

BAB I.

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Akses terhadap air minum yang aman dan bersih merupakan kebutuhan dasar manusia dan hak asasi yang mendasar. Namun, kenyataannya masih banyak masyarakat di dunia, terutama di negara berkembang, yang kesulitan mendapatkan air minum yang layak. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) memperkirakan bahwa lebih dari 2 miliar orang di dunia menggunakan sumber air minum yang terkontaminasi feces (World Health Organization, 2023). Tak terkecuali di Indonesia, sebagai negara berkembang yang sebagian besar sumber airnya dianggap berisiko terhadap penyakit yang ditularkan melalui air. Dari 20 ribu sumber air minum di Indonesia, 70 persennya terkontaminasi limbah tinja atau bakteri *E. Coli* (UNICEF Indonesia, 2022).

Kontaminasi air oleh mikroorganisme patogen merupakan salah satu ancaman terbesar bagi kesehatan masyarakat. Konsumsi air yang terkontaminasi dapat menyebabkan berbagai penyakit, seperti diare, kolera, tifus, dan hepatitis A (Kristanti *et al.*, 2022). Penyakit-penyakit ini dapat menyebabkan kematian, terutama pada anak-anak, dan menimbulkan beban kesehatan yang signifikan bagi masyarakat (World Health Organization, 2023).

Berbagai upaya telah dilakukan untuk menyediakan air minum yang aman, mulai dari penyediaan air perpipaan hingga penggunaan teknologi pemurnian air di tingkat rumah tangga. Namun, akses terhadap air perpipaan masih terbatas, terutama di daerah pedesaan dan terpencil (Fukuda *et al.*, 2019; Van der Bruggen, 2021). Di sisi lain, teknologi pemurnian air yang ada seringkali mahal dan sulit diakses oleh masyarakat berpenghasilan rendah (Ihsan & Derosya, 2024; Pooi & Ng, 2018).

Oleh karena itu, diperlukan solusi disinfeksi air yang efektif, mudah diakses, dan terjangkau oleh semua kalangan. Teknologi *point-of-use* (POU) menawarkan

solusi yang menjanjikan karena dapat diaplikasikan di tingkat rumah tangga dengan biaya yang relatif rendah. Metode yang berlaku saat ini meliputi perebusan, disinfeksi klorin, penyaringan, dan disinfeksi matahari (*solar disinfection/ SODIS*) (Ihsan & Derosya, 2024).

Namun beberapa konsekuensi muncul dari metode pengolahan air POU yang tidak memadai atau penggunaannya yang tidak tepat pada teknik klorinasi dan penyaringan. Mengakses reagen klorin dari otoritas pemerintah atau membeli perangkat penyaringan yang tersedia secara komersial terbukti menantang, khususnya bagi individu yang tinggal di daerah yang kekurangan distribusi klorin atau termasuk dalam masyarakat yang kurang mampu secara ekonomi (Zinn *et al.*, 2018). Selain itu, penolakan terhadap rasa dan bau yang diakibatkan oleh sisa disinfektan klorin semakin menghambat adopsi metode ini secara luas (Crider *et al.*, 2018).

Sebaliknya, metode POU tertentu seperti perebusan dan SODIS menghadirkan pendekatan yang berorientasi pada individu yang tidak rumit dan hemat biaya. Namun, metode ini bukannya tanpa kekurangan. Metode perebusan membutuhkan energi dan dapat dianggap merepotkan karena perlunya perebusan dan pendinginan berikutnya. Metode SODIS membutuhkan setidaknya 6 jam sinar matahari langsung, yang menyebabkan seringnya penggunaan yang tidak tepat. Selain itu, beberapa individu merasa perebusan tidak nyaman (Ihsan & Derosya, 2024). Oleh karena itu, terdapat kebutuhan mendesak akan metode pengolahan air yang baru, murah, dan mudah digunakan untuk melengkapi teknik POU yang sudah ada. Dalam mengatasi tantangan yang beraneka ragam ini, menjadi jelas bahwa upaya untuk mendapatkan air minum yang aman dan mudah diakses membutuhkan inovasi. Mengembangkan metode baru yang terjangkau, mudah diadopsi, dan efektif sangat penting untuk menambah dan meningkatkan teknik POU yang sudah ada.

Di sisi lain, meskipun adsorpsi merupakan metode sederhana untuk mengolah air, metode ini belum banyak digunakan dalam praktik POU. Adsorpsi menawarkan pendekatan sterilisasi yang praktis dan hemat biaya dengan menghilangkan bakteri dan virus dari air (Sellaoui *et al.*, 2021). Salah satu material adsorben yang berpotensi

untuk aplikasi POU adalah hidrosida lapis berganda (*layered double hydroxide/ LDH*). LDH merupakan material anorganik berlapis yang memiliki sifat adsorpsi dan antibakteri yang baik (Forano *et al.*, 2018). Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa LDH efektif dalam menghilangkan berbagai jenis mikroorganisme, termasuk bakteri *E. coli* (Ihsan *et al.*, 2023; Liu *et al.*, 2013).

Namun, penggunaan LDH dalam bentuk bubuk memiliki keterbatasan dalam aplikasi POU karena sulit dipisahkan dari air setelah pengolahan. Untuk mengatasi masalah ini, dikembangkan foil LDH yang dibuat dengan menumbuhkan LDH pada substrat aluminium (Fukugaichi *et al.*, 2022). Fabrikasi dengan metode ini memiliki keunggulan karena mudah ditangani, dapat digunakan berulang kali, dan tidak mengubah rasa atau bau air.

Penelitian ini berfokus pada pengembangan foil LDH sebagai agen antimikroba untuk disinfeksi air POU. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menghasilkan foil LDH yang mudah diproduksi, aman, dan efektif dalam menghilangkan bakteri *E. coli*. Penelitian ini juga mengevaluasi pengaruh metode preparasi terhadap karakteristik dan kinerja foil LDH.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi disinfeksi air POU yang berkelanjutan dan terjangkau oleh semua kalangan, khususnya masyarakat di daerah pedesaan dan terpencil yang memiliki akses terbatas terhadap air minum yang aman. Sebagai seorang insinyur teknik lingkungan, saya berperan dalam merancang dan mengembangkan solusi yang inovatif dan berkelanjutan untuk mengatasi permasalahan air minum di masyarakat.

1.2. Rumusan Masalah

Berikut adalah rumusan masalah yang disusun dengan mempertimbangkan latar belakang penelitian:

1. Bagaimana merancang alat disinfeksi air POU berbasis foil LDH yang efektif, mudah diproduksi, dan terjangkau oleh masyarakat di daerah pedesaan dengan mempertimbangkan aspek ekonomi?
2. Bagaimana mengoptimalkan proses fabrikasi foil LDH (suhu, waktu, konsentrasi larutan) untuk menghasilkan foil LDH dengan karakteristik fisik, kimia, dan antibakteri yang optimal dengan meminimalkan dampak lingkungan?

1.3. Batasan Masalah

Laporan ini difokuskan pada pengembangan alat disinfeksi air POU berbasis foil LDH dengan mempertimbangkan berbagai aspek dengan asumsi alat akan diproduksi dan digunakan oleh masyarakat di daerah pedesaan dengan keterbatasan ekonomi dan berbagai latar belakang pendidikan, namun dengan beberapa batasan sebagai berikut:

1. Material yang digunakan dalam fabrikasi alat disinfeksi harus ramah lingkungan dan tidak menghasilkan limbah berbahaya.
2. Proses fabrikasi foil LDH harus meminimalkan penggunaan bahan kimia berbahaya dan produksi limbah cair.
3. Foil LDH harus didesain agar mudah digunakan dan dirawat oleh masyarakat.
4. Proses fabrikasi alat disinfeksi harus sederhana, efisien, dan mudah dilakukan dengan menggunakan peralatan yang mudah diakses.
5. Material yang digunakan harus mudah didapatkan dan memiliki daya tahan yang baik agar alat dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama.

1.4. Tujuan

1. Mengembangkan alat disinfeksi air POU berbasis LDH yang efektif, mudah diproduksi, terjangkau, dan ramah lingkungan untuk masyarakat di daerah pedesaan.
2. Menguji kinerja foil LDH sebagai alat disinfeksi air POU dalam menyisihkan bakteri *E. coli* dari air.

1.5. Manfaat

1. Laporan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik lingkungan, khususnya dalam hal disinfeksi air dengan menggunakan material LDH.
2. Laporan ini dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pengembangan material LDH untuk aplikasi disinfeksi air.
3. Laporan ini dapat digunakan sebagai bahan kajian akademik bagi mahasiswa, dosen, dan peneliti di bidang teknik lingkungan dan ilmu terkait.
4. Memberikan alternatif solusi disinfeksi air yang efektif, mudah diakses, dan terjangkau bagi masyarakat, terutama di daerah pedesaan dan terpencil.
5. Membantu meningkatkan kualitas kesehatan masyarakat dengan mengurangi risiko penyakit yang disebabkan oleh air yang terkontaminasi bakteri.
6. Mendorong penerapan teknologi tepat guna yang bermanfaat bagi masyarakat dan berkelanjutan.
7. Mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya Tujuan ke-6 (Air Bersih dan Sanitasi Layak).

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Berisikan mengenai latar belakang yang mencakup permasalahan air minum di dunia dan Indonesia, khususnya di daerah pedesaan dan terpencil, serta urgensi disinfeksi air dan keterbatasan metode yang ada. Bab ini juga merincikan pertanyaan-pertanyaan spesifik yang ingin dijawab dalam penelitian ini serta batasan-batasan yang diterapkan dalam penelitian. Bab I menyatakan tujuan dan manfaat penelitian ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan hal-hal berkenaan dengan standar kualitas air minum dan permasalahannya, serta berbagai metode disinfeksi air dan keterbatasannya. Bab ini membahas *Layered Double Hydroxide* (LDH) sebagai material potensial, serta

menjelaskan mekanisme antibakteri LDH dan aplikasinya dalam disinfeksi air. Bab II juga mencakup berbagai metode fabrikasi foil LDH, serta kajian penelitian terdahulu tentang penggunaan foil LDH untuk disinfeksi air.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisikan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, tahapan-tahapan penelitian yang meliputi fabrikasi foil LDH, karakterisasi hingga pengujian adsorpsi bakteri. Turut dijelaskan metode analisis data yang digunakan untuk mengolah data penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan dan membahas hasil karakterisasi foil LDH (XRD dan SEM). Selain itu menyajikan hasil uji foil LDH terhadap penyisihan *E. coli* pada air secara *batch*.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan yang diperoleh dari penelitian dan memberikan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

