

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan populasi dan penggunaan sumber daya yang tidak berkelanjutan memperburuk pencemaran air minum, termasuk oleh *Escherichia coli* (*E. coli*), yang menjadi ancaman serius bagi kesehatan manusia dan kualitas lingkungan (Some dkk., 2021). Akses terhadap air minum aman merupakan hak dasar dan selaras dengan *Sustainable Development Goals* (SDG) 6.1 yang menargetkan akses universal terhadap air minum yang layak. Sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023, air minum harus bebas *E. coli* (0 CFU/100 mL) (WHO, 2017). Paparan *E. coli* dapat menyebabkan diare, seperti tercatat di Kota Semarang sebanyak 25 kasus per 1.000 penduduk, dan secara global 88% kematian anak akibat diare terkait konsumsi air minum yang tidak aman (Rahmitha dkk., 2018).

Masyarakat kelas menengah kini banyak beralih ke Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) akibat meningkatnya harga air kemasan. Meskipun teknologi DAMIU mirip dengan air kemasan, biaya operasionalnya lebih rendah karena tanpa pengemasan dan distribusi (Kusumaningrum dkk., 2022). Di Kota Semarang, 37 DAMIU tercatat melayani 156.865 jiwa pada tahun 2015, yang menunjukkan tingginya ketergantungan masyarakat terhadap sumber alternatif ini (Rahmitha dkk., 2018). Hasil pemeriksaan kualitas air menunjukkan bahwa 35% DAMIU di Pasar Minggu terkontaminasi *E. coli*, dengan beberapa sampel mencapai 900 MPN per 100 mL. Di Kota Padang, hasil pemeriksaan kualitas air DAMIU menunjukkan bahwa 88,9% DAMIU tercemar bakteri *E. coli* (Eryeni dkk., 2023). Tingginya angka kontaminasi pada DAMIU ini menjadi masalah krusial karena air tersebut dikonsumsi langsung oleh masyarakat tanpa pengolahan lebih lanjut di tingkat rumah tangga. Kontaminasi tersebut umumnya berkaitan dengan kegagalan disinfeksi UV/ozon serta masuknya polutan setelah proses pengolahan. Kesenjangan antara standar kualitas air minum dengan kenyataan kontaminasi di tingkat depot ini menegaskan perlunya teknologi pengolahan air yang lebih efektif pada tingkat *Point of Use* (POU) sebagai proteksi akhir untuk

memastikan air yang dikonsumsi masyarakat benar-benar bebas patogen (Pou dkk., 2022).

Metode POU merupakan sistem pengolahan air yang diterapkan langsung pada titik penggunaan, bukan pada instalasi pusat. Berbagai teknologi POU seperti perebusan, klorinasi, *Solar Water Disinfection* (SODIS), dan filtrasi masih memiliki keterbatasan berupa kebutuhan energi, residu kimia, atau ketergantungan pada kondisi lingkungan tertentu. Kondisi ini mendorong kebutuhan akan teknologi yang lebih praktis, murah, dan efektif, terutama untuk pengolahan air minum di rumah tangga, wilayah pedesaan, dan daerah pasca-bencana. Metode adsorpsi menjadi alternatif yang menjanjikan karena efisiensi tinggi, biaya rendah, fleksibilitas, serta minim produk samping berbahaya (Ihsan & Derosya, 2024).

Material *Layered Double Hydroxide* (LDH) telah terbukti efektif menyisihkan bakteri dan virus serta aman untuk digunakan sebagai material pengolahan air (Forano dkk., 2018). Struktur lamelar LDH memberikan kapasitas adsorpsi yang besar, menjadikannya kandidat kuat untuk penyisihan kontaminan mikroba pada air minum (Mittal, 2021). Untuk aplikasi praktis, diperlukan bentuk LDH yang mudah dipisahkan dari air, salah satunya melalui pelapisan pada aluminium foil. Penggunaan aluminium foil komersial memberikan kemudahan ketersediaan dan membuka peluang pemanfaatan lebih lanjut (Iqbal dkk., 2020). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa LDH foil dengan reagen magnesium dan kalsium hidroksida mampu menurunkan konsentrasi *E. coli* dalam akuades dengan efisiensi >99% dalam 24 jam, serta dapat diregenerasi, sehingga memiliki potensi sebagai adsorben untuk air minum terkontaminasi patogen, khususnya *E. coli* (Ihsan dkk., 2023). Potensi LDH foil sebagai adsorben lembaran sangat relevan untuk mengatasi kontaminasi pada air galon dari DAMIU karena penggunaannya cukup dengan metode perendaman yang sederhana, aman, dan tidak memerlukan instalasi rumit.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan solusi inovatif untuk penyisihan kontaminan pada air minum. Pendekatan yang digunakan adalah sintesis LDH pada permukaan aluminium foil komersial untuk menghasilkan

lembaran adsorben (LDH foil) yang dapat digunakan melalui proses perendaman dalam sampel air terkontaminasi. Kinerjanya diuji pada dua kondisi, yaitu sampel artifisial dan sampel air depot di Kota Padang. Berbeda dari penelitian sebelumnya yang umumnya menggunakan air suling steril terkontaminasi dan juga menggunakan prekursor kimia berbiaya tinggi (Johan dkk., 2023; Ihsan dkk., 2025; Fukugaichi dkk., 2024), studi ini memanfaatkan prekursor sederhana seperti $Mg(NO_3)_2$ dari pupuk dan $Ca(OH)_2$ dari kapur sirih, serta menguji performanya pada kondisi air depot yang lebih realistis. Hasil penelitian diharapkan memberikan gambaran komprehensif mengenai keberhasilan sintesis serta efektivitas LDH foil dalam menyisihkan kontaminan pada air minum.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud Penelitian:

Penelitian ini bertujuan mengembangkan dan menguji adsorben berbasis LDH yang disintesis secara *in-situ* pada aluminium foil menggunakan prekursor lokal, dengan fokus pada penyisihan bakteri *E. coli* dari air minum. Selain itu, penelitian ini juga mengevaluasi kinerja prototipe LDH foil pada sumber air minum sehari-hari, seperti air depot isi ulang, untuk menilai potensi aplikasinya sebagai solusi pengolahan air yang praktis, ekonomis, dan ramah lingkungan, khususnya pada skala POU di rumah tangga, wilayah pedesaan, ataupun daerah pasca-bencana.

Tujuan Penelitian:

1. Menganalisis hasil fabrikasi LDH secara *in-situ* pada aluminium foil dengan mengkarakterisasi morfologi dan struktur lapisan yang terbentuk.
2. Menguji efektivitas LDH foil dalam menyisihkan bakteri pada sampel air artifisial dan sampel air depot.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan material LDH yang disintesis secara *in-situ* pada media aluminium foil menggunakan prekursor yang mudah

- didapat dan ekonomis (larutan pupuk $Mg(NO_3)_2$ dan larutan $Ca(OH)_2$)).
2. Menyediakan informasi mengenai kinerja dan efektivitas LDH foil dalam menyisihkan bakteri *E. coli* pada air minum, baik pada sampel air artifisial dan sampel air depot.
 3. Mengembangkan solusi inovatif melalui potensi pemanfaatan aluminium foil, serta mengurangi ketergantungan pada bahan kimia berbahaya dalam proses disinfeksi air.
 4. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengembangan lebih lanjut atau *pilot project* untuk aplikasi teknologi pengolahan air minum yang aman dan berkelanjutan bagi masyarakat luas.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan pada rentang Agustus hingga November 2025 di Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan dan Laboratorium Penelitian, Departemen Teknik Lingkungan Universitas Andalas.
2. Percobaan dilakukan menggunakan dua jenis sampel air:
 - a. Sampel artifisial berupa akuades terinokulasi *E. coli* (sekitar 100 MPN/mL, di laboratorium terkontrol);
 - b. Air minum depot isi ulang.
3. Adsorben yang digunakan adalah LDH yang disintesis secara *in-situ* pada permukaan aluminium foil komersial menggunakan larutan pupuk $Mg(NO_3)_2$ dan larutan $Ca(OH)_2$.
4. Sintesis LDH dilakukan melalui proses perendaman aluminium foil dalam larutan pupuk $Mg(NO_3)_2$ sebagai sumber ion magnesium dan larutan kapur sirih ($Ca(OH)_2$) sebagai reagen alkali, pada suhu ruang selama 6 jam dan 24 jam.
5. Uji adsorpsi dilakukan secara *batch* menggunakan LDH foil sebagai adsorben. Prosesnya melibatkan penambahan 16 cm² LDH foil ke dalam 100 mL sampel air (air akuades yang telah diinokulasi bakteri *E. coli* di laboratorium dan air depot yang terkontaminasi bakteri *E. coli*). Percobaan dilakukan sebanyak tiga kali (triplo).

6. Pengujian penyisihan bakteri *E. coli* dilakukan dengan pengambilan sampel dalam rentang waktu kontak tertentu yaitu 0, 3, dan 24 jam.
7. Analisis kualitas air meliputi pengujian konsentrasi bakteri sebelum dan sesudah pengolahan menggunakan metode *Most Probable Number* (MPN), serta pengukuran konsentrasi aluminium terlarut menggunakan metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) untuk memastikan keamanan air hasil pengolahan dan membandingkannya dengan standar kualitas air minum yang berlaku, yaitu Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023.
8. Karakterisasi morfologi dan struktur LDH foil dilakukan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dan *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDX) untuk memastikan terbentuknya lapisan LDH dengan kualitas optimal.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini adalah:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai hasil studi literatur dasar teori dan standar peraturan yang digunakan.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai tahapan penelitian yang dilakukan, metode analisis data, serta lokasi dan waktu penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil penelitian beserta pembahasannya.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi tentang Kesimpulan dan saran terkait pembahasan yang telah diuraikan.