuk fasa zeolit. Zeolit yang dihasilkan merupakan jenis X dan gismondine (zeolit P). Permukaan zeolit cenderung bersifat anionik dan hidrofobik sehingga hanya efektif untuk adsorpsi terhadap senyawa kationik dan hidrofobik. Namun, klindamisin bersifat hidrofilik serta ditemukan pada berbagai konsentrasi dan pH sehingga dapat membentuk

spesi kationik, anionik, dan non ionik. Oleh karena itu, dalam rangka peningkatan kemampuan adsorpsinya, zeolit dimodifikasi dengan beragam senyawa seperti lantanum, kitosan, garam amonium kuarterner, dan surfaktan kationik (Vakili, dkk., 2019; Goscianska, dkk., 2018).

Modifikasi zeolit dapat dilakukan dengan surfaktan kationik seperti cetiltrimetilamonium klorida/CTAC (Reeve dan Fallowfield, 2018). Senyawa ini dinilai ekonomis, metode modifikasinya mudah dilakukan, serta dapat memodifikasi permukaan zeolit. Kation pada permukaan eksternal zeolit akan digantikan oleh CTAC. CTAC juga dapat berinteraksi dengan Al³⁺ zeolit. Ketika jumlah surfaktan berada di atas kapasitas tukar kation zeolit, dapat terbentuk *bilayer* dari interaksi hidrofobik bagian ekornya. Akibatnya terjadi modifikasi permukaan sehingga molekul anionik atau hidrofilik juga dapat teradsorpsi pada zeolit hasil modifikasi. Selain itu, CTAC adsorpsi masih dapat terjadi untuk molekul kationik melalui pertukaran kation (Gennaro, dkk., 2015). Modifikasi zeolit untuk meningkatkan adsorpsi telah dilakukan pada beberapa penelitian sebelumnya. Namun, penggunaan CTAC untuk modifikasi zeolit yang dimanfaatkan sebagai adsorben antibiotik klindamisin belum pernah dilaporkan.

Penelitian ini difokuskan pada modifikasi zeolit yang disintesis dari abu terbang batu bara oleh cetiltrimetilamonium klorida dan bagaimana pengaruhnya terhadap struktur zeolit. Selain itu, penelitian ini juga mempelajari pengaruh modifikasi zeolit terhadap efisiensi adsorpsi klindamisin. Untuk mencapai tujuan tersebut, dilakukan sejumlah karakterisasi seperti *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) dan *X-ray Diffraction* (XRD), serta uji adsorpsi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalahnya adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana pengaruh konsentrasi NaOH terhadap sintesis zeolit?
- b. Bagaimana pengaruh penambahan cetiltrimetilamonium klorida terhadap kemampuan adsorpsi zeolit?
- c. Bagaimana pengaruh jenis zeolit dan pH terhadap adsorpsi klindamisin?
- d. Bagaimana mekanisme adsorpsi klindamisin oleh zeolit dan zeolit modifikasi?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan sebelumnya, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Menganalisis pengaruh konsentrasi NaOH terhadap sintesis zeolit.
- b. Menganalisis pengaruh penambahan cetiltrimetilamonium klorida terhadap kemampuan adsorpsi oleh zeolit.
- c. Menganalisis pengaruh jenis zeolit dan pH terhadap adsorpsi klindamisin.
- d. Menganalisis mekanisme adsorpsi klindamisin oleh zeolit dan zeolit modifikasi.

1.4 Luaran yang diharapkan

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai beberapa hal, yaitu sebagai berikut:

- a. Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap sintesis zeolit.
- b. Pengaruh penambahan cetiltrimetilamonium klorida terhadap kemampuan adsorpsi oleh zeolit.
- c. Pengaruh jenis zeolit dan pH terhadap adsorpsi klindamisin.
- d. Mekanisme adsorpsi klindamisin oleh zeolit dan zeolit modifikasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat di antaranya sebagai berikut:

- a. Manfaat teoritis

Berkontribusi dalam penelitian terkait metode sintesis zeolit yang dimodifikasi dengan cetiltrimetilamonium klorida untuk adsorpsi klindamisin.

- b. Manfaat praktis

- ✧ Memperoleh informasi terkait potensi zeolit yang telah dimodifikasi untuk mengatasi cemaran antibiotik klindamisin.
- ✧ Sebagai literatur yang dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya.

1.6 Struktur Organisasi Skripsi

Skripsi ini terdiri dari lima bab dengan keterangan sebagai berikut:

1. BAB I Pendahuluan, memuat latar belakang penelitian, rumusan masalah penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan struktur organisasi skripsi.
2. BAB II Tinjauan Pustaka, memaparkan teori-teori dan konsep dasar yang mendukung data penelitian.
3. BAB III Metode Penelitian, berisi bagan alir penelitian, alat dan bahan, serta metode sintesis, modifikasi, dan karakterisasi yang dilakukan dalam penelitian.
4. BAB IV Temuan dan Pembahasan, memaparkan serangkaian data hasil penelitian serta analisis data.
5. BAB V Kesimpulan dan Rekomendasi, memuat kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan serta saran untuk penelitian selanjutnya.