

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konsumsi antibiotik untuk pengobatan manusia dan hewan yang meningkat secara tidak langsung dapat juga meningkatkan limbah pada lingkungan perairan (Oharisi dkk., 2023). Hal ini dikarenakan pembuangan antibiotik ke permukaan air dalam bentuk ekskresi melalui metabolisme, limpasan pertanian, dan limbah antibiotik industri (Anthony A dkk., 2018). Paparan secara berkelanjutan antara antibiotik dengan lingkungan dapat mengakibatkan terbentuknya bakteri yang resisten terhadap antibiotik sehingga mengurangi efektivitasnya (Y. Liu dkk., 2023; Sambaza & Naicker, 2023). Salah satu antibiotik yang banyak digunakan dan dapat menimbulkan resistensi bakteri karena terjadinya mutasi pada bakteri tersebut, yaitu antibiotik klindamisin (González-Ortiz dkk., 2018). Klindamisin (linkomisin 7-kloro-7-deoksida) merupakan antibiotik golongan *Lincosamides* berasal dari linkomisin yang banyak digunakan untuk melawan bakteri aerob gram positif dan berbagai bakteri anaerob, diantaranya adalah bakteri penghasil β -laktase (Álvarez dkk., 2022; Luchian dkk., 2021). Beberapa pengaplikasian klindamisin dalam bidang medis, yaitu mengatasi infeksi kulit, tulang, telinga, randang panggul, vagina, dan paru-paru serta digunakan untuk perlindungan profilaksis terhadap edokarditis pada gigi (Gupta dkk., 2017; Koba dkk., 2017; Murphy dkk., 2023). Berbagai metode destruktif, seperti pendekatan biologis melalui degradasi mikroba dan pendekatan kimia melalui proses oksidasi, pengendapan, klorinasi, ozonasi, serta fotokatalis, maupun metode fisik non-destruktif termasuk filtrasi, koagulasi/flokulasi, sedimentasi, pertukaran ion, serta membran telah dilakukan dalam upaya mendegradasi limbah antibiotik klindamisin di perairan, tetapi tingkat efisiensinya cenderung rendah dan menghasilkan produk samping yang berdampak buruk terhadap lingkungan perairan (Krasucka dkk., 2021; Tumrani dkk., 2021). Akan tetapi, ditemukan satu metode efektif yang mudah, berbiaya rendah, ramah lingkungan, dan memungkinkan penggunaan dalam skala besar di instalasi pengolahan air limbah, yaitu metode adsorpsi (Hu dkk., 2019; Krasucka dkk., 2021).

Adsorpsi merupakan metode pemisahan yang menggambarkan interaksi dua fasa berbeda membentuk lapisan antarmuka melalui penempelan ion, atom, atau molekul gas, cairan, atau padatan terlarut pada permukaan suatu zat (Alaqrbeh, 2021; Zarrouk & McLean, 2019). Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses adsorpsi antara lain, konsentrasi adsorbat, pH larutan, jumlah adsorben, ukuran adsorben, dan suhu (X. Chen dkk., 2022). Salah satu material yang sudah banyak digunakan sebagai adsorben, yaitu zeolit (Pérez-Botella dkk., 2022). Zeolit merupakan material aluminosilikat dengan kristal mikropori yang menjanjikan sebagai adsorben klindamisin karena memiliki beberapa kelebihan, yaitu ramah lingkungan, mudah untuk disintesis, biaya produksinya yang rendah, strukturnya stabil sehingga dapat digunakan kembali, dan kapasitas tukar kationnya yang tinggi sehingga efektif untuk adsorpsi klindamisin (Y. Li dkk., 2017; Picón dkk., 2023). Zeolit sintetik telah banyak disintesis dari limbah industri dengan tujuan meminimalisasi limbah di lingkungan dan meningkatkan nilai komersial material tersebut. Beberapa limbah yang banyak digunakan, yaitu mineral lempung, ampas bijih, abu, dan batuan alam yang mengandung Si dan Al (Hong dkk., 2019; Khanday & Hameed, 2018). Abu terbang atau *fly ash* (FA) batu bara merupakan salah satu limbah industri dan pembangkit listrik tenaga batu bara yang saat ini sedang banyak dikembangkan oleh peneliti untuk menghasilkan zeolit karena penggunaannya yang tinggi, tetapi tidak diimbangi dengan pengolahan limbahnya (Park, Choe, dkk., 2020; Park, Dattatraya Saratale, dkk., 2020). FA merupakan material mengandung komponen SiO_2 dan Al_2O_3 yang tinggi dengan beberapa oksida logam (Alyatikah dkk., 2022). Keberadaan oksida logam, seperti kalsium, besi, dan magnesium, akan berpengaruh pada kemurnian zeolit, pembentukan kristal, struktur, dan sifat magnetiknya. Keberadaan oksida logam yang berlebih dalam zeolit akan meningkatkan sifat magnetiknya sehingga akan mengurangi kemampuan adsorpsinya (Y. Chen dkk., 2016; Lim dkk., 2020). Walaupun begitu, keberadaan sifat magnetik juga dapat menguntungkan karena memungkinkan zeolit untuk digunakan kembali dengan cara ditarik dan diaglomerasi dengan medan magnet sehingga dapat terpisah dari supernatan (Yamaura & Fungaro, 2013). Salah satu material yang umumnya digunakan untuk menambahkan sifat magnet dari zeolit, yaitu magnetit (Fe_3O_4) karena sifatnya yang stabil secara kimia, koersivitas

yang rendah, serta toksisitas yang rendah (Maharana & Sen, 2021; Saragi dkk., 2022). Peneliti seperti Tran, Duong, dan Le (2021) telah berhasil membuat zeolit sintetis dari alumina dan silika yang dimodifikasi dengan Fe_3O_4 dengan kapasitas adsorpsi sebesar 39,56 mg/g. Suryana (2023) juga telah menghasilkan zeolit sintetis dari FA yang dimodifikasi Fe_3O_4 dengan perbandingan optimum FA: Fe_3O_4 , yaitu 10:3 dan didapatkan persentase adsorpsi sebesar 25%. Akan tetapi, masih ditemukan banyak mineral kuarsa pada struktur zeolit sehingga persentase adsorpsi yang didapatkan masih kurang optimum sehingga diperlukan peninjauan kembali pada kondisi sintesis dan rasio prekursor yang digunakan. Berdasarkan penelitian ini juga diketahui bahwa zeolit dengan modifikasi menggunakan Fe_3O_4 jauh lebih mudah diambil dari larutan menggunakan batang magnet neodimium dibandingkan dengan zeolit tanpa modifikasi.

Selain memodifikasi zeolit dengan Fe_3O_4 , zeolit juga telah banyak dimodifikasi dengan oksida logam seperti seng oksida (ZnO). Rodwihok, Charoensri, dkk. (2021) telah berhasil melakukan sintesis zeolit dari FA yang dimodifikasi ZnO dengan perbandingan optimum 1:1 dan menghasilkan kapasitas adsorpsi terhadap zat warna metilen biru sebesar 95,4 mg/g. Veronica (2023) juga telah melakukan modifikasi serupa dan didapatkan zeolit tanpa kuarsa dengan persentase adsorpsinya sebesar 94,5%. Nanopartikel ZnO merupakan material yang telah banyak digunakan dalam remediasi lingkungan karena stabil secara kimia, ramah lingkungan, murah, memiliki morfologi yang terkontrol, ketersediannya yang melimpah, memiliki struktur kristalin yang tinggi, dan memiliki situs reaktif asam-basa Lewis dan Bronsted sehingga akan efektif untuk adsorpsi limbah antibiotik klindamisin di perairan (Al Jabri dkk., 2022; Azmi & Alam, 2024; Danish dkk., 2021; Gusain dkk., 2019; Kiani & Dastafkan, 2016). Namun, sampai saat ini penelitian zeolit berbasis FA yang dimodifikasi ZnO/ Fe_3O_4 untuk digunakan sebagai adsorpsi antibiotik, khususnya klindamisin, masih belum banyak dilakukan.

Oleh karena itu pada penelitian ini, zeolit berbasis FA akan dimodifikasi dengan ZnO dan Fe_3O_4 (ZFA/ZnO/ Fe_3O_4) untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi dan memudahkan pengambilan kembali zeolit dari larutan menggunakan batang magnet neodimium. Adapun metode sintesis ZFA/ZnO/ Fe_3O_4 yang digunakan,

yaitu sintesis hidrotermal menggunakan autoklaf berlapis teflon. Pengujian karakteristik sifat permukaan, fisik, kimia, dan elektrostatik zeolit juga diteliti. Material hasil modifikasi kemudian diuji efektivitasnya untuk mengadsorpsi antibiotik klindamisin dan pengambilannya kembali dari larutan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh modifikasi FA menggunakan ZnO dan Fe₃O₄ terhadap struktur zeolit yang dihasilkan?
2. Bagaimana efisiensi ZFA/ZnO/Fe₃O₄ terhadap adsorpsi antibiotik klindamisin?
3. Bagaimana kemudahan pengambilan kembali ZFA/ZnO/Fe₃O₄ dari larutan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh modifikasi FA menggunakan ZnO dan Fe₃O₄ terhadap struktur zeolit yang dihasilkan.
2. Mengetahui efisiensi ZFA/ZnO/Fe₃O₄ terhadap adsorpsi antibiotik klindamisin.
3. Mengetahui kemudahan pengambilan kembali ZFA/ZnO/Fe₃O₄ dari larutan.

1.4 Luaran

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai:

1. Pengaruh penambahan ZnO dan Fe₃O₄ terhadap struktur zeolit berbasis FA.
2. Efisiensi proses adsorpsi dan kemudahan pengambilan kembali ZFA/ZnO/Fe₃O₄ dari larutan antibiotik klindamisin.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini, diantaranya:

- 2.1. Manfaat teoritis

Memodifikasi FA menggunakan ZnO dan Fe₃O₄ menjadi zeolit sebagai alternatif material adsorben yang murah, mudah diproduksi, dan ramah lingkungan.

2.2. Manfaat praktis

- a. Mendaur ulang limbah FA batu bara dari industri tekstil yang menumpuk dengan metode sintesis hidrotermal.
- b. Mengurangi limbah dan mencegah terbentuknya bakteri yang resisten terhadap antibiotik klindamisin dengan menggunakan metode yang mudah, murah, dan ramah lingkungan.