BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Resistensi antibiotik menjadi salah satu tantangan terbesar dalam dunia kesehatan. Pada tahun 2019, diperkirakan 1,27 juta kematian terjadi karena resisten antibiotik dan berkontribusi terhadap 4,95 juta kematian lainnya, termasuk masing-masing 97.000 dan 369.000 di wilayah Asia Tenggara (Limato *et al.,* 2022; WHO, 2023). Indonesia menempati urutan ke-8 dari 27 negara dengan risiko resistensi antibiotik tertinggi dan diprediksi dapat menjadi penyebab kasus resistensi antibiotik terbesar di tahun 2025 jika tidak ditangani dengan tepat (Tama dan Hilmi, 2022). Menurut Komite Pengendalian Resistensi Antimikroba di tahun 2013, bakteri resisten terhadap antibiotik sebesar 40%. Hal itu meningkat menjadi 60% di tahun 2016 dan 60,4% di tahun 2019 (Marsudi, 2021).

Resistensi antibiotik berkaitan dengan prevalensi penggunaan antibiotik yang semakin meningkat hingga 76% di negara dengan pendapatan rendah hingga menengah. Hal ini disebabkan oleh pemberian resep antibiotik yang tidak rasional, sanitasi yang buruk, akses penggunaan antibiotik yang bebas, serta kurangnya kesadaran masyarakat terhadap antibiotik (Noman *et al.,* 2024). Tingginya penggunaan antibiotik secara tidak langsung berhubungan dengan perairan yang tercemar akibat limbah klinis, pertanian, dan industri farmasi. Kehadiran antibiotik di perairan dapat mempercepat poliferasi patogen yang resisten terhadap antibiotik sehingga menurunkan efek terauetik antibiotik (Sosa-Hernández *et al.,* 2021). Penggunaan antibiotik di Indonesia diperkirakan sekitar 30-80% masih secara tidak rasional dalam menggunakan antibiotik (Kusuma, 2021).

Secara global, terdapat beberapa antibiotik selain golongan beta laktam yang sering digunakan, yaitu kuinolon (27%), tetrasiklin (20%), amfenikol (18%) dan sulfonamida (14%) (Schar *et al.,* 2020). Siprofloksasin adalah antibiotik golongan kuinolon tepatnya florokuinolon yang dapat melawan infeksi bakteri gram positif dan negatif melalui penghambatan replikasi DNA (Ojkic *et al.,* 2020). Siprofloksasin sangat larut dalam air (1,35 mg/mL) pada kondisi pH yang berbeda dan sangat stabil dalam air limbah dan tanah. Konsentrasi siprofloksasin dalam air limbah sekitar 100 ng/L – 10 µg/L serta 100 – 500 mg/L dalam industri dan rumah sakit. Siprofloksasin tidak dapat sepenuhnya dihilangkan dalam pengolahan limbah melalui Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dan pembuangannya ke air belum diatur secara efektif (Jara-Cobos *et al.,* 2023).

olahan air limbah melalui IPAL masih kurang efektif, sehingga novatif untuk mengurangi pencemaran lingkungan akibat nya dengan penggunaan adsorben (Gahrouei *et al.,* 2024). *oxide* (LDH) merupakan adsorben berbentuk serbuk dengan da yang terdiri dari kation logam dan anion antar lapisannya 3). LDH tersusun atas kation logam divalen seperti Mg^{2+}, Zn^{2+}, n seperti Al^{3+}, Co^{3+}, Fe^{3+}, serta anion seperti CO_3^{2-}, NO_3^-, Cl^-,

Optimized using
trial version
www.balesio.com

dan anion organik (Jing *et al.,* 2020). Struktur LDH memiliki interaksi elektrostatik antara lapisan, kapasitas pertukaran ion yang tinggi, biokompatibilitas dan stabilitas termal yang baik, serta bersifat ramah lingkungan sehingga dapat digunakan sebagai penyerap untuk menghilangkan polutan dalam air limbah (Singha Roy *et al.,* 2022).

Dalam beberapa tahun terakhir, telah dikembangkan adsorben untuk polutan dalam air termasuk siprofloksasin. Adsorben gel organik bimetalik aluminium-tembaga telah diteliti untuk menghilangkan molekul siprofloksasin dalam air limbah, tetapi proses preparasinya cukup kompleks (Liu *et al*., 2023). Selain itu, LDH berbasis Ni-Al yang dimodifikasi *graphene oxide* juga telah diteliti dapat menghilangkan siprofloksasin dalam air limbah, tetapi hanya memiliki efisiensi *removal* sebesar 87,4% dengan waktu kontak yang lama yaitu 180 menit (Pal *et al.,* 2024). Oleh karena itu, diperlukan material LDH yang dapat dipreparasi dengan metode yang lebih sederhana dan memiliki hasil adsorpsi yang baik untuk meningkatkan efektifitas penggunaannya, salah satunya dengan menggunakan logam magnesium (Mg) dan lantanum (La).

Logam divalen seperti Mg dan trivalen seperti La dapat digunakan sebagai pembentuk LDH. Logam Mg dikenal memiliki konduktivitas termal yang tinggi, biokompatibilitas, biodegradabilitas, serta ramah lingkungan (Xia *et al.,* 2021). Sementara itu, logam La merupakan logam yang ramah lingkungan, relatif murah, memiliki afinitas tinggi pada konsentrasi rendah, serta rentang pH yang luas, dengan kemampuan adsorpsi dan regenerasi yang stabil dan baik (Jia *et al.,* 2020). Ion Mg dapat disubtitusi secara isomorf oleh ion La sehingga menghasilkan lapisan hidroksida logam bermuatan positif yang diimbangi oleh lapisan anion (Bokka *et al*., 2023). Oleh karena itu, LDH dapat disintesis melalui metode kopresipitasi yang melibatkan pembentukan partikel padat secara bersamaan selama proses presipitasi (Mohammed *et al.,* 2023).

Hingga saat ini, belum ada penelitian yang secara spesifik mengevaluasi kemampuan LDH-MgLa sebagai adsorben untuk limbah siprofloksasin. penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas LDH-MgLa dalam mengadsorpsi limbah siprofloksasin dan menentukan kondisi operasional yang optimal untuk proses penjerapannya. Signifikansi penelitian ini terletak pada potensi LDH-MgLa sebagai solusi yang inovatif untuk mengatasi masalah pencemaran antibiotik di lingkungan. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat memberikan alternatif pengolahan air limbah yang mengandung antibiotik, sehingga dapat berkontribusi pada kesehatan dan perlindungan lingkungan di sekitar masyarakat.

1.2 Rumusan Masalah

elakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini
disi optimum untuk mengadsorpsi siprofloksasin menggunakan
sis MgLa.

Optimized using
trial version
www.balesio.com

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini, yaitu untuk mengetahui kondisi optimum yang dapat mengadsorpsi siprofloksasin menggunakan adsorben LDH berbasis MgLa.

Optimized using
trial version
www.balesio.com

BAB II
METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

2.1.1 Alat

Dalam penelitian ini, alat-alat yang digunakan yaitu alat-alat gelas, *centrifuge* (LC-04C PLUS), *hot plate* (IKA® C-MAG HS 7), *magnetic stirrer* (DLAB MS-PA), pH meter (Hanna HI2211), spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu UV-1780), dantimbangan analitik (FUJITSU FA-AR).

2.1.2 Bahan

Dalam penelitian ini, bahan-bahan yang digunakan yaitu asam hidroklorida (HCl), natrium hidroksida (NaOH), yang diperoleh dari Sigma-Aldrich. Siprofloksasin diperoleh dari Pusat Pengembangan Pengujian Obat dan Makanan Nasional yang telah sesuai standar baku mutu obat. Kaplet siprofloksasin diperoleh dari PT. Novell Pharmaceutical Laboratories yang digunakan sebagai pemodelan limbah. Semua campuran untuk penelitian dipreparasi menggunakan air deionisasi yang diperoleh dari OneMed.

2.2 Metode Penelitian

2.2.1 Pengukuran Kurva Baku

Preparasi larutan stok siprofloksasin untuk kurva baku dibuat dalam konsentrasi 1000 mg/L. Siprofloksasin ditimbang sebanyak 10 mg dan dilarutkan dengan air deionisasi dalam labu tentukur 10 mL. Larutan stok tersebut diencerkan dengan air deionisasi hingga diperoleh lima seri konsentrasi yaitu 2, 4, 6, 8, dan 10 mg/L yang dikondisikan pada pH 3, 5, 7, 9, dan 11 menggunakan HCl 0,1 mol/L atau NaOH mol/L. Larutan tersebut diukur pada panjang gelombang 276 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Prasad dan Ratna, 2018).

2.2.2 Pembuatan Model Limbah

Larutan stok limbah siprofloksasin dibuat dalam konsentrasi 1000 mg/L dari kaplet siprofloksasin yang dilarutkan menggunakan 10 mL air deionisasi. Larutan stok tersebut diencerkan dengan air deionisasi hingga diperoleh empat seri konsentrasi yaitu 3, 5, 7, dan 9 mg/L. Model limbah tersebut akan digunakan pada pengujian selanjutnya (Gunawan *et al.,* 2023).

2.2.3 Penentuan pH Optimum

loksasin dengan konsentrasi 5 mg/L ditambahkan LDH-MgLa
ıpuran dikondisikan pada pH 3, 5, 7, 9, dan 11 menggunakan
NaOH mol/L dan diaduk dengan *magnetic stirrer* dengan
selama 2 jam. Selanjutnya, campuran disentrifugasi dengan
selama 10 menit. Konsentrasi siprofloksasin dalam limbah
akan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 276

Optimized using
trial version
www.balesio.com

nm. Hasil yang diperoleh dimasukkan ke dalam persamaan kapasitas adsorpsi (q_e) (persamaan 1) dan persentase adsorbat yang teradsorpsi (%R) (persamaan 2) (Wang *et al.,* 2023; Pal *et al.,* 2024).

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

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

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	:	Berat adsorben (g)
%R	:	Persentase efisiensi *removal* (%)

2.2.4 Penentuan Konsentrasi Optimum

Larutan limbah siprofloksasin dengan konsentrasi 3, 5, 7, dan 9 mg/L ditambahkan LDH-MgLa sebanyak 1 g/L, kemudian larutan limbah diatur pada pH 9 menggunakan HCl 0,1 mol/L atau NaOH mol/L. Campuran diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 200 rpm selama 2 jam, kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit. Konsentrasi limbah diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 276 nm dan hasil dimasukkan ke dalam rumus kapasitas adsorpsi (q_e) (persamaan 1) dan persentase adsorbat yang teradsorpsi (%R) (persamaan 2) (Wang *et al.,* 2023; Pal *et al.,* 2024).

2.2.5 Pengujian Kinetika Adsorpsi

Larutan limbah siprofloksasin dengan konsentrasi 9 mg/L ditambahkan LDH-MgLa 1 g/L dan dikondisikan pada pH 9 dengan HCl 0,1 mol/L atau NaOH 0,1 mol/L. Selanjutnya, campuran diaduk dengan *magnetic stirrer* kecepatan 200 rpm dan dianalisis pada waktu ke-0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, dan 240 menit. Campuran tersebut disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit dan dianalisis pada panjang gelombang 276 nm menggunakan spektrofotometer Uv-Vis. Hasil analisis dimasukkan ke dalam persamaan kinetika *pseudo* orde satu (persamaan 3) dan kinetika *pseudo* orde dua (persamaan 4) (Hoang *et al.,* 2022).

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

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

Keterangan:

adsorpsi pada kesetimbangan (mg/g)
adsorpsi pada waktu tertentu (mg/g)
laju *pseudo* orde satu (menit^{-1})
laju *pseudo* orde dua (g.mg^{-1}menit^{-1})
enit)

Optimized using
trial version
www.balesio.com

2.2.6 Pengujian Isoterm Adsorpsi

Larutan limbah siprofloksasin dengan konsentrasi 3, 5, 7, dan 9 mg/L yang telah ditambahkan LDH-MgLa 1 g/L dikondisikan pada pH 9 menggunakan HCl 0,1 mol/L atau NaOH 0,1 mol/L. Campuran diaduk dengan *magnetic stirrer* kecepatan 200 rpm selama 120 menit dan disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit. Selanjutnya, campuran dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 276 nm. Data yang diperoleh dimasukkan dalam model isoterm Langmuir (persamaan 5) dan Freundlich (persamaan 6) (Perwitasari *et al.,* 2021).

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

$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \quad (6)$$

Keterangan:

q_e	:	Kapasitas adsorpsi pada kesetimbangan (mg/g)
K_L	:	Konstanta Langmuir (L/mg)
q_{max}	:	Kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g)
C_e	:	Konsentrasi adsorbat dalam larutan (mg/L)
K_f	:	Konstanda Freundlich (mg/g)
n	:	Faktor heterogenitas (tanpa satuan)

2.2.7 Analisis data, pembahasan, dan kesimpulan

Data yang diperoleh dari pengukuran kurva baku, penentuan pH, konsentrasi dan waktu kontak optimum, serta pengujian kinetika dan isoterm adsorpsi dimasukkan ke dalam persamaan matematika, lalu diolah menggunakan GraphPad Prism®.

Optimized using
trial version
www.balesio.com