



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Resistensi antibiotika menjadi salah satu ancaman terbesar bagi kesehatan yang merupakan kondisi ketika virus, bakteri, dan parasit sudah tidak dapat merespon antibiotika (WHO, 2023). Resistensi antibiotika dapat terjadi karena penggunaan antibiotika yang tidak tepat dan berlebihan baik pada manusia, hewan ternak, rantai makanan, serta adanya agen antibiotika di lingkungan (Sweileh dan Mansour, 2020). Menurut data dari *World Health Organization* (WHO), Indonesia menempati urutan ke-8 dari 27 negara dengan tingkat resistensi antibiotika yang diperkirakan terus meningkat hingga tahun 2025 (Tama dan Hilmi, 2022). Tingkat resistensi antibiotika yang terus meningkat berkaitan dengan penggunaan antibiotika yang juga meningkat (Schar *et al.*, 2020).

Golongan antibiotika selain golongan beta-laktam yang paling banyak digunakan yaitu kuinolon (27%), tetrasiklin (20%), amfenikol (18%) dan sulfonamida (14%) (Schar *et al.*, 2020). Tetrasiklin (TC) merupakan antibiotika yang telah digunakan selama lebih dari enam dekade dan efektif untuk melawan bakteri gram positif dan gram negatif (Antos *et al.*, 2024). TC menjadi antibiotika yang menduduki peringkat kedua di dunia dalam hal produksi dan penggunaan. Hal ini dikarenakan TC digunakan secara luas baik dalam terapi pada manusia, peternakan serta akuakultur karena memiliki harga produksi yang rendah, kemurnian tinggi, dan kualitas yang tinggi (Ahmad *et al.*, 2021).

Aplikasi dan penggunaan TC yang luas menyebabkan TC sering terdeteksi di lingkungan seperti air dan tanah. Selain itu, antibiotika diolah melalui Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), namun IPAL belum dapat menghilangkan TC dari air limbah sehingga dapat terlepas ke lingkungan. Pelepasan ini mengakibatkan adanya residu antibiotika di lingkungan baik dalam bentuk obat induk ataupun produk metabolisme yang dapat menjadi ancaman serius bagi manusia dan hewan seperti terjadinya resistensi mikroorganisme terhadap antibiotika atau perkembangan penyakit baru. Berdasarkan masalah tersebut, dibutuhkan agen alternatif baru untuk menghilangkan residu TC di air limbah yang jauh lebih efektif, praktis, dan tidak membahayakan bagi lingkungan salah satunya dengan menggunakan agen pengadsorpsi seperti *Layered Double Hydroxide* (LDH) (Gopal *et al.*, 2020; Johnston *et al.*, 2024).

LDH merupakan material dengan struktur berlapis yang terbentuk oleh hidroksida logam dan anion antar lapisan dengan struktur kimia  $[M^{2+}_{1-x} M^{3+}_x (OH)_2](A^{n-})_{x/n} \cdot mH_2O$ , yang memungkinkan adanya beberapa logam berbeda yaitu kation divalen dan trivalen serta anion antar lapisan (Nava-Andrade *et al.*, 2021; Johnston *et al.*, 2024). Beberapa tahun terakhir, LDH telah banyak digunakan untuk menghilangkan senyawa anionik dalam air termasuk antibiotika, contohnya seperti LDH dengan logam divalen magnesium (Mg) dan logam trivalen lantanum (La). Logam Mg dan La dipilih karena diketahui memiliki konduktivitas termal yang tinggi,



*biodegradable*, memiliki kemampuan adsorpsi yang stabil, serta memiliki kemampuan regenerasi yang sangat baik (Yu *et al.*, 2021; Jia *et al.*, 2020).

Saat ini, LDH berbasis MgLa telah diaplikasikan sebagai adsorben dan diyakini efektif dalam menghilangkan senyawa fosfat dalam air, namun belum terdapat penelitian spesifik mengenai penggunaan LDH-MgLa sebagai agen adsorpsi untuk menghilangkan TC dari air limbah (Li *et al.*, 2023). Sebelumnya, Barac *et al.* (2024) telah berhasil mendegradasi antibiotika golongan tetrasiklin dalam air menggunakan Ni-Fe-LDH, namun tingkat degradasi yang dihasilkan belum maksimal (Barac *et al.*, 2024). Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada penggunaan dan evaluasi efektivitas LDH-MgLa dalam megadorpsi TC dari air limbah.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu bagaimana kondisi adsorpsi limbah tetrasiklin dalam air limbah menggunakan adsorben LDH-MgLa.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini untuk mengetahui kondisi adsorpsi tetrasiklin dalam air limbah menggunakan adsorben LDH-MgLa.



## BAB II

### METODE PENELITIAN

#### 2.1 Alat dan Bahan

##### 2.1.1 Alat

Dalam penelitian ini, alat-alat yang digunakan antara lain: alat-alat gelas, *centrifuge* (LC-04C PLUS), *hot plate* (IKA® C-MAG HS 7), *magnetic stirrer* (DLAB MS-PA), spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu UV-1780), dan timbangan analitik (FUJITSU FA-AR).

##### 2.1.2 Bahan

Dalam penelitian ini, bahan-bahan yang digunakan antara lain: air deionisasi (Waterone®), asam hidroklorida (HCl) (Emsure®), kapsul tetrasiklin (TC), *layered double hydroxide* berbasis MgLa (LDH-MgLa), natrium hidroksida (NaOH) (Emsure®), dan tetrasiklin (TC) BPF1.

#### 2.2 Metode Penelitian.

##### 2.2.1 Pengukuran Kurva Kalibrasi TC

Larutan stok TC 1000 mg/L diencerkan hingga konsentrasi 5-25 mg/L menggunakan air deionisasi. Kemudian dilarutkan dikondisikan pada pH 3, 5, 7, 9, dan 11 menggunakan HCl/NaOH 0,1 N lalu diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 356 nm (Wang *et al.*, 2023).

##### 2.2.2 Pembuatan Model Limbah TC

Larutan limbah 1000 mg/L dibuat dari kapsul TC yang dilarutkan dalam air deionisasi kemudian diencerkan hingga diperoleh konsentrasi larutan limbah 5-25 mg/L.

##### 2.2.3 Penentuan pH Optimum Limbah TC

Larutan stok limbah TC 1000 mg/L dicuplik dan ditambahkan 10 mg LDH-MgLa. Campuran dikondisikan pada pH 3, 5, 7, 9, dan 11 kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada kecepatan 200 rpm selama 2 jam serta disentrifugasi pada kecepatan 3000 rpm selama 10 menit. Konsentrasi limbah TC sebelum dan setelah penambahan 10 mg LDH-MgLa diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 356 nm. Hasil yang diperoleh dimasukkan ke dalam persamaan kapasitas adsorpsi (1) dan persentase penghilangan polutan (2) (Wang *et al.*, 2023).

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

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



Keterangan:

- $q_e$  : Kapasitas adsorpsi pada kesetimbangan (mg/g)  
 $C_o$  : Konsentrasi awal polutan (mg/L)  
 $C_e$  : Konsentrasi polutan pada kesetimbangan (mg/L)  
 $V$  : Volume larutan (L)  
 $W$  : Bobot adsorben (g)  
 $\%R$  : Persentase penghilangan polutan (%)

### 2.2.4 Penentuan Konsentrasi Optimum Limbah TC

Larutan stok limbah TC 1000 mg/L diencerkan hingga konsentrasi 5-25 mg/L lalu ditambahkan 10 mg LDH-MgLa. Campuran dikondisikan pada pH 5 lalu diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada kecepatan 200 rpm selama 2 jam serta disentrifugasi pada kecepatan 3000 rpm selama 10 menit. Konsentrasi limbah TC sebelum dan setelah penambahan 10 mg LDH-MgLa diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 356 nm. Hasil yang diperoleh dimasukkan ke dalam persamaan kapasitas adsorpsi (1) dan persentase penghilangan adsorbat (2) (Wang *et al.*, 2023).

### 2.2.5 Pengujian Kinetika Adsorpsi LDH-MgLa

Larutan stok limbah TC 1000 mg/L diencerkan hingga konsentrasi 20 mg/L lalu ditambahkan 10 mg LDH-MgLa. Campuran dikondisikan pada pH kemudian dicuplik dan dianalisis pada waktu ke-0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, dan 240 menit. Konsentrasi limbah TC sebelum dan setelah penambahan 10 mg LDH-MgLa diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 356 nm (Wang *dkk.*, 2023). Hasil yang diperoleh dimasukkan ke dalam persamaan kinetika orde satu (1) dan kinetika orde dua (2) (Hoang *et al.*, 2023).

$$\ln (q_e - q_t) = \ln q_e - K_1 t \quad (3)$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{K_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (4)$$

Keterangan:

- $q_e$  : Kapasitas adsorpsi pada kesetimbangan (mg/g)  
 $q_t$  : Kapasitas adsorpsi pada waktu tertentu (mg/g)  
 $K_1$  : Konstanta laju orde satu (menit<sup>-1</sup>)  
 $K_2$  : Konstanta laju orde dua (g.mg<sup>-1</sup>menit<sup>-1</sup>)  
 $t$  : Waktu (menit)

### 2.2.6 Pengujian Isoterm Adsorpsi LDH-MgLa

Larutan stok limbah TC 1000 mg/L diencerkan hingga konsentrasi 5-25 mg/L lalu ditambahkan 10 mg LDH-MgLa. Campuran dikondisikan pada pH 5 dan waktu kontak diatur selama 240 menit kemudian disentrifugasi pada kecepatan 3000 rpm selama 10 menit. Konsentrasi limbah TC sebelum dan setelah penambahan 10 mg LDH-MgLa diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 356 nm (Wang *et al.*, 2023). Hasil yang diperoleh dimasukkan ke dalam model isoterm



adsorpsi Langmuir (5 dan 6) dan Freundlich (7) (Hoang *et al.*, 2022; Wang dan Guo, 2020).

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{K_L q_{\max}} \cdot \frac{1}{C_e} + \frac{1}{q_{\max}} \quad (5)$$

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L C_0} \quad (6)$$

$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \quad (7)$$

Keterangan:

$q_e$  : Kapasitas adsorpsi pada kesetimbangan (mg/g)

$K_L$  : Konstanta Langmuir (L/mg)

$R_L$  : Faktor kesetimbangan/pemisahan

$q_{\max}$  : Kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g)

$C_e$  : Konsentrasi adsorbat dalam larutan (mg/L)

$K_f$  : Konstanta Freundlich (mg/g)

$n$  : Faktor heterogenitas (tanpa satuan)

### 2.2.7 Analisis data, pembahasan, dan kesimpulan

Data konsentrasi limbah TC yang diperoleh dimasukkan ke dalam persamaan matematika dan olah menggunakan bantuan *software Microsoft Excel* dan *GraphPad Prism 10* untuk dibahas dan ditarik kesimpulan.