

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Antibiotika merupakan suatu molekul kompleks yang diklasifikasikan berdasarkan struktur kimia dan mekanisme kerja serta spektrum aktivitasnya terhadap mikroorganisme (Biswal & Balasubramanian, 2022). Cycon et al. (2019) mengatakan bahwa di antara tahun 2000 dan 2015, terdapat 76 negara di seluruh dunia dengan penggunaan antibiotika yang dinyatakan dalam dosis harian tertentu meningkat 65% dan telah mencapai 42 miliar pada tahun 2015. Hal ini diperkirakan bahwa penggunaan antibiotika akan terus meningkat pada tahun 2030 menjadi 200% lebih tinggi daripada tahun 2015 (Cycon et al., 2019). Apabila terjadi kesalahan dalam penanganan dan penggunaan antibiotika yang berlebihan dapat memicu permasalahan lingkungan yang mengakibatkan penumpukan antibiotika sehingga meningkatkan pembentukan ARGs dan ARB yang membahayakan lingkungan alam dan kesehatan manusia (Sanni et al., 2024).

Secara global, munculnya antibiotika dalam air diakui sebagai masalah polusi yang kritis (Qalyoubi et al., 2022). Dari permasalahan tersebut, efektivitas obat-obatan dalam melawan bakteri patogen akan semakin menurun (Cela-Dablanca et al., 2021). Terdapat beberapa antibiotika seperti TC, Fluorokuinolon, Sulfonamida, dan Makrolida yang menyumbang sekitar 55% dari total penggunaan antibiotika di Cina yang merupakan konsumen antibiotika terbesar di dunia (Wu et al., 2019). Akibatnya, TC termasuk antibiotika yang memiliki konsentrasi tertinggi dan merupakan residu antibiotika dalam air limbah yang paling sering dilaporkan (Cycon et al., 2019). TC merupakan antibiotika spektrum luas yang paling banyak digunakan dan dapat secara efektif menghambat aktivitas bakteri gram positif-negatif dan mikroorganisme lainnya (Wang et al., 2020). CIP menjadi limbah antibiotika yang paling sering ditemukan di selokan, permukaan air, dan bahkan di IPAL (Gunawan et al., 2023). CIP merupakan antibiotika golongan Fluorokuinolon generasi kedua yang banyak digunakan untuk berbagai keperluan medis (Qalyoubi et al. 2022).

Pengolahan limbah antibiotika di IPAL bergantung pada sifat antibiotika dan jenis pengolahannya karena antibiotika dapat mengalami degradasi lengkap atau degradasi tidak lengkap (parsial) sehingga antibiotika tidak dapat dihilangkan sepenuhnya. Oleh karena itu, dibutuhkan pengembangan metode yang efektif untuk menghilangkan antibiotika tersebut sepenuhnya. Hingga saat ini, terdapat



yang dapat digunakan untuk menghilangkan antibiotika, seperti degradasi), fisikokimia (adsorpsi, desinfeksi, pemisahan), proses lainnya (penguapan, hidrolisis, dan fotolisis). Di antara adsorpsi menjadi metode yang sangat efektif karena kemudahannya, sederhana, biaya proses yang rendah, efisiensi tinggi, dan kemampuan regenerasi yang baik sehingga relatif

ramah lingkungan dalam menghilangkan antibiotika dari air limbah (Biswal & Balasubramanian, 2022; Wang et al., 2020; Sanni et al., 2024).

Biswal & Balasubramanian (2022) sebelumnya telah melakukan penelitian untuk menghilangkan antibiotika berupa Sulfonamida, TC, dan Kuinolon dari air limbah dengan menggunakan adsorben berbasis karbon yang termodifikasi. Akan tetapi, penelitian tersebut memiliki prosedur sintesis yang kompleks dengan biaya yang begitu mahal (Biswal & Balasubramanian, 2022). Sehingga, dalam beberapa tahun terakhir telah dikembangkan suatu material berupa LDH yang dimanfaatkan sebagai agen pengadsorpsi limbah antibiotika dalam air. LDH merupakan suatu material dengan struktur berlapis menyerupai lapisan seperti brisit dengan rumus struktur berupa $[M(II)_{1-x} M(III)_x (OH)_2]^{x+} (A^n-)_{x/n} mH_2O$. Dalam rumus ini, M(II) dan M(III) menunjukkan logam divalen dan trivalen serta istilah A menunjukkan anion interlayer dan x menunjukkan rasio molar (Farhan et al., 2024).

Sebelumnya, Ma et al. (2022) telah menggunakan MgLa dalam sintesis LDH untuk menghilangkan fosfat (Ma et al., 2022). Beberapa tahun kemudian, Syahida et al. (2024) mengembangkan inovasi dengan mensintesis LDH MgLa untuk mengolah limbah antibiotika TC dan CIP (Syahida et al., 2024). Oleh karena itu, melalui penelitian ini akan dikaji secara lebih lanjut mengenai penggunaan kembali (*reusability*) dari agen pengadsorpsi berupa LDH berbasis MgLa dalam pengolahan limbah antibiotika TC dan CIP melalui pemodelan limbah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini, apakah LDH berbasis MgLa dapat digunakan kembali secara berulang (*reusable*) setelah pengaplikasian sebagai adsorben dalam mengolah limbah antibiotika Tetrasiklin dan Siprofloksasin?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui bahwa LDH berbasis MgLa dapat digunakan kembali secara berulang (*reusable*) setelah pengaplikasian sebagai adsorben dalam mengolah limbah antibiotika Tetrasiklin dan Siprofloksasin.



BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas, *centrifuge* (LC-04C PLUS), *hot plate* (IKA® C-MAG HS 7), *magnetic stirrer* (DLAB MS-PA), mikropipet (VITLAB®), oven (Memmert® UN30-230V), pH meter (Hanna® HI2211), spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu® UV-1780), tabung vacutainer (Vaculab®), timbangan analitik (FUJITSU® FS-AR), dan *vortex* (DLAB MX-S).

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air deionisasi yang diperoleh dari OneMed®. Asam hidroklorida (HCl), natrium hidroksida (NaOH), dan natrium karbonat (Na₂CO₃) yang diperoleh dari Sigma-Aldrich. TC dan CIP yang diperoleh dari Pusat Pengembangan Pengujian Obat dan Makanan Nasional yang telah sesuai dengan standar baku mutu obat. Kapsul TC diperoleh dari PT. Sejahtera Lestari Farma dan kaplet CIP diperoleh dari PT. Etercon Pharma sebagai pemodelan limbah antibiotika. Hasil sintesis LDH MgLa yang diperoleh dari tim periset Universitas Hasanuddin (UNHAS) tahun 2024.

2.2 Metode Kerja

2.2.1 Pembuatan Model Limbah TC dan CIP

Pada penelitian ini dilakukan pemodelan limbah antibiotika TC dan CIP yang dikondisikan seperti limbah cair rumah sakit. Pembuatan model limbah TC dan CIP dilakukan dengan membuat larutan stok masing-masing limbah dan kemudian mengencerkan larutan stok menggunakan air deionisasi dengan konsentrasi tertentu. Larutan stok limbah TC 1000 mg/L dibuat dari kapsul TC yang dilarutkan dalam air deionisasi, kemudian diencerkan hingga diperoleh konsentrasi 20 mg/L. Larutan stok limbah CIP 1000 mg/L dibuat dari kaplet CIP yang dilarutkan dalam air deionisasi, kemudian diencerkan hingga diperoleh konsentrasi 9 mg/L (Gunawan et al., 2023; Syahida et al., 2024).

2.2.2 Pengujian *Reusability*

Untuk mengetahui penggunaan kembali dari LDH berbasis MgLa, maka diperlukan pengujian *reusability*. Pengujian ini dilakukan dengan mengukur konsentrasi awal dan akhir limbah TC dan CIP sebelum dan sesudah penambahan LDH MgLa (Syahida et al., 2024).



nsentrasi awal. Pengujian diawali dengan dilakukan pH larutan model limbah yang telah dibuat sebelumnya. ada pH 5 dan limbah CIP diatur pada pH 9. Pengukuran nah TC dan CIP dilakukan sebelum penambahan LDH MgLa. ur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang ntuk TC dan 276 nm untuk CIP (Syahida et al., 2024).

Pengukuran konsentrasi akhir. Pengujian dilanjutkan dengan menambahkan LDH MgLa 1 g/L ke dalam masing-masing limbah. Kemudian, dilakukan penambahan agen desorpsi berupa campuran NaOH 0,1 mol/L dan Na₂CO₃ 0,1 mol/L. Masing-masing larutan digojog menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 200 rpm selama 240 menit untuk TC dan 120 menit untuk CIP. Selanjutnya, kedua campuran disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit dan dikeringkan selama 6,5 jam. Pengukuran konsentrasi akhir limbah TC dan CIP diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 356 nm untuk TC dan 276 nm untuk CIP (siklus pertama). Pengujian ini dilakukan dalam tiga siklus dengan menggunakan dua replikasi tiap siklusnya. Hasil yang diperoleh dimasukkan ke dalam persamaan kapasitas adsorpsi (q_e) (persamaan 1) dan persentase efisiensi *removal* (persamaan 2) (Syahida et al., 2024; Li et al., 2023; Hoang et al., 2022; Mohamed et al., 2023).

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{W} \quad (1)$$

$$\%RE = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

- q_e : Kapasitas adsorpsi pada kesetimbangan (mg/g)
- C_0 : Konsentrasi awal polutan (mg/L)
- C_e : Konsentrasi polutan pada kesetimbangan (mg/L)
- V : Volume larutan (L)
- W : Bobot adsorben (g)
- $\%RE$: Persentase efisiensi *removal* (%)

2.2.3 Analisis Data

Data yang diperoleh dari pengujian *reusability* dimasukkan ke dalam persamaan matematika dan diolah dengan menggunakan *software* berupa GraphPad Prism® 9.

