



JURUSAN
TEKNIK LINGKUNGAN

TUGAS AKHIR

Analisis Kualitas Mikrobiologi Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) Berdasarkan Kandungan *Escherichia coli* Di Kecamatan Ngaglik Dan Ngemplak

Denisa Yulia Marwah

22513048

Dosen Pembimbing I:

Annisa Nur Lathifah, S.Si, M.Biotech., M.Agr, Ph.D.

Dosen Pembimbing II:

Diah Ayu Prawitasari, S.T., M.T

Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

2026



DEPARTMENT
ENVIRONMENTAL ENGINEERING

BACHELOR THESIS

Analysis of Microbiological Quality of Refill Drinking Water Depots (DAMIU) Based on *Escherichia coli* Contamination in Ngaglik and Ngemplak Districts

Denisa Yulia Marwah

22513048

Supervisor I:

Annisa Nur Lathifah, S.Si, M.Biotech., M.Agr, Ph.D.

Supervisor II:

Diah Ayu Prawitasari, S.T., M.T

Environmental Engineering Bachelor Program

Faculty of Civil Engineering and Planning

Universitas Islam Indonesia

2026

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

**Analisis Kualitas Mikrobiologi Depot Air Minum Isi Ulang
(DAMIU) Berdasarkan Kandungan *Escherichia coli* Di Kecamatan
Ngaglik Dan Ngemplak**

Tugas akhir ini disusun dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana Fakultas
Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Denisa Yulia Marwah
22513048

Tugas akhir ini telah diuji pada tanggal 06 Juli 2026 dan disetujui oleh:

Annisa Nur Lathifah, S.Si, M.Biotech., M.Agr, Ph.D.


(Pembimbing 1)

Diah Aya Prawitasari, S.T., M.T

 23-07-26
(Pembimbing 2)

Ir. Any Juliani, S.T., M.Sc.(Res.Eng.), Ph.D.


(Penguji)

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan Program Sarjana



Ir. Any Juliani, S.T., M.Sc.(Res.Eng.), Ph.D.

PERNYATAAN

Saya, penyusun tugas akhir ini, menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia, maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan, dan studi saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Perangkat lunak atau program komputer yang digunakan dalam tugas akhir ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya. Bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Tidak ada penggunaan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*, AI) dalam penyusunan karya tugas akhir ini kecuali:
 - a. untuk membantu dalam kadar yang wajar (seperti membantu mengoreksi, mencari ide, dan mencari referensi), dan
 - b. tercantum dan dijelaskan perihal penggunaannya secara eksplisit di dalam karya tugas akhir ini.

Implikasi dari penggunaan AI tersebut menjadi tanggung jawab saya sepenuhnya.

6. Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 29 Mei 2026
Yang membuat pernyataan,


DENISA YULIA MARWAH
DB5AOX005271479
22513048

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah S.W.T atas segala rahmat, karunia, serta hidayah sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *“Analisis Kualitas Mikrobiologi Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) Berdasarkan Kandungan Escherichia coli Di Kecamatan Ngaglik Dan Ngemplak”* dengan baik. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, doa, serta bimbingan. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan kemudahan, kesehatan, dan kekuatan kepada penulis.
2. Kedua orang tua penulis, Ibu Siti Hajar Yuningsih dan Ayah Sumarwanto, Kembaran Penulis yaitu Desiana Yulia Marwah dan adik laki-laki yaitu Azam Maulana Yusuf. Serta keluarga besar penulis yang selalu memberikan doa, dukungan, dan semangat selama proses penyusunan Tugas Akhir.
3. Ibu dosen pembimbing I yaitu Ibu Annisa Nur Lathifah, S.Si, M.Biotech., M.Agr, Ph.D. dan Ibu Dosen Pembimbing II yaitu Ibu Diah Ayu Prawitasari, S.T., M.T. yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan kepada penulis.
4. Ibu dosen penguji yaitu Ibu Ir. Any Juliani, S.T., M.Sc.(Res.Eng.), Ph.D. yang telah berkenan meluangkan waktu dan memberikan saran berharga dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh dosen, staf, dan keluarga besar Program Studi Teknik Lingkungan FTSP UII yang telah dengan tulus membagikan ilmu serta pengalaman berharga selama penulis menempuh studi sarjana.

6. Seluruh staf Laboratorium Teknik Lingkungan FTSP UII, khususnya Ibu Rina Isnikartika, S.Si., atas segala bantuan, ilmu, dan bimbingannya selama penulis melakukan penelitian di laboratorium.
7. Teman-teman di perantauan Deana Riezka Anggietta, Dinda Putri Angelina Nst, dan Kayla Najwa Salsabilla yang sudah menjadi teman di kuliah penulis sejak hari pertama. Serta Elysabeth M yang juga menemani penulis selama di Yogyakarta.
8. Teman-teman angkatan 22 yang sudah menjadi teman seperjuangan selama periode perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi tambahan ilmu pengetahuan di bidang Teknik Lingkungan.

Sleman, 29 Mei 2026

Denisa Yulia Marwah

Analisis Kualitas Mikrobiologi Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) Berdasarkan Kandungan *Escherichia coli* Di Kecamatan Ngaglik Dan Ngemplak

Mahasiswa : Denisa Yulia Marwah
NIM : 22513048
Pembimbing I : Annisa Nur Lathifah, S.Si, M.Biotech., M.Agr, Ph.D.
Pembimbing II : Diah Ayu Prawitasari, S.T., M.T

Abstrak

Air minum isi ulang berisiko tercemar bakteri jika kebersihan tempat pengolahannya kurang terjaga. Penelitian ini bertujuan menguji kandungan bakteri *Escherichia coli* sekaligus menilai tingkat kepatuhan kebersihan lingkungan pada depot air minum isi ulang di Kecamatan Ngaglik dan Ngemplak. Metode penelitian menggunakan pengujian laboratorium terhadap delapan sampel air dengan metode *Most Probable Number* (MPN). Pengumpulan data lapangan dilakukan melalui wawancara serta pengamatan langsung pada tingkat kesesuaian parameter kesehatan lingkungan pada depot. Hasil uji laboratorium menunjukkan perbedaan kualitas yang signifikan di antara depot air minum yang diteliti. Sebanyak empat depot memenuhi syarat kesehatan karena bebas dari *Escherichia coli*, sedangkan empat lainnya tercemar dengan nilai 3,6 hingga 23 MPN/100 mL. Merujuk pada Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023, separuh dari depot yang diteliti tersebut tidak layak konsumsi karena melanggar ambang batas toleransi yang sudah ditentukan. Temuan ini menegaskan bahwa kualitas mikrobiologi air minum isi ulang di lapangan memiliki keterkaitan terhadap kedisiplinan pengelola dalam menerapkan standar higiene sanitasi serta perawatan alat secara berkala.

Kata kunci: Air minum isi ulang, Depot air minum isi ulang, *Escherichia coli*, Higiene sanitasi, *Most Probable Number*.

***Analysis of Microbiological Quality of Refill Drinking Water
Depots (DAMIU) Based on Escherichia coli Contamination in
Ngaglik and Ngemplak Districts***

Student : Denisa Yulia Marwah
Student Number : 22513048
Study Program : Environmental Engineering – Bachelor Program
Supervisor I : Annisa Nur Lathifah, S.Si, M.Biotech., M.Agr, Ph.D
Supervisor II : Diah Ayu Prawitasari, S.T., M.T

Abstract

Refilled drinking water is highly susceptible to bacterial contamination if the hygiene and sanitation of its processing facilities are poorly maintained. This study aims to evaluate Escherichia coli contamination and assess environmental health compliance among refilled drinking water depots in Ngaglik and Ngemplak Districts. The research method involved laboratory testing of eight water samples using the Most Probable Number (MPN) method. Field data were gathered through interviews and direct observations to evaluate the depots' compliance with environmental health parameters. The laboratory results revealed a significant variance in water quality: four depots complied with health standards as they were free from Escherichia coli, whereas the remaining four exhibited contamination levels ranging from 3.6 to 23 MPN/100 mL. Based on the Regulation of the Minister of Health Number 2 of 2023, half of the examined depots are unfit for consumption due to exceeding the established tolerance threshold. Contamination in the affected depots was primarily driven by operational negligence, such as delayed raw water tank draining and the practice of turning off ultraviolet lamps outside operational hours. These findings emphasize that the microbiological quality of refilled drinking water in the field is linked to the operators' discipline in implementing hygiene-sanitation standards and performing routine equipment maintenance.

Key words: Escherichia coli, Hygiene and sanitation, Most Probable Number, Refill drinking water, Refill drinking water depots.

DAFTAR ISI

PRAKATA	i
Abstrak.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU).....	5
2.2 Kualitas Air Minum Isi Ulang	6
2.3 <i>Escherichia Coli</i>	7
2.4 Kontaminasi Mikrobiologi.....	9
2.5 Metode Most Probable Number (MPN).....	10
2.6 Penelitian Terdahulu	11
BAB III METODE PENELITIAN	13
3.1 Diagram Alir	13
3.2 Waktu dan Lokasi	14
3.2.1 Waktu Penelitian	14
3.2.2 Lokasi Penelitian	15
3.3 Alat dan Bahan.....	16
3.3.1 Alat Penelitian	16
3.3.2 Bahan Penelitian	16
3.4 Prosedur Penelitian	17
3.4.1 Pengambilan Sampel	17

3.4.3 Analisis menggunakan Metode MPN.....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Hasil dan Pembahasan	27
4.1.1 Hasil Kandungan Bakteri <i>Escherichia coli</i> menggunakan metode Pengujian Most <i>Probable Number (MPN)</i>	27
4.1.2 Kualitas Mikrobiologis pada Air Minum Isi Ulang	29
4.1.3 Analisis Faktor Keberhasilan Depot Air Minum yang Memenuhi Syarat (MS).....	31
4.1.4 Analisis Faktor Resiko Depot Air Minum yang Tidak Memenuhi Syarat (TMS)	34
4.1.5 Penerapan Kesehatan Masyarakat untuk Mencegah Paparan Bakteri Patogen.....	38
BAB V PENUTUP	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	44
RIWAYAT HIDUP	1

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tinjauan Hasil Penelitian Terlebih dahulu	11
Tabel 3. 1 Nama dan Lokasi Penelitian DAMIU di Kecamatan Ngaglik dan Ngemplak	15
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Hasil Wawancara Parameter Utama Higiene Sanitasi 8 DAMIU	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	13
Gambar 3. 2 Peta Lokasi Pengambilan sampling pada DAMIU di Kecamatan Ngaglik dan Ngemplak	15
Gambar 3. 3 Diagram Alir Pembuatan Media LB	19
Gambar 3. 4 Diagram Alir Pembuatan Media EC MUG	20
Gambar 3. 5 Diagram Alir Pembuatan Media EMB Agar	21
Gambar 3. 6 Diagram Alir Tahapan Uji Pendugaan <i>Bakteri Escherichia coli</i>	22
Gambar 3. 7 Diagram Alir Tahapan Uji Penegasan <i>Bakteri Escherichia coli</i>	23
Gambar 3. 8 Diagram Alir Tahapan Uji Pengujian <i>Bakteri Escherichia coli</i>	24
Gambar 4. 1 Sampel Kode D positif E.coli pada Media EMB agar	27
Gambar 4. 2 Sampel Kode C dan F positif E.coli pada Media EMB agar	28
Gambar 4. 3 Konsentrasi <i>Escherichia coli</i> di Depot Air Minum Isi Ulang di 8 lokasi sampling di Kecamatan Ngaglik dan Ngemplak Sleman, Yogyakarta.....	28
Gambar 4. 4 Persentase hasil Sampel DAMIU yang memenuhi baku mutu dan yang tidak memenuhi baku mutu (Permenkes No,. 2 Tahun 2023).....	29

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan air bersih, terutama air minum, merupakan hal utama yang harus terpenuhi untuk menjaga kelangsungan hidup manusia. Seiring dengan pertambahan penduduk, masyarakat membutuhkan alternatif pemenuhan air minum harian yang terjangkau, salah satunya melalui jasa Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU). Air isi ulang menjadi pilihan populer bagi sebagian kalangan seperti mahasiswa dan masyarakat tingkat ekonomi menengah ke bawah karena harganya yang jauh lebih murah.

Namun, kualitas mikrobiologis air isi ulang dari DAMIU tidak selalu menjamin adanya pemenuhan syarat kesehatan. Beberapa penelitian terdahulu mengindikasikan adanya kontaminasi bakteri *Escherichia coli* pada produk DAMIU akibat sanitasi yang buruk, proses disinfeksi yang tidak memadai, serta rendahnya kepedulian terhadap higiene. Risiko kontaminasi mikrobiologis ini meningkat pada depot yang lalai melakukan pemeliharaan rutin terhadap unit filtrasi dan disinfeksi, yang akhirnya dapat mengakibatkan dampak buruk bagi kesehatan masyarakat (Harianja *et al.*, 2022). Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023, air minum yang layak harus memenuhi syarat kesehatan dan bebas dari *Escherichia coli* dengan nilai baku mutu 0 MPN/100 mL.

Escherichia coli merupakan bakteri gram negatif berbentuk basil pendek yang hidup di saluran pencernaan manusia dan hewan berdarah panas, serta menjadi indikator utama adanya cemaran fekal (Sari *et al.*, 2020). Penemuan bakteri ini pada air minum sangat berbahaya karena dapat memicu penyakit saluran pencernaan seperti diare hebat (Sitorus *et al.*, 2024).

Tingginya peluang pencemaran mikrobiologis pada DAMIU diperkuat oleh berbagai hasil riset di wilayah lain. Penelitian di Desa Sungai Danau, Kalimantan Selatan, menunjukkan bahwa seluruh sampel DAMIU yang diuji positif mengandung bakteri *Coliform* dan *Escherichia coli* akibat buruknya standar kebersihan (Kurahman *et al.*, 2022). Kasus serupa terjadi di Kota Manado, di

mana ditemukan 7 dari 9 sampel air minum isi ulang yang terkontaminasi oleh bakteri *Escherichia coli*. Selain itu, Wandrivel *et al.* (2023) dalam studinya juga menyatakan bahwa sebesar 55,6% depot air minum isi ulang tercemar bakteri dan tidak memenuhi standar kebersihan. Risiko ini juga terjadi di wilayah Sleman, di mana penelitian di kawasan Condongcatur, Kecamatan Depok, menunjukkan hasil yang buruk dengan ditemukannya 2 dari 5 depot air minum isi ulang memiliki nilai MPN sebesar 1.100/100 mL dan 460/100 mL yang melebihi batas maksimum secara drastis.

Meskipun data dari berbagai daerah menunjukkan adanya risiko pencemaran yang besar, penelitian yang menguji kualitas mikrobiologi air minum isi ulang secara spesifik di Kecamatan Ngaglik dan Ngemplak masih terbatas. Padahal, kawasan ini didominasi oleh mahasiswa, pelaku usaha, dan pendatang yang mengandalkan DAMIU sebagai sumber konsumsi harian, sehingga rentan terhadap risiko paparan apabila kualitas air tidak memenuhi baku mutu.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian mengenai kualitas mikrobiologi DAMIU berdasarkan kandungan *Escherichia coli* di Kecamatan Ngaglik dan Ngemplak perlu dilakukan. Penelitian ini memfokuskan pengujian pada 8 titik DAMIU yang ditentukan menggunakan metode *purposive sampling* berdasarkan kriteria wilayah dengan aktivitas mahasiswa yang tinggi agar data yang didapat bersifat representatif. Penelitian ini juga mengumpulkan data pengelolaan depot melalui wawancara lapangan untuk mendukung interpretasi hasil laboratorium. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar rekomendasi bagi pengelola depot, masyarakat, serta dinas kesehatan dalam meningkatkan pengawasan dan standar sanitasi usaha DAMIU demi menjaga kesehatan publik.

1.2 Perumusan Masalah

Dari apa yang sudah diuraikan pada latar belakang, maka rumusan masalah yang akan dilakukan pada penelitian ini ialah :

- 1) Bagaimana kualitas mikrobiologi air minum isi ulang di Kecamatan Ngaglik dan Ngemplak berdasarkan kandungan *Escherichia coli*?

- 2) Bagaimana tingkat kesesuaian hasil kandungan *Escherichia coli* air minum isi ulang di Kecamatan Ngaglik dan Ngemplak terhadap baku mutu Permenkes Nomor 2 Tahun 2023?
- 3) Bagaimana gambaran cara pengelolaan yang dilakukan depot air minum isi ulang di Kecamatan Ngaglik dan Ngemplak?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- 1) Menganalisis kualitas mikrobiologi depot air minum isi ulang (DAMIU) di Kecamatan Ngaglik dan Ngemplak berdasarkan parameter keberadaan bakteri *Escherichia coli*.
- 2) Menilai kesesuaian kualitas mikrobiologi air minum isi ulang (DAMIU) di Kecamatan Ngaglik dan Ngemplak terhadap baku mutu Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.
- 3) Mengidentifikasi cara pengelolaan depot air minum isi ulang (DAMIU) di Kecamatan Ngaglik dan Ngemplak yang berpotensi memicu kontaminasi bakteri *Escherichia coli*

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu berkontribusi ilmiah terhadap kualitas mikrobiologi air minum isi ulang di Kecamatan Ngaglik dan Ngemplak terutama terkait keberadaan *Escherichia Coli*, sehingga dapat mendukung pengembangan pengetahuan serta teknologi di bidang kesehatan dan lingkungan. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan bagi instansi pemerintahan serta pihak terkait dalam menjalani pengawasan, evaluasi, dan pembinaan terhadap depot air minum isi ulang agar sesuai dengan baku mutu Permenkes No. 2 Tahun 2023 dapat terpenuhi.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Sampel uji penelitian ini ialah air minum isi ulang yang diambil dari 8 unit DAMIU di Kawasan Jalan Kaliurang yang mencakup Kecamatan Ngaglik dan Kecamatan Ngemplak.

- 2) Parameter mikrobiologi yang diuji dibatasi dengan keberadaan bakteri *Escherichia coli* sebagai indikator utama pencemaran *feses* pada air minum
- 3) Metode yang digunakan pada pengujian ini adalah metode Most Probable Number (MPN) untuk mengidentifikasi keberadaan *Escherichia coli* sesuai dengan standar internasional APHA 9221 sebagai prinsip kerja MPN.
- 4) Penelitian dilengkapi dengan pengumpulan data pendukung melalui wawancara untuk memperoleh informasi terkait pengelolaan depot.
- 5) Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan membandingkan hasil MPN dengan baku mutu mikrobiologi air minum sesuai dengan Permenkes No. 2 Tahun 2023

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU)

Menurut Marhamah & Santoso (2020) Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) merupakan usaha industri yang melakukan proses air baku menjadi air minum layak konsumsi, yang kemudian dijual secara langsung kepada pelanggan. Teknologi pengolahan yang dilakukan usaha ini terdiri dari filtrasi, penyaringan membrane, reverse osmosis, ozonisasi dan ultraviolet. DAMIU diminati banyak kalangan dikarenakan menyediakan air minum dengan harga lebih terjangkau dibandingkan dengan air dalam kemasan.

DAMIU yang beroperasi harus memenuhi persyaratan teknis, sanitasi, peralatan, serta regulasi atau standar air minum yang sudah ditetapkan. Dikarenakan perbedaan jenis teknologi antar depot, pengawasan yang tidak ketat oleh instansi terkait, serta tidak adanya keseragaman prosedur operasional standar menjadi penyebab kualitas air yang dihasilkan menjadi tidak konsisten. (Pakpahan et al., 2017).

2.1.2 Sistem Desinfeksi DAMIU

Desinfeksi bertujuan menginaktivasi mikroorganisme patogen yang masih tersisa setelah proses penyaringan sehingga air aman untuk dikonsumsi. Efektivitas proses desinfeksi dipengaruhi oleh kualitas air baku, waktu kontak, serta jenis desinfektan yang digunakan (Said, 2017). Sebagai salah satu teknologi utama dalam DAMIU, unit desinfeksi ultraviolet (UV) memiliki peran penting dalam menentukan kualitas akhir air minum. Proses ini bekerja secara fisik tanpa mengubah rasa, bau, maupun karakteristik asli air baku (Winandar et al., 2020). Secara prinsip, efektivitasnya bergantung pada radiasi UV-C dengan panjang gelombang sekitar 254 nm yang termasuk dalam spektrum germisidal, di mana energinya dapat diserap oleh materi genetik mikroorganisme. Saat air mengalir melalui reaktor dan bakteri *Escherichia coli* terpapar radiasi tersebut, terjadi kerusakan pada struktur DNA, khususnya berupa pembentukan ikatan antabasa yang menghambat proses replikasi sel (Zanitta & Slawson, 2022). Walaupun

dinding sel bakteri tidak langsung rusak, mikroorganisme tersebut kehilangan kemampuan untuk berkembang biak dan menginfeksi, sehingga dinyatakan dalam kondisi tidak aktif atau *inactivated* (Pradhan *et al.*, 2022).

Selain menggunakan radiasi ultraviolet, proses desinfeksi air minum juga dapat dilakukan melalui klorinasi. Metode ini memanfaatkan senyawa klorin sebagai desinfektan yang bekerja dengan mengoksidasi dinding sel, membran, dan enzim mikroorganisme sehingga mikroorganisme menjadi tidak aktif. Kelebihan klorinasi adalah mampu menghasilkan sisa klor (*residual chlorine*) yang masih memberikan perlindungan terhadap kemungkinan kontaminasi kembali selama proses distribusi air. Namun, penggunaan klorin harus dikendalikan karena dapat membentuk produk samping desinfeksi apabila bereaksi dengan bahan organik yang terdapat di dalam air (Maulidia *et al.*, 2023).

Menurut Lauren S. (2019), Pada depot air minum isi ulang, metode desinfeksi yang paling banyak digunakan adalah penyinaran ultraviolet karena tidak memengaruhi rasa maupun bau air. Oleh karena itu, kondisi unit desinfeksi dan pemeliharaan lampu UV menjadi faktor penting dalam menjaga kualitas mikrobiologi air minum serta mencegah keberadaan bakteri indikator seperti *Escherichia coli*.

2.2 Kualitas Air Minum Isi Ulang

Air minum yang layak dikonsumsi ialah air yang persyaratan fisik, kimia, dan mikrobiologinya telah terpenuhi selaras dengan standar kesehatan yang ada di Indonesia. Terbebas dari mikroorganisme patogen menjadi salah satu karakteristik penting, terutama *Escherichia coli* yang menjadi indikator pencemaran fekal. Adanya keberadaan *E.coli* dapat menjadi tanda bahwa air telah terkontaminasi fekal yang tidak aman jika dikonsumsi atau diminum. (Sunarti, 2016).

Persyaratan mengenai kualitas air minum yang ada di Indonesia secara spesifik dan tegas diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 2 Tahun 2023. Peraturan tersebut mendefinisikan bahwa air yang layak diminum ialah air yang telah melalui proses pengolahan atau tanpa proses yang telah memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Air yang aman

bagi kesehatan jika telah memenuhi standar persyaratan secara fisika, kimia, mikrobiologis dan radioaktif.

2.3 Bakteri

Bakteri merupakan mikroorganisme prokariotik yang tidak memiliki membran inti sel dan hanya dapat diamati menggunakan mikroskop karena ukurannya yang sangat kecil. Dinding sel bakteri tersusun atas peptidoglikan, yaitu senyawa khas yang membedakannya dari mikroorganisme lain. Bakteri tersebar luas di berbagai lingkungan, mulai dari tanah, air, udara, hingga tubuh makhluk hidup. Meskipun sebagian besar bakteri berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem, beberapa jenis bakteri bersifat patogen dan dapat menyebabkan berbagai penyakit pada manusia. (Renesteen & Wardhani, 2023)

Pada air minum, keberadaan bakteri tidak selalu menunjukkan kondisi yang berbahaya karena sebagian bakteri bersifat nonpatogen. Namun, ditemukannya bakteri indikator tertentu dapat menjadi tanda adanya kontaminasi dari sumber pencemar, khususnya pencemaran fekal. Oleh karena itu, pemeriksaan mikrobiologi air minum dilakukan untuk mengetahui apakah air telah memenuhi persyaratan kesehatan dan aman untuk dikonsumsi masyarakat. (Shafira Nurrusyda et al., 2024)

2.4 Total *Coliform*

Kelompok *coliform* merupakan kumpulan bakteri Gram negatif berbentuk batang, tidak membentuk spora, serta mampu memfermentasi laktosa dengan menghasilkan asam dan gas pada kondisi inkubasi tertentu. Kelompok ini banyak digunakan sebagai indikator kualitas mikrobiologi air karena keberadaannya dapat menunjukkan kemungkinan adanya pencemaran dari lingkungan maupun bahan organik. Contoh utama dari kelompok ini adalah *Enterobacter aerogenes*, yang sangat umum ditemukan pada tanah, air, serta produk olahan susu. Selain itu, terdapat *Citrobacter freundii* yang biasa ditemukan di lingkungan air dan tanah. (Akili et al., 2019)

Menurut (Elsa Aru et al., 2025), Total *coliform* mencakup berbagai jenis bakteri yang dapat berasal dari tanah, vegetasi, air permukaan, maupun saluran pencernaan manusia dan hewan. Oleh karena itu, keberadaan total *coliform* belum

tentu secara langsung menunjukkan pencemaran fekal, tetapi dapat menjadi indikasi bahwa proses pengolahan, distribusi, atau penyimpanan air kurang higienis.

Sementara itu, *coliform* fekal merupakan bagian dari kelompok *coliform* yang lebih spesifik berkaitan dengan pencemaran dari kotoran manusia atau hewan berdarah panas. Salah satu bakteri yang termasuk dalam kelompok *coliform* fekal adalah *Escherichia coli*. Karena sifatnya yang lebih spesifik terhadap pencemaran fekal, keberadaan *E. coli* pada air minum menjadi indikator yang lebih kuat untuk menilai kemungkinan adanya kontaminasi yang berisiko terhadap kesehatan. (Vebrida Pobas et al., 2025)

2.5 *Escherichia Coli*

Escherichia coli atau *E.coli* merupakan bakteri yang umum ditemukan dalam saluran pencernaan terutama usus besar manusia dan mamalia lainnya. Karakteristik khas bakteri ini dapat menyebabkan infeksi pada usus manusia maupun infeksi di jaringan tubuh lain di luar usus. Oleh karena itu, *E.coli* dijadikan sebagai indikator utama dalam menilai mutu mikrobiologi dalam air minum (Yanni et al., 2024)

Menurut Emingko (2011) Keberadaan bakteri ini, terutama di air minum, bahan makanan, atau material yang dipakai oleh manusia, sangat tidak dianjurkan dan perlu adanya pencegahan sama sekali. Apabila bakteri ini ditemukan pada suatu substrat atau benda, seperti air minum, hal ini menjadi acuan secara langsung atau tidak langsung terindikasi bahwa air minum tersebut telah tercemar oleh material fekal.

Escherichia coli merupakan bakteri mesofilik yang dapat tumbuh pada kisaran suhu 20–45°C, dengan suhu optimum sekitar 37°C, yaitu suhu yang sesuai dengan saluran pencernaan manusia. Pertumbuhan bakteri juga dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi, pH, dan kelembapan lingkungan. Kondisi tersebut menyebabkan *E. coli* mampu berkembang dengan baik pada lingkungan yang mendukung, sehingga keberadaannya sering digunakan sebagai indikator pencemaran fekal pada air minum.

Mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Permenkes No. 2 Tahun 2023 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, bahwa air minum harus memiliki 0 koloni/100 mL untuk *E.coli* dan total *coliform*. Ketentuan ini menegaskan bahwa keberadaan *E.coli* pada air minum menunjukkan jika air tersebut tidak sesuai standar kesehatan akan berpotensi menimbulkan penyakit berbasis air, seperti diare hingga infeksi saluran pencernaan lainnya.

2.6 Kontaminasi Mikrobiologi

Kontaminasi mikrobiologi dalam proses pengolahan air dapat terjadi ketika pengisian ulang, penyimpanan atau pada saat distribusi terkhusus jika sanitasi dalam depot tidak sesuai dengan standar. *E.coli* sebagai indikator adanya pencemaran fekal umum ditemukan dalam air DAMIU karena sumber air baku yang tercemar atau proses *hygiene* yang tidak baik (Savitri et al., 2025). Di Indonesia, Studi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia (2017) menyebutkan kasus kontaminasi terjadi di depot air minum Jakarta yang disebabkan oleh suhu penyimpanan tinggi $>25^{\circ}\text{C}$ dan kebersihan peralatan menjadi salah satu penyebab pertumbuhan bakteri. Kontaminan mikrobiologi pada air minum tidak hanya berasal dari bakteri, tetapi juga dapat berupa virus, protozoa, maupun mikroorganisme lainnya yang berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan. Beberapa protozoa yang sering dikaitkan dengan penyakit bawaan air (*waterborne disease*) antara lain *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium parvum*, dan *Entamoeba histolytica*. Meskipun demikian, pemeriksaan seluruh jenis mikroorganisme memerlukan metode analisis yang berbeda sehingga dalam pengawasan kualitas air minum digunakan mikroorganisme indikator yang lebih praktis, salah satunya adalah *Escherichia coli*, sebagai indikator pencemaran fekal. Oleh karena itu, pengujian rutin terhadap bakteri *E.coli* perlu dilakukan dengan salah satu metode pengujian yaitu metode *Most Probable Number* (MPN) sebagai mitigasi dalam kualitas air minum. Selain pengujian secara laboratorium, identifikasi faktor penyebab kontaminasi mikrobiologi juga dapat berdasarkan pendekatan non-laboratorium, seperti pengumpulan data lapangan terkait praktik pengelolaan depot air minum isi ulang. Pendekatan ini dapat dipakai untuk mendapatkan informasi mengenai kondisi sanitasi, proses pengolahan, serta

perilaku operator yang berpotensi mempengaruhi kualitas air yang dihasilkan. Dengan demikian, analisis kualitas mikrobiologi tidak hanya bergantung pada hasil uji, tetapi didukung juga oleh pemahaman terhadap faktor-faktor yang melatarbelakangi terjadinya kontaminasi.

2.7 Colony Forming Unit (CFU)

Colony Forming Unit (CFU) merupakan satuan yang digunakan untuk menyatakan jumlah mikroorganisme hidup yang mampu tumbuh dan membentuk koloni pada media kultur. Satu koloni yang terbentuk diasumsikan berasal dari satu sel bakteri hidup atau sekelompok kecil sel bakteri yang masih dapat berkembang biak. Oleh karena itu, CFU digunakan untuk memperkirakan jumlah bakteri viabel dalam suatu sampel (Madigan et al., 2018)

Dalam analisis mikrobiologi air, CFU umumnya diperoleh melalui metode hitung cawan, di mana sampel diinokulasikan pada media padat dan koloni yang tumbuh dihitung setelah masa inkubasi. Hasil perhitungan kemudian dinyatakan sebagai CFU per mL atau CFU per 100 mL sampel. Semakin tinggi nilai CFU, semakin tinggi pula jumlah mikroorganisme hidup yang terdapat dalam sampel air.

2.8 Metode Most Probable Number (MPN)

Metode *Most Probable Number* (MPN) merupakan teknik analisis mikrobiologi berbasis pendekatan statistik yang digunakan untuk memperkirakan konsentrasi bakteri koliform dalam sampel air melalui rangkaian pengenceran bertingkat dan fermentasi tabung ganda. Prinsip metode ini didasarkan pada deteksi pertumbuhan bakteri yang ditunjukkan oleh terbentuknya gas atau perubahan warna pada media selektif, kemudian hasil pengamatan tersebut dikonversi menggunakan tabel probabilitas standar untuk memperoleh estimasi jumlah bakteri per satuan volume sampel.

Metode MPN telah lama digunakan dalam evaluasi kualitas air minum karena kemampuannya dalam mendeteksi bakteri indikator pencemaran fekal, khususnya *Escherichia coli* dan koliform total. Penelitian yang dilakukan oleh Kumar et al. (2025) di Distrik Janjgir-Champa, Chhattisgarh, India, menunjukkan bahwa penerapan uji MPN efektif dalam mengidentifikasi kontaminasi koliform pada

berbagai sumber air minum, baik air terolah maupun air yang belum mengalami proses pengolahan. Temuan tersebut menegaskan bahwa metode MPN masih relevan dan aplikatif dalam penilaian risiko mikrobiologis pada sistem penyediaan air minum.

Dengan demikian, metode MPN dinilai sesuai untuk digunakan dalam penelitian ini guna menilai kualitas mikrobiologis air pada depot air minum isi ulang.

2.9 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan tabel 2.1 berisi penelitian-penelitian sebelumnya yang telah mengevaluasi kualitas mikrobiologi air minum isi ulang :

Tabel 2.1 Tinjauan Hasil Penelitian Terlebih dahulu

No.	Judul Penelitian	Peneliti, Tahun	Hasil Penelitian
1	Analisis Kualitas Air Minum Isi Ulang di Desa Sungai Danau, Kalimantan Selatan	Kurahman <i>et al.</i> , 2022	Seluruh sampel positif mengandung <i>Coliform</i> dan <i>E. coli</i>
2	Tingkat Kontaminasi <i>E. coli</i> pada Depot Air Minum Isi Ulang di Kota Manado	Wandrivel <i>et al.</i> , 2023	7 dari 9 depot terkontaminasi <i>E. coli</i>
3	Evaluasi Kualitas Mikrobiologi DAMIU di Condongcatur, Kecamatan Depok, Sleman	Novita <i>et al.</i> , 2023	2 dari 5 depot memiliki nilai MPN 1.100/100 ml dan 460/100 ml, melebihi batas maksimum
4	Most Probable Number [MPN] Test to Detect the Presence of Coliform from Multiple Drinking Water Sources, Janjgir-Champa, India	Kumar <i>et al.</i> , 2025	Metode MPN efektif dalam mendeteksi risiko mikrobiologis pada air olahan dan air mentah

Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui bahwa berbagai penelitian sebelumnya menekankan risiko pencemaran mikrobiologis pada depot air minum isi ulang. Penelitian di Desa Sungai Danau dan Kota Manado menunjukkan tingkat kontaminasi *E.coli* yang tinggi, sedangkan penelitian di Condongcatur, Sleman, Menunjukkan nilai MPN melebihi batas maksimum. Studi internasional yang dilakukan oleh Kumar *et al.*(2025) menunjukkan efektivitas metode Most Probable

Number (MPN) dalam mendeteksi *E.coli* dan *Coliform* pada berbagai sumber air minum.

Meskipun banyak penelitian telah dilakukan sebelumnya, terdapat beberapa keterbatasan yang menjadi gap penelitian, yaitu penelitian tidak menggunakan kawasan kampus atau wilayah dengan konsumen mayoritas mahasiswa, dimana kelompok ini merupakan konsumen utama air isi ulang serta tidak semua penelitian menggunakan metode MPN secara konsisten, sehingga membatasi perbandingan hasil antar penelitian.

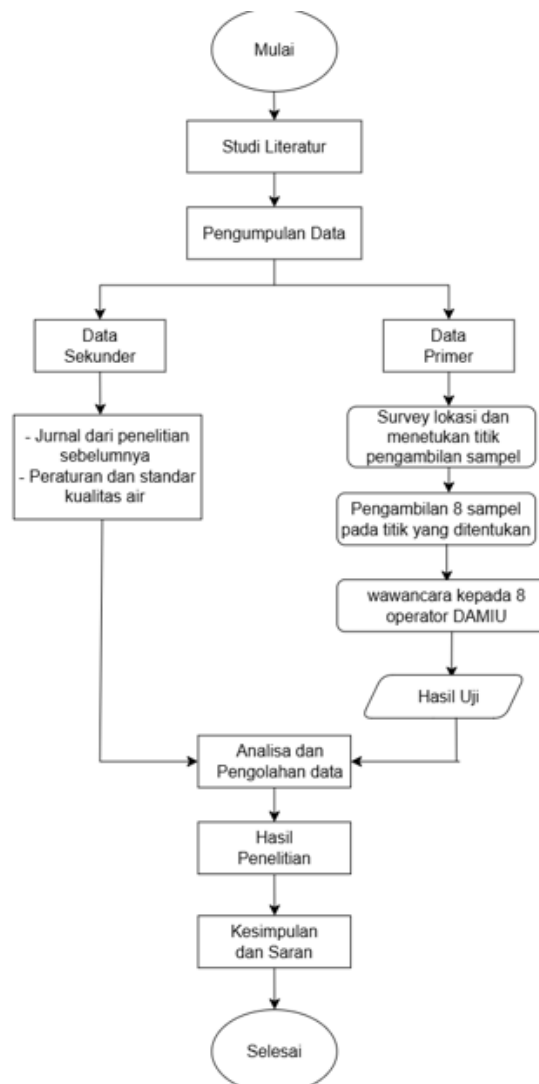
Berdasarkan gap tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kualitas mikrobiologi air minum isi ulang di Kecamatan Ngaglik dan Kecamatan Ngemplak dengan menggunakan metode *MPN* untuk mendeteksi *E. coli* serta membandingkan tingkat cemaran antar depot. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan data kontekstual yang representatif bagi konsumen mahasiswa dan masyarakat sekitar universitas, sekaligus menjadi dasar rekomendasi perbaikan kualitas air minum isi ulang.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Diagram alir penelitian (Gambar 3.1) disusun untuk menunjukkan tahapan penelitian secara sistematis, dimulai dari studi literatur dan pengumpulan data yang meliputi data primer dan data sekunder, kemudian dilanjutkan dengan proses analisis dan pengolahan data hingga diperoleh hasil penelitian yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penarikan kesimpulan dan penyusunan saran.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Waktu dan Lokasi

Pelaksanaan penelitian terdiri dari berbagai rangkaian kegiatan dimulai dari pengambilan sampel di lapangan hingga proses analisis di laboratorium. Oleh karena itu, pentingnya menentukan waktu dan Lokasi penelitian agar sesuai dengan waktu yang telah di rencanakan. Berikut merupakan rincian waktu pelaksanaan serta Lokasi kegiatan pengambilan sampel dan analisis laboratorium

3.2.1 Waktu Penelitian

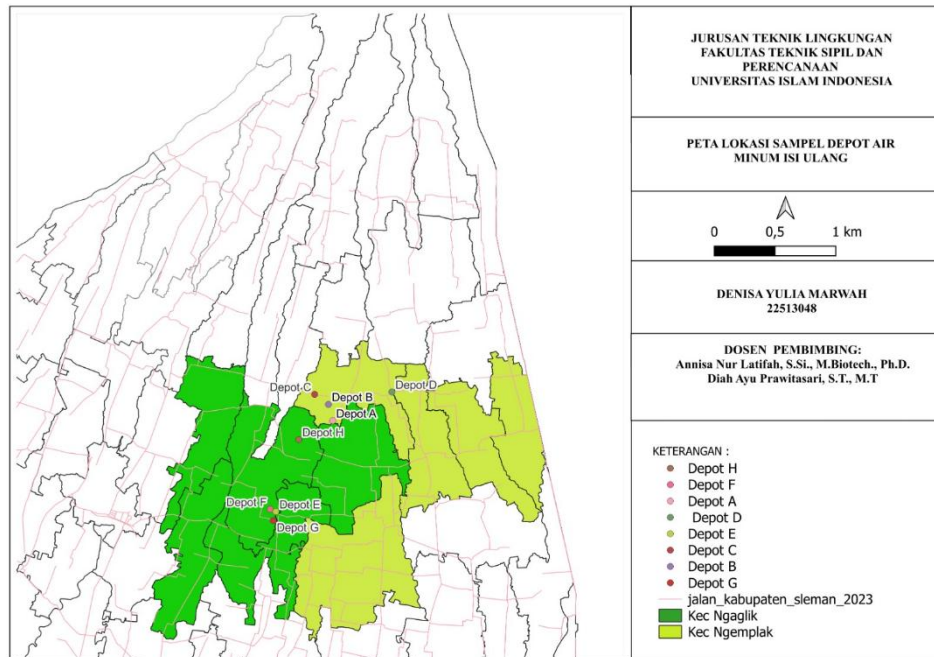
Penelitian dilakukan di awal bulan Februari 2026. Kegiatan pengambilan sampel dilakukan selama dua hari pada Minggu pertama bulan Februari 2026. Pada hari pertama dilakukan pengambilan sampel di empat depot air minum isi ulang, dan dilanjutkan di hari kedua empat sampel, sehingga total sampel yang diperoleh berjumlah delapan sampel.

Pembagian waktu pengambilan sampel menjadi dua hari dengan mempertimbangkan stabilitas mikrobiologis sampel serta kapasitas analisis laboratorium, sehingga sampel dapat segera dianalisis di laboratorium. Pengambilan sampel dilakukan pada pukul 09.00-12.00 WIB, menyesuaikan dengan jam operasional depot air minum isi ulang, Pengambilan sampel pada waktu ini didasarkan pada pertimbangan bahwa rentang waktu tersebut merupakan periode dengan aktivitas pelayanan yang relatif tinggi di depot air minum isi ulang. Pada jam tersebut umumnya terjadi puncak pengisian galon oleh operator sehingga unit pengolahan, termasuk sistem filtrasi dan desinfeksi, beroperasi secara aktif. Dengan demikian, sampel yang diperoleh diharapkan dapat merepresentasikan kualitas air minum yang diproduksi dan didistribusikan kepada konsumen pada kondisi operasional normal. Pengambilan sampel pada jam operasional aktif bertujuan untuk meminimalkan kemungkinan hasil yang dipengaruhi oleh kondisi sistem yang belum beroperasi secara optimal pada awal kegiatan maupun setelah depot berhenti beroperasi.

Sampel diambil langsung dari keran pengisian menggunakan wadah steril, keran pengisian di sterilkan menggunakan alkohol 70% untuk untuk meminimalisir kontaminasi mikroorganisme pada permukaan keran, kemudian dimasukkan ke dalam *cool box* yang berisikan es batu untuk memperlambat aktivitas mikroorganisme. Selanjutnya sampel segera dibawa ke laboratorium.

3.2.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di 8 titik yang berada di Kecamatan Ngemplak dan Kecamatan Ngaglik, untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai posisi secara geografis masing-masing titik sampling, dilakukan pemetaan menggunakan perangkat lunak *QGIS* (Gambar 3.2).



Gambar 3. 2 Peta Lokasi Pengambilan sampling pada DAMIU di Kecamatan Ngaglik dan Ngemplak

Berikut merupakan rincian mengenai kode depot serta lokasi koordinat pengambilan sampel pada penelitian ini (Tabel 3.1)

Tabel 3. 1 Nama dan Lokasi Penelitian DAMIU di Kecamatan Ngaglik dan Ngemplak

No	Kode Depot	Koordinat
1	A	-7.691114342892109, 110.42027587070186)
2	B	-7.6862532435593565, 110.41896873870775
3	C	-7.68032165447045, 110.41492128124945
4	D	-7.682850367077526, 110.43764025404916
5	E	-7.718044622761097, 110.40360176754362
6	F	

No	Kode Depot	Koordinat
		-7.717685364366874, 110.40225973686093
7	G	-7.720367718571362, 110.4027822791902
8	H	-7.695792634706092, 110.41021630802523

3.3 Alat dan Bahan

Berikut merupakan alat dan bahan yang digunakan selama penelitian berdasarkan ketentuan dalam *APHA standard Methods 9221* untuk pengujian keberadaan *Escherichia coli*.

3.3.1 Alat Penelitian

1. Botol sampel steril volume 250-500 ml.
2. *Cool box* untuk mempertahankan suhu penyimpanan 4-10°C.
3. Incubator suhu 35-37°C untuk uji penduga dan penegasan
4. *Water bath* suhu 44,5°C untuk uji pelengkap *E.coli*
5. Cawan petri
6. Jarum Ose
7. *Laminar Air flow* untuk inokulasi aseptik
8. Autoklaf 121°C untuk sterilisasi alat-alat yang digunakan
9. Pipet volume untuk pengambilan sampel
10. Tabung reaksi dan tabung durham

3.3.2 Bahan Penelitian

1. Sampel air minum isi ulang sebanyak 8 buah
2. Media *Lactose Broth (LB)* untuk uji penduga
3. Media EC-MUG (*Escherichia coli*-Methylumbelliferyl- β -D-glucuronide)
4. Media *Eosin Methylene Blue (EMB)* Agar
5. Aquadest steril sebagai bahan pengencer
6. Alkohol 70% untuk desinfeksi peralatan

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian disusun berdasarkan metode MPN yang telah tercantum dalam prinsip kerja *APHA standard Methods 9221*, sehingga seluruh tahapan pengujian mengikuti pedoman.

3.4.1 Pengambilan Sampel

Pengambilan ini dilakukan pada depot air minum isi ulang (DAMIU) yang berada di Kecamatan Ngaglik dan Kecamatan Ngemplak. Pemilihan kedua wilayah tersebut didasarkan pada pertimbangan bahwa lokasi tersebut berada di sekitar lingkungan Universitas Islam Indonesia, dengan karakteristik konsumen yang didominasi oleh mahasiswa dan masyarakat sekitar yang memanfaatkan air minum isi ulang sebagai alternatif air minum dengan harga yang lebih terjangkau. Tingginya aktivitas konsumsi air minum isi ulang di wilayah ini menjadikan depot-depot tersebut relevan untuk diteliti dari aspek kualitas mikrobiologis. Selain itu, pembatasan wilayah penelitian pada dua kecamatan tersebut dimaksudkan agar penelitian lebih terfokus dan representatif terhadap kondisi depot air minum isi ulang di sekitar lingkungan kampus.

Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *purposive sampling*, yaitu pemilihan sampel berdasarkan kriteria tertentu yang sesuai dengan tujuan penelitian. Kriteria depot yang dipilih meliputi lokasi depot yang berada di sekitar kawasan yang didominasi oleh mahasiswa seperti asrama, kos-kosan ataupun kontrakan. Serta Depot yang aktif beroperasi pada saat penelitian berlangsung dan melayani pengisian air minum kepada konsumen secara langsung. Penentuan kedelapan titik depot air minum isi ulang dari kode A hingga H didasarkan pada pertimbangan bahwa seluruh lokasi tersebut aktif beroperasi secara normal selama masa penelitian dan melayani penjualan secara langsung kepada masyarakat. Selain itu, letak geografis dari setiap depot dipilih pada wilayah sekitar Jalan Kaliurang pada Kecamatan Ngemplak dan Ngaglik yang memiliki aktivitas mahasiswa aktif. Pertimbangan ini diambil agar data kualitas mikrobiologi yang diperoleh dari pengujian laboratorium dapat merepresentasikan kondisi asli di lapangan serta mampu menggambarkan potensi risiko kesehatan yang dihadapi oleh kelompok konsumen terbesar dan paling rentan di kawasan tersebut.

Jumlah depot yang dijadikan sampel sebanyak delapan depot, masing-masing terdiri dari empat depot di Kecamatan Ngaglik dan empat depot di Kecamatan Ngemplak. Pada setiap depot dilakukan pengambilan satu sampel air minum isi ulang yang diambil langsung dari keran pengisian dalam kondisi operasional normal. Dengan demikian, total sampel yang dianalisis dalam penelitian ini berjumlah delapan sampel.

Pengambilan sampel dilakukan satu kali pada setiap depot dan dilaksanakan selama dua hari, yaitu hari Senin dan Selasa, dengan pembagian empat depot per hari. Pembagian waktu pengambilan ini dilakukan untuk menjaga kualitas sampel, mengingat dalam pemeriksaan mikrobiologi air minum, sampel dianjurkan untuk dianalisis sesegera mungkin dan tidak melebihi 24 jam setelah pengambilan guna mencegah perubahan jumlah mikroorganisme selama penyimpanan.

Pengambilan sampel dilakukan secara aseptis sesuai SNI 9063:2022 (Gambar 3.3), sebelum dilakukan pengambilan, mulut kran pada depot dibersihkan dengan alkohol 70%, kemudian air dialirkan 1-2 menit. Botol sampel steril diisi hingga $\frac{3}{4}$ bagian untuk memberikan ruang udara dan kemudian segera ditutup rapat dan dilapisi *aluminium foil* untuk mencegah kontaminasi silang selama masa transportasi, Sampel yang telah diambil kemudian disimpan dalam *cool box* selama proses transportasi menuju laboratorium untuk memperlambat aktivitas mikroorganisme hingga dilakukan analisis.



Gambar 3. 3. Pengambilan Sampel pada Mulut Kran Depot

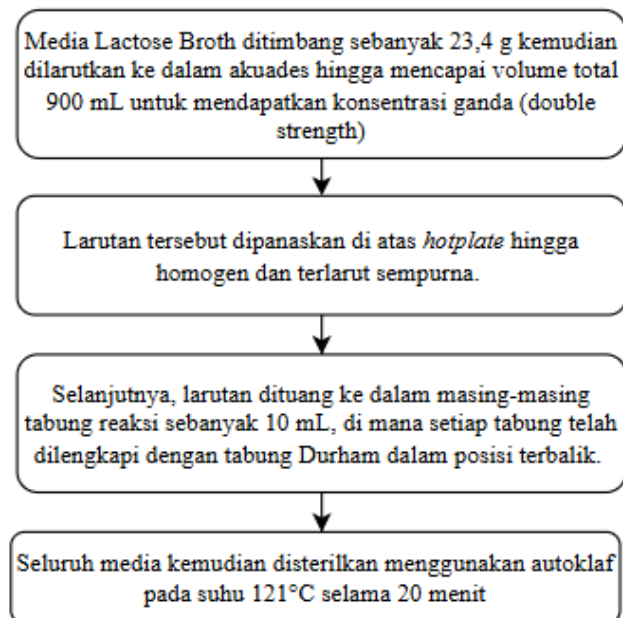
Penelitian ini bersifat deskriptif dan bertujuan untuk memberikan gambaran kualitas mikrobiologis air minum isi ulang pada wilayah yang diteliti, sehingga hasil penelitian tidak dimaksudkan untuk digeneralisasikan ke seluruh wilayah yang lebih luas.

3.4.2 Pembuatan Media

Pembuatan Media *Lactose Broth (LB)*, EC-MUG (*Escherichia coli-Methylumbelliferyl- β -D-glucuronide*) dan Media *Eosin Methylene Blue (EMB)* Agar bertujuan untuk mendukung tahapan awal pengujian *E. coli*, yang meliputi uji penduga (*presumptive*) dan uji penegasan (konfirmasi). Melalui rangkaian proses ini, bakteri *E. coli* dapat dideteksi, dipisahkan, dan diidentifikasi secara lebih selektif dan spesifik dari sampel yang diuji.

3.4.2.1 Media *Lactose Broth (LB)*

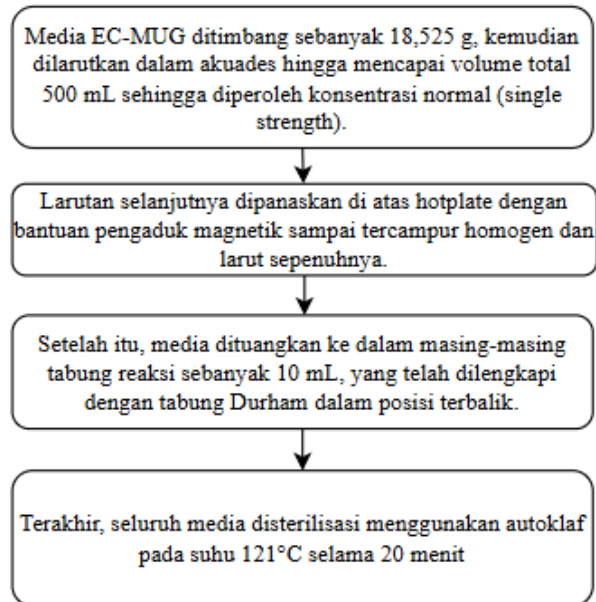
Sebagai tahap awal dalam pengujian, media yang digunakan pertama kali adalah *Lactose Broth (LB)* yang berperan dalam uji dugaan (*presumptive test*) (Gambar 3.4).



Gambar 3. 4 Diagram Alir Pembuatan Media LB

3.4.2.2 Media *EC-MUG* (*Escherichia coli*-*Methylumbelliferyl-β-D-glucuronide*)

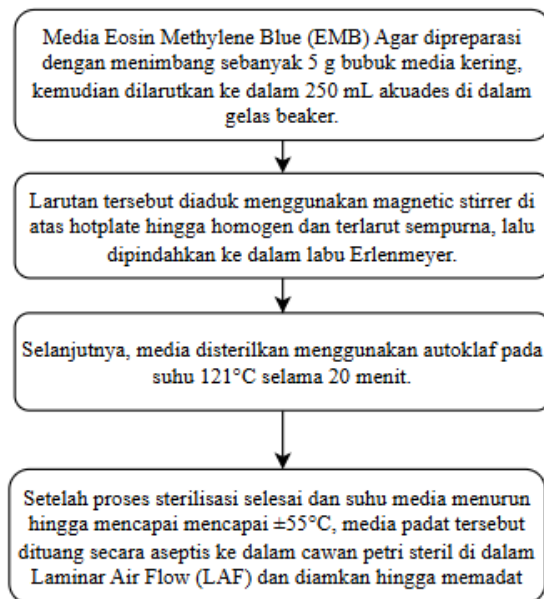
Tahap selanjutnya ialah pembuatan Media *EC MUG* berperan dalam uji penegasan (*confirmed test*) (Gambar 3.5).



Gambar 3. 5 Diagram Alir Pembuatan Media *EC MUG*

3.4.2.3 Media *Eosin Methylene Blue (EMB) Agar*

Tahap selanjutnya ialah pembuatan Media *EMB Agar* yang berperan dalam uji Kepastian (*Complited Test*) (Gambar 3.6).



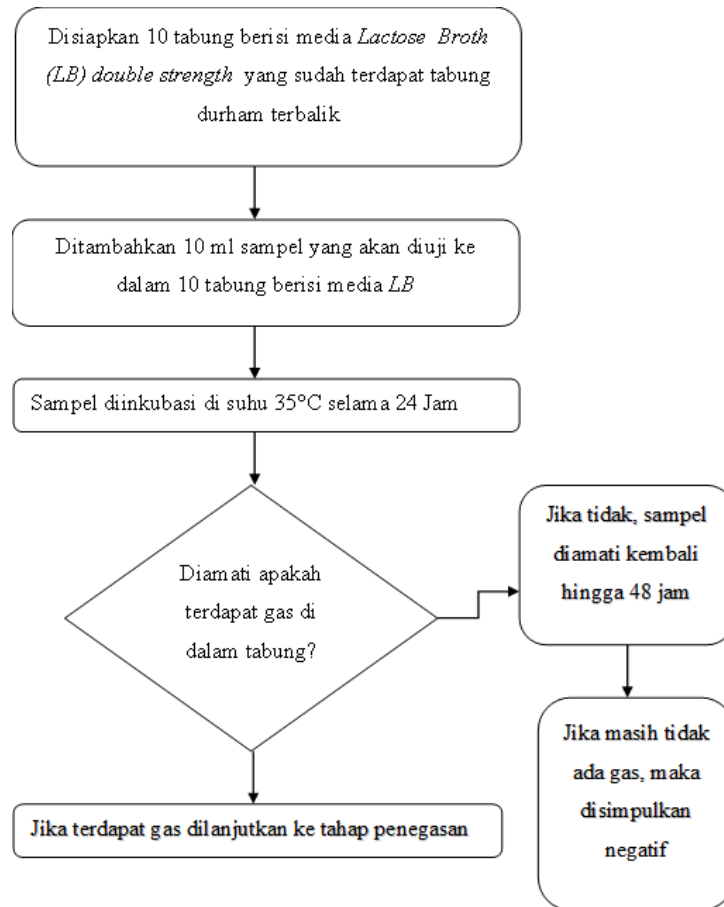
Gambar 3. 6 Diagram Alir Pembuatan Media EMB Agar

3.4.3 Analisis menggunakan Metode MPN

Analisis dalam penelitian menggunakan metode *Most Probable Number (MPN)* dengan 10 tabung yang mendasar pada standar APHA 9221. Prosedur dilakukan secara aseptis dan terbagi menjadi 3 tahapan pengujian, yaitu Uji Penduga (*Presumptive Test*), Uji Penegasan (*Confirmed Test*), dan Uji Kepastian (*Complited Test*).

1. Tahap Pendugaan (*Presumptive Test*)

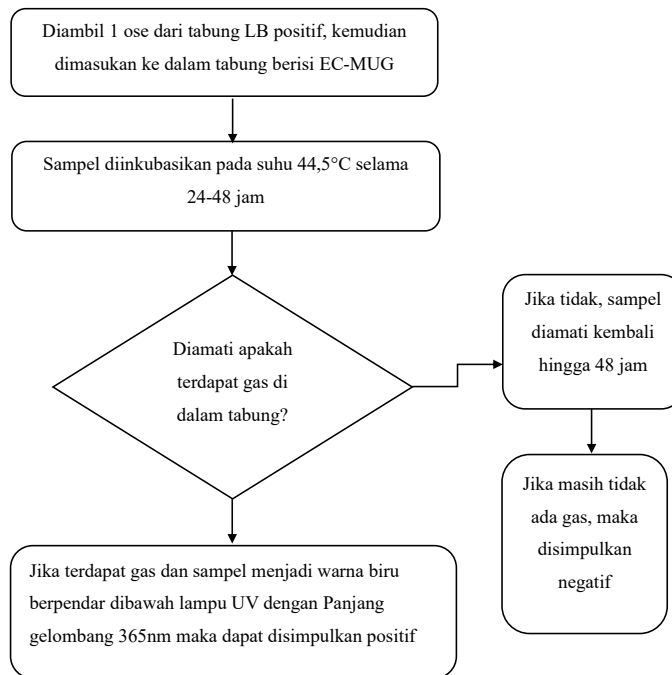
Tahap uji penduga memakai media *Lactose Broth (LB)* konsentrasi ganda atau *double strength* dengan tujuan agar menjaga keseimbangan rasio nutrisi media setelah ditambahkan sampel dalam volume besar seperti 10 ml, sehingga bakteri tidak kekurangan nutrisi untuk berkembang. Pengamatan dilakukan bertahap, ketika gas atau gelembung belum terlihat dalam waktu 24 jam pertama, maka pengamatan dilanjutkan hingga waktu 48 jam. Masa inkubasi tambahan dilakukan dengan tujuan mendeteksi bakteri *coliform* dengan kemampuan fermentasi lambat atau *slow lactose fermenters* dan juga meminimalisir resiko *negative palsu* (Gambar 3.7).



Gambar 3. 7 Diagram Alir Tahapan Uji Pendugaan Bakteri *Escherichia coli*

2. Tahap Penegasan (*Confirmed Test*)

Setiap tabung yang terlihat memiliki gas atau gelembung pada uji sebelumnya dilanjutkan ke tahap pengujian ini menggunakan media EC-MUG. (Gambar 3.8).

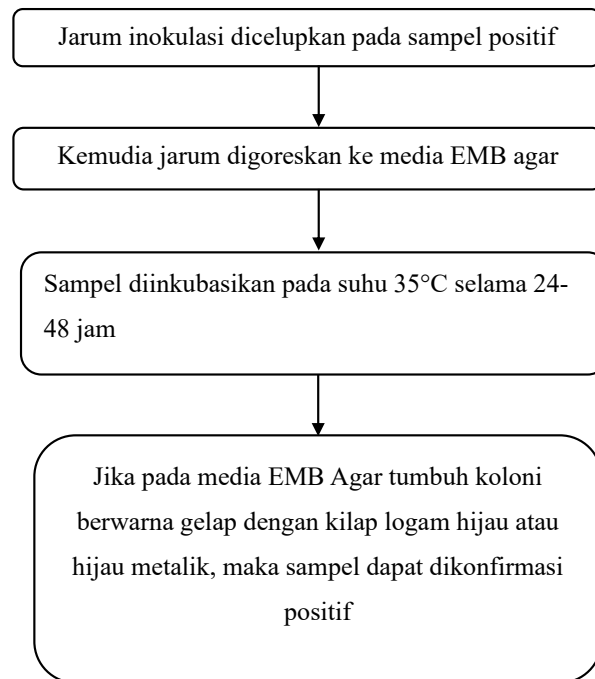


Gambar 3. 8 Diagram Alir Tahapan Uji Penegasan Bakteri *Escherichia coli*

Pada Uji Penegasan ini menggunakan media EC-MUG. Sebanyak satu jarum ose dari tabung LB yang positif dipindahkan ke dalam media yang kemudian di inkubasikan pada suhu 44,5°C. Suhu inkubasi ini memiliki fungsi sebagai penghambat pertumbuhan bakteri *coliform* non-fekal. Pengamatan dilakukan juga tahapan pendaran Cahaya (fluoresensi) di bawah lampu sinar UV dengan panjang gelombang 365 nm. Jika tabung menunjukkan adanya gas dan berfluoresensi biru, maka sampel dinyatakan positif, dan jika pada pengamatan 24 jam pertama belum menunjukkan hasil yang positif, maka inkubasi dilanjutkan hingga total 48 jam.

3. Tahap Pengujian (*Completed Test*)

Tabung yang menunjukkan hasil positif pada uji penduga, yakni terbentuknya gas dalam media LB, harus dilanjutkan ke tahap pengujian berikutnya untuk memastikan keberadaan bakteri *Escherichia coli*. Pada penelitian ini, tahap penegasan sekaligus kepastian dilakukan dengan menggunakan media selektif-fluorogenik EC-MUG. Tahap ini bertujuan untuk membedakan antara bakteri *coliform* umum dengan *coliform* fekal (*E. coli*). (Gambar 3.9).



Gambar 3. 9 Diagram Alir Tahapan Uji Pengujian Bakteri *Escherichia coli*

Tahap pengujian (*Completed Test*), dilakukan dengan memindahkan tabung positif dari tahap penegasan ke media EC MUG. Media ini diinkubasi pada suhu 44,5°C selama 24 jam. Selanjutnya, Tabung EC MUG yang positif atau terdapat gas di tabungnya digoreskan pada media EMB Agar dan diinkubasi pada suhu 35°C selama 24 Jam. Jika pada media EMB Agar tumbuh koloni berwarna gelap dengan kilap logam hijau atau hijau metalik, maka sampel dapat dikonfirmasi positif mengandung *Escherichia coli*. Dengan alur ini, seluruh tahapan pengujian mengikuti pedoman laboratorium yang berlaku dan memastikan keakuratan hasil analisis mikrobiologi air minum isi ulang.

Hasil positif pada tahap akhir kemudian digunakan untuk menghitung jumlah MPN per 100 ml sampel dengan merujuk pada tabel probabilitas standar. Nilai MPN yang diperoleh akan dibandingkan dengan standar kesehatan air minum, yaitu 0 MPN/100 ml sesuai Permenkes No. 2 Tahun 2023. Dengan pendekatan ini, metode MPN memungkinkan penilaian kuantitatif terhadap tingkat cemaran mikrobiologi pada setiap depot.

Selain dibandingkan dengan baku mutu, hasil uji *Most Probable Number* (MPN) juga dianalisis secara deskriptif dengan disertai interpretasi untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam terhadap hasil yang diperoleh. Interpretasi ini menelaah faktor-faktor yang berkaitan dengan adanya keberadaan *E.coli* dengan didukung oleh data hasil wawancara terkait praktik dalam mengelola depot air minum isi ulang, meliputi sumber air baku, proses pengolahan, serta aspek kebersihan dan pemeliharaan peralatan. Hasil analisis akan dipresentasikan dalam bentuk tabel untuk menunjukkan nilai MPN di setiap sampel, serta diklasifikasikan juga berdasarkan hasil yang sesuai dengan baku mutu kualitas air minum. Selain itu, dilakukan perhitungan jumlah dan disertai persentase sampel yang memenuhi dan tidak memenuhi baku mutu sebagai gambaran tingkat pencemaran secara keseluruhan.

3.4.3 Wawancara

Wawancara dilakukan kepada pemilik atau operator depot air minum isi ulang untuk mendapatkan informasi mengenai praktik pengelolaan depot. Pertanyaan yang digunakan mengacu pada formulir Inspeksi Kesehatan Lingkungan (IKL) (Lampiran 9) berdasarkan Lampiran Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 14 Tahun 2021 dengan penyesuaian Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan (SBMKL) dan persyaratan kesehatan yang mengacu pada Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan.

Meskipun formulir instrumen standar tersebut memuat cakupan parameter yang luas, daftar pertanyaan dalam penelitian ini disaring dan dikerucutkan menjadi enam variabel pengamatan utama. Langkah pembatasan parameter ini diambil sebagai strategi efisiensi pemetaan risiko yang berfokus khusus pada teknis operasional dan perilaku penjamah yang memiliki korelasi terhadap potensi kontaminasi bakteri *Escherichia coli* di lapangan.

Enam variabel utama yang diadaptasi dari formulir IKL tersebut meliputi pemeliharaan tandon air baku, kebersihan fisik lingkungan pengolahan, kondisi fisik unit sterilisasi ultraviolet, durasi operasional lampu disinfeksi, kepatuhan higiene sanitasi tangan operator, serta tata cara penyimpanan wadah tutup galon. Pengondisian parameter ini berfungsi sebagai batasan masalah agar analisis keterkaitan antara kondisi asli depot dan hasil uji laboratorium dapat terarah pada

faktor risiko yang secara biologis paling memengaruhi kelangsungan hidup mikroorganisme. Sementara itu, aspek administratif atau komponen struktural luar yang tidak berpengaruh langsung pada kualitas mikrobiologi air produk dikesampingkan selama proses wawancara.

Wawancara dilakukan secara langsung pada saat pengambilan sampel dengan mengajukan pertanyaan yang sama pada setiap responden agar data yang didapat dapat dibandingkan antar depot. Data hasil dari wawancara dijadikan sebagai data primer pendukung untuk membantu menjelaskan hasil uji mikrobiologi yang diperoleh melalui metode *Most Probable Number* (MPN), sehingga dapat diidentifikasi faktor risiko penyebab kontaminasi *E. coli* pada masing-masing lokasi penelitian.

3.5 Pengolahan Data

Data primer yang telah didapatkan dari hasil penelitian di laboratorium dan wawancara disusun kemudian di masukan ke dalam tabel agar memudahkan dalam menganalisis perbandingan antar lokasi penelitian. Nilai bakteri diolah dengan mengonversi tabung positif menjadi nilai indeks MPN/100ml berdasarkan pada tabel standar *APHA 9221*. Bakteri *Escherichia coli* dihitung menggunakan metode Tabung Tunggal (*Single-Dilution*) dengan volume 10 mL sampel murni untuk tiap tabungnya. Hasil kombinasi dari jumlah tabung yang positif tersebut kemudian dicocokkan dan dikonversi langsung menjadi satuan MPN/100 mL memakai acuan *Table 9221:III* pada standar *APHA (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater)* tentang *MPN Index for Ten 10-mL Portions* (Lampiran 6).

Setelah nilai telah diperoleh, data akan dibandingkan dengan standar uji baku mutu sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 untuk menentukan status air minum apakah sudah sesuai dengan standar. Tahap terakhir yaitu pengolahan data yaitu dengan menghubungkan hasil uji laboratorium dengan data hasil observasi lapangan terkait kondisi teknis alat dan *hygiene* sanitasi yang bertujuan untuk mengidentifikasi faktor penyebab adanya kontaminasi pada masing-masing depot.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Pembahasan

4.1.1 Hasil Kandungan Bakteri *Escherichia coli* menggunakan metode Pengujian Most Probable Number (MPN)

Lokasi untuk penelitian kandungan bakteri *Escherichia coli* pada Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) berada di Kecamatan Ngaglik dan Ngemplak dengan 8 titik sampel masing-masing kecamatan diwakili oleh 4 depot. Pengujian kualitas mikrobiologi air minum isi ulang pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode *Most Probable Number (MPN)* berdasarkan *prinsip APHA 9221*. Metode pengujian dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu uji pendugaan (*presumptive test*), uji penegasan (*confirmed test*), dan uji kepastian (*completed test*). Penentuan hasil akhir keberadaan bakteri *Escherichia coli* didasarkan pada hasil *completed test* menggunakan media *EMB Agar*. Dimana sampel yang menunjukkan warna kilap logam hijau atau hijau metalik dapat dinyatakan positif mengandung bakteri *Escherichia coli*. Sampel yang positif ditemukan pada kode sampel Depot C, Depot D, Depot E, dan Depot F (Gambar 4.1 dan Gambar 4.2).

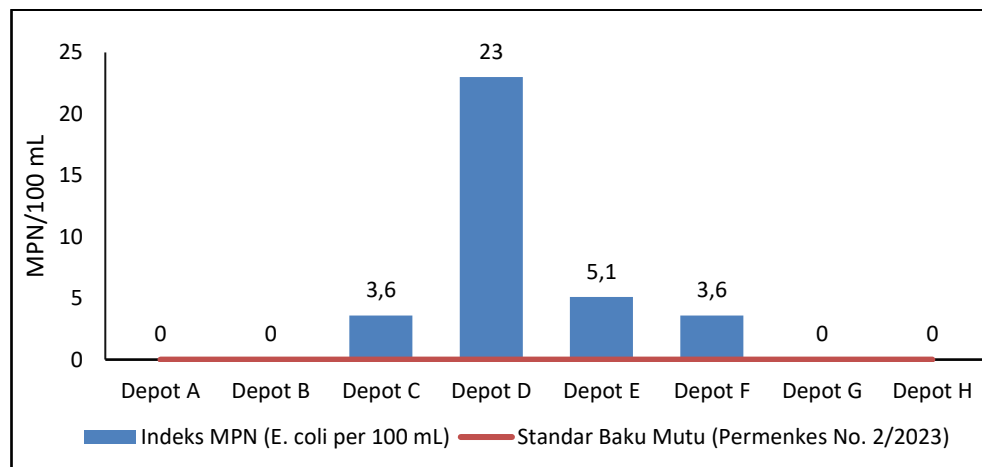


Gambar 4. 1 Sampel Kode D positif *E.coli* pada Media EMB agar



Gambar 4. 2 Sampel Kode C dan F positif *E.coli* pada Media EMB agar

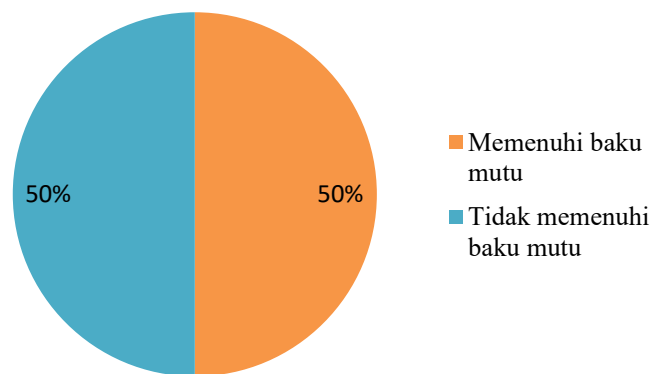
Dari hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan baku mutu Permenkes No. 2 Tahun 2023 tentang Pengawasan Kualitas Air Minum. Berikut merupakan hasil dari 8 titik sampel Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) yang ada di Kecamatan Ngaglik dan Kecamatan Ngemplak (Gambar 4.3)



Gambar 4. 3 Konsentrasi *Escherichia coli* di Depot Air Minum Isi Ulang di 8 lokasi sampling di Kecamatan Ngaglik dan Ngemplak Sleman, Yogyakarta.

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa konsentrasi parameter *Escherichia coli* (*E. coli*) dalam sampel air minum isi ulang berkisar antara 0 hingga 23 MPN/100 mL. Konsentrasi *E. coli* tertinggi, yaitu 23,0 MPN/100 mL, ditemukan pada sampel dengan kode Depot D, sedangkan konsentrasi *E. coli* terendah, yaitu 0 MPN/100 ml, ditemukan pada sampel dengan kode Depot A, Depot B, Depot G, dan Depot H. Berdasarkan Peraturan Standar Mutu Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2023 Air

Minum memiliki syarat harus bebas dari bakteri *E.coli* atau bernilai 0 MPN/100 mL. Hasil lain menunjukkan terdapat 4 Depot yang diklasifikasikan Tidak Memenuhi Syarat (TMS) karena hasil ujinya positif mengandung *E. coli*, yaitu Depot C dengan hasil 3,6 MPN/100 mL, Depot E dengan hasil 5,1 MPN/100 mL, Depot F dengan hasil 3,6 MPN/100 mL, dan Depot D dengan hasil 23 MPN/100 mL. Hal ini menunjukkan sebanyak 50% dari jumlah total sampel mengandung *E. coli* menandakan adanya kontaminasi oleh feses manusia atau hewan (Gambar 4.4).



Gambar 4. 4 Persentase hasil Sampel DAMIU yang memenuhi baku mutu dan yang tidak memenuhi baku mutu (Permenkes No. 2 Tahun 2023)

Keberadaan bakteri patogen memiliki hubungan linier dengan nilai indeks *Most Probable Number* (MPN) rendahnya nilai indeks MPN mengindikasikan minimnya atau bahkan tidak adanya organisme patogen dalam sampel, begitu pula sebaliknya (Fitri, 2016). Dengan demikian, nilai MPN dapat digunakan sebagai indikator awal dalam menilai tingkat kontaminasi mikrobiologis air, khususnya yang berkaitan dengan keberadaan *E. coli* sebagai bakteri indikator pencemar fekal

4.1.2 Kualitas Mikrobiologis pada Air Minum Isi Ulang

Pengujian kualitas mikrobiologis sampel air minum di Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) di wilayah Kecamatan Ngaglik dan Kecamatan Ngemplak dilakukan dengan menentukan keberadaan bakteri *Escherichia coli* (*E. coli*) menggunakan metode *Most Probable Number* (MPN). *E. coli* dipilih sebagai

parameter utama karena berfungsi sebagai indikator spesifik dalam kontaminasi feses atau air limbah domestik baik pada sumber air baku maupun proses pengolahan akhir. Mengacu pada standar kualitas kesehatan lingkungan yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan Indonesia Nomor 2 Tahun 2023, air yang digunakan untuk konsumsi secara langsung oleh masyarakat harus memenuhi standar baku mutu tidak mengandung *Escherichia coli* maupun total *coliform* sebesar 0 per 100 mL sampel.

Hasil laboratorium dibandingkan dengan data observasi dan wawancara mengenai parameter kebersihan lingkungan utama di fasilitas penyimpanan air. Penilaian parameter yang digunakan didasari pada prinsip-prinsip yang ada pada Formulir Inspeksi Kesehatan Lingkungan (IKL) diatur dalam Permenkes No. 14 Tahun 2021 tentang Kesehatan Lingkungan, yang mencakup tiga aspek utama: manajemen operasional tangki penyimpanan, pemeliharaan sistem filtrasi dan unit disinfeksi UV, dan praktik kebersihan pribadi operator yang menangani air (penjamah).

Hasil pengujian laboratorium terhadap delapan sampel Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) menunjukkan perbedaan yang signifikan dimana tingkat cemaran bakteri di tiap lokasi. Dari delapan tempat pengolahan yang diperiksa, empat di antaranya terbukti berhasil menjaga kualitas air agar tetap steril, sehingga memenuhi kategori "Memenuhi Syarat" (MS). Keempat depot tersebut, yaitu Depot A, Depot B, Depot G, dan Depot H, semuanya memiliki angka cemaran bakteri 0 MPN/100 ml.

Sebaliknya, empat depot sisanya masuk kategori "Tidak Memenuhi Syarat" (TMS) karena ditemukannya bakteri *E. coli*. Rata-rata cemaran bakteri pada kelompok depot yang tidak memenuhi standar baku mutu ini berkisar antara 3,6 hingga 23 MPN/100 ml. Lebih spesifik terjadi pada depot C yang memiliki 3,6 MPN/100 ml, depot E sebanyak 5,1 MPN/100 ml, dan depot F sejumlah 3,6 MPN/100 ml. Sementara itu, depot D menjadi yang paling tinggi tingkat cemarannya, yaitu mencapai 23 MPN/100 ml.

Tingginya jumlah bakteri pada Depot D terlihat pada tumbuhnya koloni pada media agar *Eosin-Metylen Blue (EMB)* pada saat hasil pengujian *Completed Test*. Saat kultur sampel dari Depot D diperiksa, terdapat koloni bakteri yang

muncul dengan ciri khas terdapat kilau hijau metalik (*green sheen*) yang sangat mencolok di sepanjang garis goresan pada media. Kilau hijau metalik ini merupakan penanda spesifik *Escherichia coli*. Kondisi ini terjadi karena bakteri tersebut mampu memfermentasi laktosa dengan cepat dan menghasilkan asam kuat, yang kemudian menurunkan tingkat keasaman media di sekitar koloni. Tumbuhnya koloni yang begitu banyak pada cawan Petri dari sampel D ini secara jelas menunjukkan adanya kontaminasi dalam kualitas air serta kebersihan di depot tersebut.

Selain kondisi higiene sanitasi, keberhasilan pengolahan air minum juga dipengaruhi oleh efektivitas proses desinfeksi. Secara umum, desinfeksi air dapat dilakukan menggunakan klorinasi, ozonisasi, maupun radiasi ultraviolet. Klorinasi bekerja dengan mengoksidasi komponen penting sel mikroorganisme sehingga menyebabkan bakteri kehilangan kemampuan untuk bertahan hidup. Metode ini memiliki keunggulan berupa adanya sisa klor (*residual chlorine*) yang masih dapat memberikan perlindungan terhadap kemungkinan kontaminasi kembali selama proses distribusi air. Sebaliknya, radiasi ultraviolet tidak meninggalkan residu desinfektan sehingga efektivitasnya sangat bergantung pada intensitas penyinaran, kejernihan air, serta kondisi lampu UV yang digunakan. Oleh karena itu, apabila unit UV tidak berfungsi secara optimal, bakteri seperti *Escherichia coli* masih berpotensi bertahan pada air hasil pengolahan.

4.1.3 Analisis Kondisi Pengelolaan Depot Air Minum yang Memenuhi Syarat (MS)

Faktor yang membuat depot A, B, G, dan H memenuhi baku mutu ialah dalam memproduksi air minum isi ulang sangat bergantung pada konsistensi manajemen dalam mengikuti aturan kebersihan. Berikut merupakan tingkat pemenuhan prasyarat higiene sanitasi pada seluruh depot yang diteliti (Tabel 4.1)

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Hasil Wawancara Parameter Utama Higiene Sanitasi 8 DAMIU

Indikator Parameter	Standar Baku (Formulir IKL)	A	B	C	D	E	F	G	H
I. Operasional & Sanitasi Tandon									

Indikator Parameter	Standar Baku (Formulir IKL)	A	B	C	D	E	F	G	H
Frekuensi Pengurasan Tandon	Maksimal 1 bulan sekali	x	√	x	x	x	x	√	√
Kondisi Fisik & Kebersihan Depot	Bersih, rapi, bebas dari debu/lumut	√	√	x	x	x	√	x	√
II. Pemeliharaan Lampu UV & Filter									
Kondisi Fisik Lampu UV	Berfungsi dengan baik / Terang	√	√	√	x	x	√	√	√
Waktu Operasional Lampu UV	Selalu dinyalakan (Standar Sterilisasi)	√	x	x	x	x	x	√	√
III. Higiene Perorangan Operator									
Higiene Operator (Cuci Tangan)	Mencuci tangan dengan sabun / APD Plastik	x	√	x	x	x	x	√	√
Penyimpanan Tutup Galon	Wadah tertutup / Lemari khusus steril	x	√	√	x	x	x	√	x
REKAPITULASI HASIL									
Total Parameter Sesuai Standar (√)	Dari 6 Parameter	3	5	1	0	0	2	5	5
Total Parameter Tidak Sesuai (x)	Dari 6 Parameter	3	1	4	6	6	4	1	1
Persentase Kelayakan (%)	Target Kelayakan 100%	50,0%	66,7%	16,7%	0,0%	0,0%	33,3%	83,3%	83,3%

Sumber : Formulir Inspeksi Kesehatan Lingkungan Lampiran Permenkes No. 14 Tahun 2021 tentang Standar

Depot G dan Depot H mencapai tingkat kepatuhan sebesar 83,3% yang sama untuk parameter kepatuhan. Tingkat kepatuhan yang tinggi ini berkat kedua depot tersebut yang disiplin dalam mengosongkan tangki penyimpanan, maksimal sebulan sekali. Pengosongan tangki yang terjadwal secara rutin ini dapat mencegah pertumbuhan lendir organik atau biofilm di dinding tangki, yang biasanya menjadi sarang bakteri yang tidak dapat membuat makanannya sendiri karena tidak memiliki kemampuan untuk melakukan fotosintesis. Hal ini disebutkan dalam penelitian Andy Z. (2019) yang menyatakan bahwa perawatan fisik seperti pengurasan tangki penyimpanan air minum sangat penting untuk menekan jumlah bakteri heterotrofik sebelum mereka sempat berkembang menjadi biofilm yang matang. Jika biofilm sudah terbentuk dan menempel kuat pada dinding tangki, lapisan tersebut akan melindungi bakteri di dalamnya, sehingga menjadi lebih sulit dihilangkan meskipun sudah diberi desinfektan kimia atau disinari UV. Selain itu, unit disinfeksi berupa lampu UV di Depot G dan H dalam kondisi baik yaitu lampunya menyala terang dan aktif selama jam operasional. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pemeliharaan unit disinfeksi memiliki peran penting dalam menjaga kualitas mikrobiologi air minum. Radiasi ultraviolet bekerja dengan merusak materi genetik mikroorganisme sehingga bakteri tidak mampu melakukan replikasi. Berbeda dengan klorinasi yang masih memberikan efek perlindungan melalui sisa klor di dalam air, efektivitas sinar ultraviolet hanya terjadi selama air melewati ruang penyinaran. Oleh karena itu, lampu UV yang telah mengalami penurunan intensitas atau tidak dioperasikan secara optimal dapat menurunkan efektivitas proses disinfeksi. Menjaga intensitas cahaya UV yang optimal adalah upaya pertahanan terakhir, karena radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang tertentu terbukti merusak materi genetik (DNA/RNA) mikroorganisme patogen yang tersisa, membuatnya tidak bisa berkembang biak (Hidayah, *et al.* 2019). Kepatuhan dalam hal mekanis ini diperkuat pula oleh sikap operator yang selalu menjaga kebersihan tangan dan menyimpan tutup galon cadangan dalam lemari khusus penyimpanan. Temuan mengenai adanya cemaran *Escherichia coli* pada sejumlah depot air minum dalam penelitian ini sejalan dengan studi risiko

kesehatan lingkungan yang dilakukan oleh Yanni *et al.* (2024) di Palembang. Dalam riset tersebut, disebutkan terdapat keterkaitan

antara kondisi area luar depot dan kebersihan peralatan dengan tinggi kadar *E. coli*. Hal ini menjadi pengingat bahwa lingkungan kerja yang terlalu terbuka, ditambah minimnya fasilitas sanitasi bagi operator, misalnya ketiadaan tempat cuci tangan yang memadai, menjadi celah bagi bakteri dari feses untuk masuk dan mencemari air siap minum

Di Depot B, sekitar dua per tiga parameter penting dinyatakan layak, atau lebih tepatnya 66,7%. Meskipun terdapat satu kekurangan teknis karena lampu UV tidak menyala terus-menerus, melainkan hanya saat ada pelanggan, Depot B tetap dapat menghasilkan air steril yaitu 0 MPN/100 mL. Hal ini dapat terjadi akibat dari penerapan kebersihan lain yang sangat ketat, seperti penggantian air tandon tiap bulan, kebersihan fisik area depot yang baik, serta kepatuhan operator dalam mencuci tangan pakai sabun sebelum mengisi galon. Kesadaran para pekerja untuk menjaga kebersihan diri sebelum memegang mulut galon berperan besar dalam mencegah perpindahan kuman dari tangan ke air produk (Suriaman, 2018).

Di sisi lain, Depot A hanya memiliki 50,0% parameter penting yang layak. Dari pengamatan, Depot A punya beberapa kekurangan, seperti pengurasan tandon yang memakan waktu dua bulan dan operator yang kadang lupa mencuci tangan sebelum melayani. Namun, air di Depot A tetap steril karena ruangan pengisiannya bersih dan lampu UV bekerja optimal serta menyala sepanjang waktu. Sinar ultraviolet yang bekerja efektif di area pengisian tertutup ini diduga dapat membasmi sisa kuman yang mungkin lolos dari saringan awal, sehingga kontaminasi akibat kurangnya kebersihan diri operator bisa dicegah sebelum air masuk ke galon pelanggan (Taniawati, 2019).

4.1.4 Analisis Kondisi Pengelolaan Depot Air Minum yang Tidak Memenuhi Syarat (TMS)

Kemunculan bakteri *E. coli* pada kelompok depot yang berstatus tidak memenuhi syarat mencerminkan adanya pengabaian terhadap parameter utama higiene sanitasi tempat pengelolaan air minum. Berdasarkan hasil data wawancara terbaru, Depot D dan Depot E berada pada tingkat risiko paling rentan dengan persentase kelayakan sebesar 0,0%, yang berarti seluruh indikator keselamatan kesehatan di lokasi tersebut berada di bawah standar baku lingkungan.

Kondisi penurunan sanitasi terlihat pada Depot D yang kemungkinan memiliki keterkaitan dengan tingginya angka cemaran sebesar 23 MPN/100 mL. Melalui hasil wawancara dan observasi fisik, Depot D terbukti mengabaikan seluruh parameter perlindungan seperti tandon air baku hanya dikuras dalam rentang waktu tiga bulan sekali, ruang pengisian kotor dan berdebu, serta ditemukan adanya lumut pada pojok area pengisian wadah. Kerusakan buruk diduga terletak pada sistem disinfeksi di mana lampu ultraviolet (UV) didapati dalam kondisi mati total namun proses pengisian air tetap dijalankan. Studi (Medelyn et al., 2020) menekankan bahwa keberhasilan proses desinfeksi UV menjadi faktor yang berpotensi konsistensi dalam pemeliharaan peralatan. Lampu UV yang tidak berfungsi atau mengalami penurunan intensitas akan mengurangi kinerja inaktivasi, sehingga bakteri patogen masih dapat lolos hingga ke tahap akhir. Kelalaian teknis dipengaruhi oleh perilaku buruk operator yang tidak mencuci tangan serta merokok aktif tepat di depan tempat pengisian saat proses pengolahan air sedang berlangsung. Tangan operator serta aktivitas di sekitar area pengisian air minum menjadi jalur perpindahan bakteri dari lingkungan ke dalam air hasil produksi. Kebiasaan seperti merokok dan kurangnya perhatian terhadap kebersihan tangan di ruang pengisian dapat memicu pergerakan udara sekitar yang membawa debu dan mikroorganisme, sehingga berpotensi mengganggu efektivitas proses filtrasi yang telah dilakukan sebelumnya (Rapidan et al., 2023). Penumpukan faktor risiko ini diduga menjadi penyebab adanya pekat kilap logam koloni *E. coli* pada media *EMB* Agar pada sampel Depot D, karena tidak adanya sistem pembatas dan antiseptik yang menghalangi perpindahan bakteri fekal ke dalam kemasan pembeli.

Pada Depot E yang juga memiliki persentase kelayakan 0,0% dengan angka cemaran 5,1 MPN/100 mL, risiko pencemaran diduga oleh tata letak ruang pengisian yang buruk berdekatan langsung dengan gudang penyimpanan barang serta tidak memiliki pintu pelindung pada bagian kran pengisian. Selain itu, pengurasan tandon penampung di Depot E sangat jarang dilakukan, yaitu hanya satu kali dalam empat bulan. Penundaan pembersihan tangki dalam jangka waktu yang terlalu lama ini sejalan dengan teori yang dikemukakan oleh Ningrum *et al.* (2019), yang menyatakan bahwa durasi penyimpanan air baku yang melewati batas aman akan menstimulasi bakteri atau akibat akumulasi sedimen di dasar tangki

yang lambat laun membentuk lapisan biofilm. Lapisan ini bertindak sebagai pelindung alami bagi koloni bakteri heterotrofik dari pengaruh luar, sehingga ketika air dialirkan, berpotensi terlepas karena adanya indikasi efek gesekan arus (*shearing effect*) dan mencemari sediaan air bersih. Temuan Etienne et al. (2017) mengindikasikan bahwa fluktuasi kecepatan aliran dalam pipa memicu tegangan geser pada biofilm. Kondisi ini berkaitan dengan terjadinya pengikisan lapisan biofilm dan pelepasan koloni bakteri (*sloughing*), yang kemudian berkontribusi terhadap kontaminasi air secara langsung, meskipun pada penelitian ini kondisi hidrolika pipa tidak diukur secara langsung

Faktor risiko pada Depot C dengan kelayakan 16,7% dan Depot F dengan kelayakan 33,3% juga berakar dari masalah yang serupa. Kedua depot ini membiarkan tandon air baku tidak dikuras selama tiga bulan berturut-turut. Meskipun kondisi fisik lampu UV di Depot C dan F terpantau masih menyala terang, efektivitas radiasi pembunuhan kuman menjadi tidak optimal karena waktu operasional lampu UV di kedua tempat tersebut tidak dinyalakan secara terus-menerus atau hanya diaktifkan secara mendadak saat ada pembeli datang. Kebiasaan mematikan lampu UV ini membuat bakteri yang berada di dalam pipa instalasi atau area kran pengisian memiliki kesempatan untuk berkembang biak saat depot sedang sepi. Ketika kran dibuka, aliran air pertama akan membawa serta bakteri tersebut masuk ke dalam wadah konsumen sebelum lampu UV mencapai intensitas radiasi puncaknya. Terhentinya aliran air serta tidak adanya sisa desinfektan dalam jaringan perpipaan dapat mempercepat terbentuknya biofilm dan mendorong peningkatan jumlah mikroorganisme secara signifikan. (Batté et al. 2019)

Kelemahan lain yang ditemukan pada Depot C, E, dan F adalah cara penyimpanan penutup galon cadangan yang tidak higienis. Ketiga depot ini terlihat hanya meletakkan tutup galon di dalam wadah plastik terbuka atau ditaruh di tempat yang terpapar debu sekitar, tidak disimpan di dalam lemari steril yang tertutup rapat. Kecerobohan dalam menangani komponen pelengkap ini mempermudah terjadinya kontaminasi silang, karena tutup galon yang tercemar debu atau disentuh oleh tangan operator yang kotor akan mentransfer bakteri langsung ke dalam air steril saat proses penyegelan botol (Mahadika & Levannya, 2021)

Berdasarkan hasil pengamatan, kapasitas tandon yang digunakan di depot-depot penelitian memiliki variasi yang cukup besar, yaitu berkisar antara 1.000 liter hingga 5.000 liter (Lampiran 6). Besarnya kapasitas penampungan tersebut secara teknis memerlukan perhatian khusus terkait laju perputaran (*turnover rate*) air.

Laju perputaran air merupakan parameter yang menentukan durasi atau waktu tinggal (*water age*) air di dalam tangki sebelum habis digantikan oleh air baru. Meskipun secara langsung durasi pengurasan harian dari masing-masing depot bervariasi tergantung fluktuasi omzet, penggunaan tandon berkapasitas besar memiliki kemungkinan risiko penahanan air (*stagnasi*) yang lebih tinggi apabila tidak diimbangi dengan laju penjualan yang cepat. Menurut pedoman penyimpanan air minum dari *Environmental Protection Agency* (EPA), stabilitas kualitas air mensyaratkan waktu tinggal air idealnya tidak melampaui 3 hingga 5 hari guna menghindari kondisi statis. Kondisi ini sejalan dengan temuan Yunada dkk. (2023) dalam Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia, yang mengonfirmasi bahwa penahanan air dalam jangka waktu lama tanpa sirkulasi yang cepat memicu penurunan kualitas mikrobiologis selama masa penyimpanan. Oleh karena itu, potensi *stagnasi* air pada tandon besar di lokasi penelitian menjadi titik kritis yang mendasari perlunya manajemen risiko operasional. Di sisi lain, terkait sumber air baku, pengusaha depot masih sangat bergantung pada pasokan dari armada tangki komersial dengan keterbatasan informasi mengenai kualitas mikrobiologis awal dari sumber asalnya (Ristandi & Hanani, 2020).

Dari sisi teknis, hasil evaluasi menunjukkan bahwa kinerja lampu ultraviolet yang cenderung melemah atau tidak menyala secara konsisten mengindikasikan belum adanya pengaturan umur pakai berdasarkan durasi operasi harian. Menurut Sutrisno. (2019) menyebutkan efektivitas lampu UV dengan panjang gelombang 254 nm akan menurun signifikan setelah digunakan selama sekitar 8.000 hingga 10.000 jam. Kurangnya perhatian terhadap intensitas pancaran lampu serta ketidakteraturan dalam penggantian mikrofilter membuat kemampuan sinar UV untuk merusak struktur genetik mikroorganisme tidak lagi optimal (Wandrivel *et al.*, 2012).

4.1.5 Penerapan Kesehatan Masyarakat untuk Mencegah Paparan Bakteri Patogen

Keberadaan bakteri *Escherichia coli* pada air minum isi ulang di Depot C, Depot D, Depot E, dan Depot F memberikan gambaran secara nyata mengenai ancaman paparan pencemaran lingkungan yang dihadapi oleh masyarakat terutama konsumen di wilayah Kecamatan Ngaglik dan Kecamatan Ngemplak. Berdasar dari kesehatan lingkungan, penemuan bakteri indikator fekal ini menegaskan bahwa air dari keempat depot tersebut tidak berada dalam kondisi yang aman untuk langsung diminum tanpa melalui proses pemanasan atau pemasakan terlebih dahulu hingga mencapai titik didih. Jika pendistribusian air minum isi ulang yang terkontaminasi ini terus berjalan tanpa adanya tindakan pengubahan pada sistem pengolahan DAMIU, maka masyarakat yang mengonsumsinya secara rutin berada dalam risiko tinggi terkena penyakit infeksi saluran pencernaan bawaan air (*waterborne diseases*). Akibat buruk yang dapat ditimbulkan paparan bakteri patogen ini meliputi gangguan pencernaan akut seperti diare, demam tifoid (tifus), disentri, hingga kolera (Pracoyo, 2016). Terlebih lagi, infeksi dari bakteri *E. coli* yang bersifat enteropatogenik mampu melepaskan toksin yang merusak dinding usus, memicu dehidrasi berat, dan secara signifikan dapat menurunkan kualitas serta produktivitas hidup masyarakat yang terdampak. Sesuai dengan jurnal dalam riset Rusmiah *et al.* (2025), keberadaan cemaran mikroba pada depot air minum dapat menjadi jalan masuk bagi penularan patogen yang menyerang saluran pencernaan, Bakteri *E. coli* jenis enteropatogenik mampu menempel dan menginfeksi dinding usus, yang akhirnya membuat yang terdampak mengalami diare akut.

Oleh sebab itu, hasil dari persentase kelayakan yang teridentifikasi pada delapan depot tersebut perlu dijadikan sebagai landasan evaluasi yang bersifat prioritas. Pengelola depot, khususnya pada kelompok Depot C, Depot D, Depot E, dan Depot F yang belum memenuhi persyaratan bertanggung jawab untuk segera melakukan tindakan nyata melalui perbaikan aspek teknis, seperti penggantian lampu ultraviolet (UV) yang tidak berfungsi, penerapan jadwal pengurasan tandon secara rutin dan terstruktur, penerapan prinsip *First In, First Out (FIFO)* dengan menyesuaikan volume pengisian tandon berdasarkan omzet harian agar air tidak stagnan, serta kewajiban meminta bukti sertifikat laik penyehatan air dari penyedia armada tangki. Di samping itu, peningkatan penerapan higiene personal pada saat

proses pengisian air juga mutlak diperlukan. Melalui upaya tersebut, peran petugas kesehatan dari Puskesmas setempat juga diperlukan dalam pelaksanaan pengawasan kualitas secara berkala dan berkesinambungan guna menjamin terpenuhinya hak masyarakat terhadap akses air minum yang bersih, aman, sehat, dan bebas dari kontaminasi biologis..

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian mikrobiologi dan analisis data lapangan yang telah dilakukan terhadap kualitas air minum pada depot air minum isi ulang (DAMIU) di Kecamatan Ngaglik dan Ngemplak, maka pengujian ini dapat disimpulkan :

1. Kualitas mikrobiologi pada depot air minum isi ulang di wilayah Kecamatan Ngaglik dan Ngemplak terbukti belum sepenuhnya aman untuk dikonsumsi ditandai dengan masih ditemukannya kontaminasi bakteri *Escherichia coli* pada separuh dari total sampel penelitian. Hal ini terlihat dari kondisi yang ada di lapangan menunjukkan bahwa belum semua depot mampu menghasilkan air bersih secara konsisten, di mana sebagian depot sudah berhasil memproduksi air minum yang layak, sementara sebagian lainnya masih ditemukan adanya cemaran bakteri fekal tersebut.
2. Berdasarkan kepatuhan terhadap Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023, data menunjukkan bahwa separuh dari depot yang diteliti belum layak untuk dikonsumsi secara langsung. Depot-depot tersebut dinyatakan tidak memenuhi standar kesehatan karena melanggar ambang batas yang mewajibkan air minum untuk benar-benar steril dan bebas dari mikroorganisme patogen.
3. Temuan kontaminasi *E. coli* pada penelitian ini ditemukan bersamaan dengan adanya beberapa ketidaksesuaian aspek higiene dan sanitasi operasional depot. pada pengerjaan operasional. Permasalahan ini umumnya bersumber dari ketidakdisiplinan dalam pemeliharaan teknis, seperti jadwal pengurasan tandon yang tidak rutin, kurang optimalnya sistem desinfeksi ultraviolet, serta masih rendahnya kesadaran operator atau penjamah dalam menjaga kebersihan diri selama proses pengolahan air

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan serta keterbatasan dalam pelaksanaan penelitian ini, beberapa saran yang dapat diajukan adalah sebagai berikut:

1. Bagi Pengelola Depot Air Minum Isi Ulang di Kecamatan Ngaglik dan Ngemplak Perlu ditingkatkan kedisiplinan dalam perawatan alat dan higiene petugas secara mandiri. Tindakan nyata yang harus diterapkan meliputi penjadwalan pengurasan tandon minimal sebulan sekali, memastikan lampu ultraviolet tetap menyala selama jam operasional, serta menyediakan fasilitas cuci tangan bersabun di dekat area pengisian agar operator bisa membersihkan tangan sebelum melayani konsumen. Selain itu, pengelola disarankan menerapkan prinsip *First In, First Out* (FIFO) dengan menyesuaikan volume pengisian tandon berdasarkan omzet penjualan harian agar air baku tidak stagnan melebihi 5 hari, serta memastikan legalitas hulu dengan meminta bukti sertifikat laik penyehatan air dari pihak penyedia armada tangki komersial secara berkala.
2. Bagi Peneliti selanjutnya disarankan untuk melakukan pengukuran tingkat radiasi lampu ultraviolet serta menguji laju pertumbuhan bakteri pada berbagai jenis material tandon guna menemukan waktu pengurasan yang paling optimal. Selain itu, peneliti selanjutnya juga dapat melakukan analisis kuantitatif yang lebih presisi mengenai hubungan antara durasi waktu tinggal (*water age*) air di dalam tandon dengan fluktuasi jumlah cemaran bakteri kontaminan.

DAFTAR PUSTAKA

- Batté, M., Appenzeller, B. M. R., Grandjean, D., Fass, S., Gauthier, V., Jorand, F., Mathieu, L., Boualam, M., Saby, S., & Block, J. C. (n.d.). *Biofilms in drinking water distribution systems*.
- Etienne, P., Ochoa, J., Pechaud, Y., Liu, Y., & Line, A. (2012). Effect of shear stress and growth conditions on detachment and physical properties of biofilms. *Water Research*, 46, 5499–5508. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.07.029>
- Hernández-Vásquez, A., Visconti-Lopez, F. J., & Vargas-Fernández, R. (2023). Escherichia coli Contamination of Water for Human Consumption and Its Associated Factors in Peru: A Cross-Sectional Study. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 108(1), 187–194. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.22-0240>
- Krishna Kumar, Kumar Patel, Sarita Patel, & Saradia Kar. (2025). Most Probable Number [MPN] test to detect the presence of coliform from multiple drinking water sources of Janjgir-Champa district Chhattisgarh, India. *International Journal of Applied Research*, 11(11), 241–248. <https://doi.org/10.22271/allresearch.2025.v11.i11c.13013>
- Marhamah, A. N., & Santoso, B. (n.d.). Kualitas air minum isi ulang pada depot air minum di Kabupaten Manokwari Selatan Refill drinking water quality at drinking water depots in South Manokwari Regency. *CASSOWARY*, 3(1), 61–71. Retrieved <https://pasca.unipa.ac.id/>
- Medeiros, R. C., de M. N. Fava, N., Freitas, B. L. S., Sabogal-Paz, L. P., Hoffmann, M. T., Davis, J., Fernandez-Ibañez, P., & Byrne, J. A. (2020). Drinking water treatment by multistage filtration on a household scale: Efficiency and challenges. *Water Research*, 178, 115816. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115816>
- Novita Sunarti, R. (2016). Uji Kualitas Air Minum Isi Ulang Disekitar Kampus Uin Raden Fatah Palembang. In *Jurnal Bioilmi* (Vol. 2, Number 1).
- Pakpahan, R. S., Picauly, I., & Mahayasa, I. N. W. (2015). Cemaran Mikroba Escherichia coli dan Total Bakteri Koliform pada Air Minum Isi Ulang. *Kesmas: National Public Health Journal*, 9(4), 300. <https://doi.org/10.21109/kesmas.v9i4.733>
- Raneesteen E., Wardhani b., (2023). Penyuluhan Daring Pemanfaatan Bakteri Baik untuk Hidup Sehat. *Jurnal Kreativitas Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) (2023) 6(1) 341-348*
- Rapeepan, Y., Piyabhorn, P., Phatcharaporn, P., & Theethawat, S. (2023). Microbiological Quality of Drinking Water and Food in a Rural Community. *Nature Environment and Pollution Technology*, 22(4), 2273–2278. <https://doi.org/10.46488/NEPT.2023.v22i04.056>
- Savitri, L., Kholis, M. A. N., Prasetyawan, F., Saristiana, Y., Amanda, C., & Mebung, K. K. (2025). Assessment of Escherichia coli Contamination in Drinking Water from Refill Depots. *Biology, Medicine, & Natural Product Chemistry*, 14(1), 443–446. <https://doi.org/10.14421/biomedich.2025.141.443-446>
- Universitas Indonesia. (2023). *Kontaminasi Bakteri Escherichia Coli Pada Produk Depot Air Minum*.

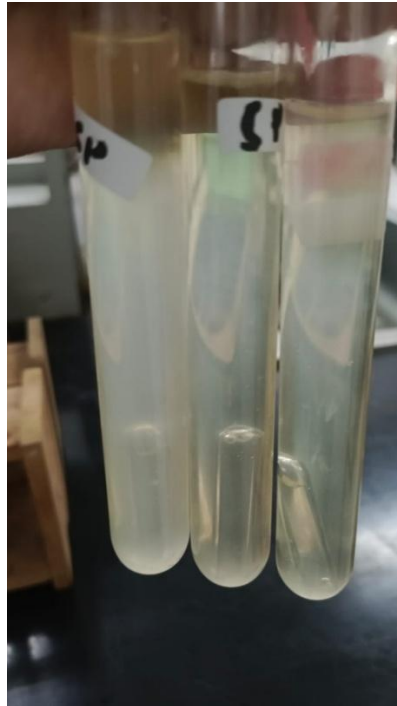
- Winandar, A., Muhammad, R., Fakultas Kesehatan Masyarakat, I., & Serambi Mekkah Banda Aceh, U. (2020). Analisis *Escherichia coli* dalam Air Minum Isi Ulang pada Depot Air Minum (DAM) di Wilayah Kerja Puskesmas Kuta Alam Banda Aceh. In *Serambi Saintia Jurnal Sains dan Aplikasi: VIII* (Number 1).
- Yanni, M. A., Daniel, D., & Nastiti, A. (2024). Environmental health risks (EHR) and *E. coli* concentration in refilled drinking water stations in Palembang (a cross-sectional study). *BIO Web of Conferences*, 132. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202413202006>
- Zimmer, J. L., & Slawson, R. M. (2002). Potential Repair of *Escherichia coli* DNA following Exposure to UV Radiation from Both Medium- and Low-Pressure UV Sources Used in Drinking Water Treatment. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(7), 3293–3299. <https://doi.org/10.1128/AEM.68.7.3293-3299.2002>

LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Uji Pendugaan Menggunakan Media *LB Double Strength*

No	Nama Depot	Jumlah Tabung Positif	Jumlah Tabung Negatif	Total Tabung	Persentase Positif (%)	Perhitungan Persentase
1	A	8	2	10	80%	$(8/10) \times 100$
2	B	10	0	10	100%	$(10/10) \times 100$
3	C	10	0	10	100%	$(10/10) \times 100$
4	D	10	0	10	100%	$(10/10) \times 100$
5	E	4	6	10	40%	$(4/10) \times 100$
6	F	9	1	10	90%	$(9/10) \times 100$
7	G	3	7	10	30%	$(3/10) \times 100$
8	H	10	0	10	100%	$(10/10) \times 100$
Total		64	16	80	80%	$(64/80) \times 100$

Lampiran 2 Hasil Uji Penduga untuk sampel depot menggunakan Media *LB Double Strength*

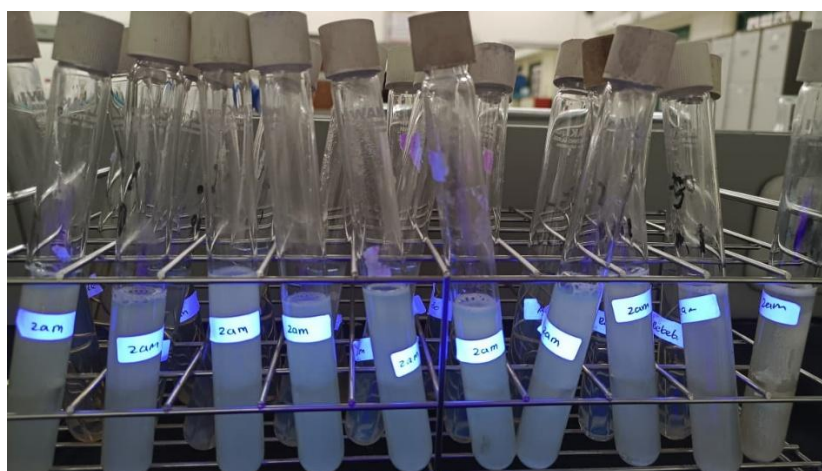


Lampiran 3 Hasil Uji Penegasan Menggunakan Media EC-MUG

No	Nama Depot	Jumlah Tabung Positif	Jumlah Tabung Negatif	Total Tabung yang Diuji	Persentase Positif (%)	Perhitungan Persentase
1	A	0	8	8	33,30%	$(3/10) \times 100$
2	B	0	10	10	0%	$(0/10) \times 100$
3	C	3	7	10	30%	$(3/10) \times 100$
4	D	10	0	10	100%	$(10/10) \times 100$
5	E	4	0	4	100%	$(4/4) \times 100$
6	F	0	9	9	0%	$(0/9) \times 100$
7	G	0	3	3	0%	$(0/3) \times 100$

No	Nama Depot	Jumlah Tabung Positif	Jumlah Tabung Negatif	Total Tabung yang Diuji	Persentase Positif (%)	Perhitungan Persentase
8	H	0	10	10	0%	$(0/10) \times 100$
Total		20	45	65	30,70%	$(20/65) \times 100$

Lampiran 4 Sampel Medua *EC MUG* positif berfluoresensi biru



Lampiran 5 Sampel Medua *EC MUG* positif berfluoresensi biru

No	Nama Depot	Jumlah Tabung Positif	Jumlah Tabung Negatif	Total Tabung yang Diuji	Persentase Positif (%)	Perhitungan Persentase
1	C	3	0	3	100%	$(3/3) \times 100$
2	D	10	0	10	100%	$(10/10) \times 100$
3	F	4	0	4	100%	$(4/4) \times 100$
4	F	3	0	3	100%	$(3/3) \times 100$

No	Nama Depot	Jumlah Tabung Positif	Jumlah Tabung Negatif	Total Tabung yang Diuji	Persentase Positif (%)	Perhitungan Persentase
	Total	20	0	20	100%	$(20/20) \times 100$

Lampiran 6 Indeks MPN dan Batas Kepercayaan 95% dari Sampel C, D, E, dan F Menggunakan Porsi Tabung 10-mL

Code Sampel	No. Of Tubes Giving Positive Reaction Out of 10 (10 ml. each)	MPN Index/100 mL	95% Confidence Limits (Exact)	
			Lower	Upper
C	3	3.6	0.91	9.7
D	10	>23	13	-
E	4	5.1	1.6	13
F	3	3.6	0.91	9.7

Lampiran 7 TABLE 9221:III. MPN INDEX AND 95% CONFIDENCE LIMITS FOR ALL COMBINATIONS OF POSITIVE AND NEGATIVE RESULTS WHEN TEN 10-mL PORTIONS ARE USED

TABLE 9221:III. MPN INDEX AND 95% CONFIDENCE LIMITS FOR ALL COMBINATIONS OF POSITIVE AND NEGATIVE RESULTS WHEN TEN 10-mL PORTIONS ARE USED

No. of Tubes Giving Positive Reaction Out of 10 (10 mL Each)	MPN Index/ 100 mL	95% Confidence Limits (Exact)	
		Lower	Upper
0	<1.1	—	3.4
1	1.1	0.051	5.9
2	2.2	0.37	8.2
3	3.6	0.91	9.7
4	5.1	1.6	13
5	6.9	2.5	15
6	9.2	3.3	19
7	12	4.8	24
8	16	5.8	34
9	23	8.1	53
10	>23	13	—

Lampiran 8 Data Hasil Wawancara dan Observasi

Kategori Observasi & wawancara							
I. Operasional							
1.	Sumber Air Baku	Tangki pengumungan Turi	Tangki Tiroangung	Tangki Tiroangung	Tangki Turi	PDAM	PDAM
2	Kapasitas Tandon Estimasi (Liter)	5.000	5.000	5.000	5.000	1.500	2.000
2.	Frekuensi Pengurasan Tandon	2 Bulan sekali	1 bulan sekali	3 Bulan Sekali	3 Bulan sekali	4 Bulan sekali	3 Bulan sekali
3.	Kondisi Depot	Tertata dengan rapih	Bersih, rapih, tertata	Bersih namun tidak rapih	Kotor hingga banyak debu terdapat lumut di bagian pokok pengisian air, tutup galon berserakan	Tempat pengisian debit dengan gulang, sudah tidak ada pintu penutup di bagian kran air	Bersih dan Rapih
4.	Pengolahan yang digunakan	Ro dan Mineral	RO dan Mineral	Ro dan Mineral	Mineral	Ro dan Mineral	RO dan Mineral
II. Pemeliharaan Alat							
5.	Waktu terakhir pergantian UV	6 Bulan sekali	6 Bulan sekali	Akhir tahun	-	1 tahun yang lalu	4 bulan yang lalu
6.	Kondisi Fisik Lampu UV	Terang	Terang	Terang	Mati	Redup	Terang
7.	Kapan waktu operasional lampu UV	Selalu dinyalakan	Hanya ketika ada yang beli	Hanya ketika ada yang beli	-	Hanya ketika ada yang beli	Selalu dinyalakan
8.	Frekuensi pergantian Filter	3 Bulan Sekali	1 bulan dua kali	Akhir Tahun	3 Bulan sekali	4 Bulan sekali	3 Bulan Sekali
III. Hygiene dan Kebiasaan Operator							
9.	Operator atau pemilik mencuci tangan sebelum melayani	tidak mencuci tangan	Mencuci tangan dengan sabun	tidak mencuci tangan	Tidak mencuci tangan, operator merokok ketika pengisian air	tidak mencuci tangan	Memakai sarung tangan plastik
10.	Cara Operator membersihkan kran	Dengan sikat	Menggunakan sikat atau disemprot alkohol	-	Dengan sikat	Memakai sikat dan kain bersih untuk bhir kran	Menggunakan sikat dan disemprot dengan cairan pembersih
11.	Penyimpanan tutup galon	Plastik	Lemari khusus penyimpanan tutup galon	Lemari khusus penyimpanan tutup galon	Plastik	Plastik	Lemari khusus penyimpanan tutup galon

Lampiran 9 Instrumen Inspeksi Kesehatan Lingkungan (IKL) Depot Air Minum
Isi Ulang (Diadaptasi dari Permenkes No. 14 Tahun 2021)

Tanda Tangan Petugas Pemeriksa	Tanda Tangan Pengelola/Pemilik TPP
FORMULIR INSPEKSI KESEHATAN LINGKUNGAN DEPOT AIR MINUM	
Nama DAM : Alamat : Nama Pengelola/Pemilik/ Penanggung Jawab : Jumlah Penjamah Pangan/ Operator DAM : Tanggal/Bulan/Tahun Mulai Beroperasi : Lokasi/Tempat Sumber Air Baku : Luas bangunan : Tanggal Penilaian :	

No	Kriteria Penilaian	Skor jika tidak sesuai (Lingkari pada kolom yang sesuai)
Inspeksi Area Luar TPP		
A	Lokasi	
1	Lokasi bebas banjir	3
2	Lokasi bebas dari pencemaran bau/asap/debu/kotoran	1
3	Lokasi bebas dari sumber vektor dan binatang pembawa penyakit	1
B	Desain Bangunan Luar	
1	Bangunan:	
	a. Bahan bangunan kuat	1
	b. Mudah dibersihkan	1
	c. Mudah dalam pemeliharaan	1
	d. Tidak ada lubang/retakan yang terbuka ke area dalam bangunan (tempat sarang atau akses vektor dan binatang pembawa penyakit masuk ke area pengolahan)	1
	e. Tidak ada sawang/bebas kotoran	1
2	Terdapat drainase yang:	
	a. Bersih	1
	b. Tidak ada luapan air / sumbatan	1

3	Tersedia wastafel untuk cuci tangan	1
4	Wastafel:	
	a. Terdapat petunjuk cuci tangan	1
	b. Terdapat sabun cair untuk cuci tangan	2
	c. Tersedia air mengalir	2
	d. Tersedia pengering tangan	1
	e. Bahan kuat	1
	f. Desain mudah dibersihkan	1
Inspeksi Area Dalam atau Proses Depot Air Minum		
A	Desain Bangunan dan Fasilitasnya	
1	Dinding:	
	a. Bersih (tidak ada kotoran, jamur atau cat mengelupas)	1
	b. Tidak retak	1
	c. Berwarna terang	1
2	Lantai:	
	a. Bersih (tidak ada kotoran atau jamur)	1
	b. Bahan kuat (tidak retak)	1
	c. Tidak ada genangan air (struktur lantai landai ke arah pembuangan air)	1
	d. Kedap air	1
	e. Permukaan rata	1
3	Langit-langit:	
	a. Bersih (tidak ada kotoran atau jamur)	1
	b. Kuat	1
	c. Mudah dibersihkan	1
	d. Permukaan rata (jika tidak rata maka harus bersih, bebas debu atau vektor dan binatang pembawa penyakit)	1
	e. Berwarna terang	1
4	f. Ketinggian cukup (peralatan tidak menyentuh langit-langit)	1
	4. Pencahayaan cukup dan lampu tercover (cover terbuat dari material yang tidak mudah pecah)	1
5	Tidak ada vektor dan binatang pembawa penyakit atau hewan peliharaan berkeliaran di area ini	3
6	Metode pengendalian vektor dan binatang pembawa penyakit tidak menggunakan racun tetapi jebakan/perangkap yang tidak mengontaminasi pangan	3
7	Bahan kimia non pangan yang digunakan pada area ini memiliki label identitas dengan volume sesuai penggunaan harian (bukan kemasan besar)	2
8	Ventilasi udara cukup	1
9	Terdapat tempat sampah	2
10	Tempat sampah:	
	a. Tertutup rapat	2

	b.	Tidak ada bau yang menyengat	2
	c.	Tidak ada tumpukan sampah. Frekuensi pembuangan teratur	2
	d.	Pembuangan minimal 1 X 24 jam	1
	11	Memiliki akses ke kamar mandi atau jamban	2
12		Jika DAM memiliki toilet di dalam bangunan, maka:	
	a.	Desain:	
		1. Kuat	1
		2. Permukaan halus	1
		3. Mudah dibersihkan	1
		4. Pintu tidak membuka langsung ke ruang pengolahan	3
	b.	Jumlah cukup	1
	c.	Tersedia:	
		1. Air mengalir	3
		2. Sabun cair untuk cuci tangan	3
		3. Tempah sampah	1
		4. Tisu/pengering	2
		5. Ventilasi yang baik	2
		6. Petunjuk cuci tangan setelah dari toilet	2
1	B	Penjamah Pangan/Operator DAM	
		Personil yang bekerja pada area ini:	
	a.	Sehat	3
	b.	Menggunakan pakaian kerja yang hanya digunakan di tempat kerja	2
	c.	Berkuku pendek, bersih dan tidak memakai pewarna kuku	3
	d.	Selalu mencuci tangan dengan sabun dan air mengalir sebelum dan secara berkala saat mengolah pangan	3
	e.	Pada saat menangani pangan tidak:	
		1. merokok	3
		2. bersin atau batuk di atas pangan langsung	3
		3. meludah	3
	f.	Jika terluka maka luka ditutup dengan perban/sejenisnya dan ditutup penutup tahan air dan kondisi bersih	3
	g.	Melakukan pemeriksaan kesehatan secara berkala minimal 1 (satu) kali dalam setahun, dibuktikan dengan surat keterangan sehat dari fasilitas pelayanan kesehatan	1
	h.	Pengelola/pemilik/penanggung jawab/dan penjamah pangan memiliki sertifikat telah mengikuti pelatihan higiene sanitasi Depot Air Minum	3
C		Peralatan	

1	Peralatan (pipa pengisian air baku, pompa penghisap dan penyedot, keran pengisian air minum, keran pencucian/pembilasan galon, kran penghubung, dan peralatan disinfeksi) yang digunakan:		
	a.	Bahan kuat	2
	b.	Tidak berkarat	3
	c.	Tara pangan (food grade)	3
	e.	Bersih sebelum digunakan	3
	d.	Setelah digunakan kondisi bersih dan kering	2
2	Mikrofilter		
	a.	Tara pangan (food grade)	3
	b.	Dalam masa pakai/tidak kedaluwarsa (dibuktikan dengan dokumen/rekaman mikrofilter dari pabrik)	3
	c.	Terdapat lebih dari satu mikro filter dengan ukuran berjenjang	3
	d.	Pembersihan menggunakan sistem pencucian terbalik (back washing)	3
	e.	Jika sistem pembersihan back washing tidak tersedia, maka DAM harus memiliki jadwal pengantian tabung mikrofilter secara rutin (dibuktikan dengan rekaman penggantian mikrofilter)	3
3	Terdapat peralatan sterilisasi/disinfeksi air (contoh: Ultra Violet, Ozonisasi atau Reverse Osmosis)		3
4	Peralatan sterilisasi:		
	a.	Berfungsi dengan baik	3
	b.	Masa pakai peralatan sterilisasi sesuai dengan standar pabrikan alat tersebut dibuktikan dengan catatan tanggal pemasangan dan data standar masa pakai alat (dapat diperoleh dari kemasan pabrikan peralatan).	3
5	Tandon air baku:		
	a.	Tara pangan (food grade)	3
	b.	Tertutup dan terlindungi dari cahaya matahari langsung	2
6	Terdapat fasilitas pencucian dan pembilasan galon air		3
7	Fasilitas pengisian galon air dalam ruangan tertutup		3
8	Wadah/galon:		
	a.	Sebelum dilakukan pengisian dilakukan penyikatan bagian dalam galon sekitar 30 detik	3
	b.	Pembilasan sebelum pengisian dilakukan dengan penyemprotan air produk selama 10 detik	3

	c.	Sesudah terisi maka disimpan dalam kondisi tertutup rapat	3
	d.	Galon yang sudah terisi langsung diberikan kepada konsumen dan tidak boleh disimpan pada DAM lebih dari 1x24 jam	1
D	Air Baku		
1		Terdapat bukti tertulis nota pembelian air baku dari perusahaan pengangkutan air/sertifikat sumber air	3
Total Nilai Ketidaksesuaian			165

Rumus Perhitungan = $100 - ((\text{total nilai ketidaksesuaian}/165) * 100)$

F Produk Akhir

- Produk akhir air minum yang dihasilkan oleh DAM sesuai dengan persyaratan
- 1 kualitas air minum sesuai peraturan terkait yang berlaku tentang persyaratan kualitas air minum
Melakukan pengujian semua parameter (sesuai persyaratan yang berlaku) minimal
 - 2 sekali dalam 6 (enam) bulan secara mandiri di laboratorium terakreditasi atau laboratorium yang ditunjuk oleh pemerintah daerah
Melakukan pengujian E. coli setiap tiga
 - 3 bulan sekali secara mandiri di laboratorium terakreditasi atau laboratorium yang ditunjuk oleh pemerintah daerah
 - 4 Melaporkan hasil analisis air kepada dinas kesehatan minimal dua kali dalam setahun

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Kota Sukabumi yang berada di Jawa Barat pada Tanggal 18 Desember 2003. Penulis merupakan putri kedua dari Ibu bernama Siti Hajar Yuningsih dan Ayah Sumarwanto. Penulis menempuh pendidikan di SD Negeri Cibeureum Hilir 5, SMP Negeri 1 Kota Sukabumi, dan SMA Negeri 3 Kota Sukabumi. Kemudian penulis menempuh pendidikan strata-1 (S1) pada Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

No.	Dosen Reviewer	Revisi yang diminta	Revisi yang dilakukan	Halaman
1	Ibu Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., M.Agr., Ph.D.	Penambahan definisi <i>E.coli</i> , <i>coliform</i> , CFU dan MPN pada tinjauan pustaka	Definisi Coliform, <i>E.coli</i> , CFU dan MPN sudah ditambahkan pada Bab II Tinjauan Pustaka	7-10
		Perbaikan penyajian gambar	Menghapus kalimat seperti "..yang disajikan pada tabel .." menjadi (Gambar ..)	13-24 dan 25-27
2	Ibu Diah Ayu Prawitasari S.T., M.T.	Penambahan Teknik pengambilan sampel serta suhu atau kondisi optimum pada <i>E.coli</i> pada metode di Bab III	penjelasan mengenai suhu optimum pada pertumbuhan <i>e.coli</i> sudah ditambahkan pada bab tersebut	17-18

No.	Dosen Reviewer	Revisi yang diminta	Revisi yang dilakukan	Halaman	
		Ditambahkan pada waktu berapa dan apa konsiderasi waktu tersebut	waktu dan alasan pengambilan pada waktu tersebut sudah ditambahkan	14	
3	Ibu Ir. Any Juliani, S.T., M.Sc.(Res.Eng.), Ph.D.	Penambahan pembahasan terkait sistem desinfeksi dan sisa klor	penambahan penjelasan sudah dimasukan pada bab IV	31	