

**ANALISIS MIKROBIOLOGIS TOTAL CEMARAN BAKTERI *Coliform*
DAN *Escherichia coli* TERHADAP KUALITAS AIR DI TIGA DEPOT AIR
MINUM ISI ULANG SEKITAR KAMPUS SATU UIN MALANG**

SKRIPSI

**Oleh:
ADINDA FADIYAH MUMTAZ
NIM. 200602110157**



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2024**

**ANALISIS MIKROBIOLOGIS TOTAL CEMARAN BAKTERI *Coliform*
DAN *Escherichia coli* TERHADAP KUALITAS AIR DI TIGA DEPOT AIR
MINUM ISI ULANG SEKITAR KAMPUS SATU UIN MALANG**

SKRIPSI

**Oleh:
ADINDA FADIYAH MUMTAZ
NIM. 200602110157**

**diajukan kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2024**

**ANALISIS MIKROBIOLOGIS DAN HUBUNGAN *HYGIENE* SANITASI
TERHADAP KUALITAS AIR DI DAMIU KECAMATAN LOWOKWARU
KOTA MALANG BERDASARKAN NILAI TOTAL CEMARAN BAKTERI
Coliform dan *Escherichia coli***

PROPOSAL SKRIPSI

Oleh:
ADINDA FADIYAH MUMTAZ
NIM. 200602110157

telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
tanggal:

Pembimbing I

Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc.
NIP. 19920507 201903 2 026

Pembimbing II

Dr. Ahmad Barizi, M.A
NIP. 19731212 199803 1 008

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Dr. Evika Sandi Safitri, M.P.
NIP. 19741018 200312 2 002

**ANALISIS MIKROBIOLOGIS TOTAL CEMARAN BAKTERI *Coliform*
DAN *Escherichia coli* TERHADAP KUALITAS AIR DI TIGA DEPOT AIR
MINUM ISI ULANG SEKITAR KAMPUS SATU UIN MALANG**

SKRIPSI

Oleh:
ADINDA FADIYAH MUMTAZ
NIM. 200602110157

telah dipertahankan
di depan Dewan Penguji Skripsi dan dinyatakan diterima sebagai
salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.)
Tanggal: 2024

Penguji Utama : Prof. Dr. Hj. Ulfah Utami, M.Si (.....) NIP. 19650509 199903 2 002
Anggota Penguji 1 : Ir. Liliek Hariyane A.R., M.P (.....) NIP. 196209011998032001
Anggota Penguji 2 : Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc (.....) NIP. 199920507201903 2 026
Anggota Penguji 3 : Dr. H. Ahmad Barizi, M.A (.....) NIP. 19731212 199803 1 008

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Biologi



Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Adinda Fadiyah Mumtaz

NIM : 200602110157

Program Studi : Biologi

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul : Analisis Mikrobiologis Total Cemarkan Bakteri *Coliform* dan *Escherichia coli* terhadap Kualitas Air di Tiga Depot Air Minum Isi Ulang sekitar Kampus Satu UIN Malang

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambil-alihan data, tulisan dan/ atau pikiran orang lain yang diakui sebagai hasil tulisan atau pikiran sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari didapatkan bahwa skripsi ini adalah hasil tiruan, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 2024

Yang membuat pernyataan,



Adinda Fadiyah Mumtaz

NIM. 200602110157

MOTTO

مَنْ أَرَادَ الدُّنْيَا فَعَلَيْهِ بِالْعِلْمِ، وَمَنْ أَرَادَ الْآخِرَةَ فَعَلَيْهِ بِالْعِلْمِ، وَمَنْ أَرَادَهُمَا فَعَلَيْهِ بِالْعِلْمِ

Arti: "Barang siapa yang hendak menginginkan dunia, maka hendaklah ia menguasai ilmu. Barang siapa menginginkan akhirat, hendaklah ia menguasai ilmu, dan barang siapa yang menginginkan keduanya (dunia dan akhirat), hendaklah ia menguasai ilmu" (H.R Ahmad).

"Small.. progress.. is.. still.. progress."

"Everyone has their own timeline, story, time, problems, and uniqueness"

"Lebih baik tidak tidur satu malam, dari pada harus mengulang satu semester"

"Jangan bandingkan prosesmu dengan orang lain, karena tidak semua bunga tumbuh dan mekar bersamaan"

HALAMAN PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan di jejaring luas, namun terbuka bagi umum untuk keperluan pembelajaran dengan ketentuan hak cipta mengikuti penulis. Daftar pustaka diperbolehkan untuk dicatat, tetapi pengutipan kalimat dan informasi lainnya yang termuat pada naskah hanya dapat dilakukan atas izin penulis.

ANALISIS MIKROBIOLOGIS TOTAL CEMARAN BAKTERI *Coliform* DAN *Escherichia coli* TERHADAP KUALITAS AIR DI TIGA DEPOT AIR MINUM ISI ULANG SEKITAR KAMPUS SATU UIN MALANG

Adinda Fadiyah Mumtaz, Tyas Nyonita Punjungsari, Ahmad Barizi

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas
Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

ABSTRAK

Air merupakan salah satu kebutuhan esensial bagi makhluk hidup. Sebanyak 70% komponen tubuh manusia tersusun atas air. Air berperan dalam memulihkan energi daya tahan fisik, fasilitator pertumbuhan, pengatur suhu, pelumas, dan pengangkut bagi tubuh. Kurangnya asupan air akan membuat tubuh kehilangan cairan, sehingga mengakibatkan penurunan tekanan darah dan masalah kesehatan lainnya. Sumber air bagi kehidupan manusia dikelompokkan menjadi sumber alami (air permukaan dan air tanah), serta sumber buatan (air sumur, air bor, dan air yang diproses). Saat ini, telah banyak teknologi untuk mengolah sumber air menjadi air minum, seperti yang dilakukan oleh Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU). Pada mulanya, masyarakat mengonsumsi air minum dalam kemasan (AMDK) karena dianggap praktis dan higienis, namun kian lama AMDK semakin mahal, sehingga muncul alternatif lain, yaitu air minum yang diproduksi DAMIU. Akan tetapi, tidak seluruh DAMIU yang tersebar di Indonesia menerapkan pola *hygiene* sanitasi yang ditetapkan pemerintah. Hal tersebut tentu berdampak pada kualitas air yang dihasilkan, sehingga dapat tidak layak untuk dikonsumsi. Oleh karena itu, penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisis total cemaran bakteri *coliform* dan *Escherichia coli* dengan metode Angka Lempeng Total (ALT), *Most Probable Number* (MPN), dan Pewarnaan Gram (*Gram Staining*) di ketiga DAMIU sekitar kampus satu UIN Malang. Hasil uji ALT menunjukkan bahwa sampel B tidak memenuhi syarat (melebihi $1,0 \times 10^5$ cfu/ml), sementara sampel A dan C masih memenuhi. Sementara itu, hasil uji MPN dan pewarnaan Gram menunjukkan bahwa ketiga sampel terkontaminasi bakteri *coliform fecal* berupa *Escherichia coli*. Hasil uji mikrobiologis tersebut tidak berhubungan langsung dengan nilai *hygiene* sanitasi yang dihasilkan di tiap depot, karena berbanding terbalik dengan prinsipnya, bahwa nilai *hygiene* sanitasi yang baik menunjukkan air aman dikonsumsi.

Kata kunci: ALT, DAMIU, *E. coli*, *hygiene* sanitasi, MPN, pewarnaan Gram, dan total *coliform*.

MICROBIOLOGICAL ANALYSIS OF TOTAL CONTAMINATION *Coliform* AND *Escherichia coli* BACTERIA ON WATER QUALITY IN THREE REFILLED DRINKING WATER DEPOTS AROUND CAMPUS ONE OF UIN MALANG

Adinda Fadiyah Mumtaz, Tyas Nyonita Punjungsari, Ahmad Barizi

Biology Study Program, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik
Ibrahim State Islamic University Malang

ABSTRACT

Water is one of the essential needs for living creatures. As much as 70% components of the human body are composed by water. Water plays a role in restoring physical endurance energy, facilitating growth, regulating temperature, lubricating and transporting the body. Lack of water intake will cause the body to lose fluids, resulting in a decrease in blood pressure and other health problems. Air sources for human life are realized as natural sources (surface air and ground air), as well as artificial sources (well water, drilled water and processed air). Currently, there are many technologies to process water sources into drinking water, such as Refill Drinking Water Depot (DAMIU). At first, people consumed Bottled Drinking Water (AMDK) because it was considered practical and hygienic, but over time AMDK became more expensive, so another alternative emerged, namely drinking water produced by DAMIU. However, not all DAMIU's spread across Indonesia implement the hygienic sanitation patterns set by the government. This is of course causes impact of the water quality produced, so making it unfit for consumption. Therefore, this research is intended to analyze the total contamination of *coliform* bacteria and *Escherichia coli* using the *Total Plate Number* (ALT), *Most Probable Number* (MPN), and *Gram Staining* methods at the third DAMIU's around campus one of UIN Malang. The ALT test results show that sample B does not meet the requirements (exceeds 1.0×10^5 cfu/ml), while samples A and C still meet the requirements. Meanwhile, the results of the MPN test and Gram staining showed that the third sample was contaminated with fecal *coliform* bacteria, that is *Escherichia coli*. The results of the microbiological test are not directly related to the sanitation hygiene value produced at each depot, because it's proportional to the principle, that a good sanitation hygiene value indicates that water safe for consumption.

Keywords: ALT, DAMIU, *E. coli*, *hygiene* sanitation, MPN, Gram staining, and total *coliform*.

تحليل التلوث الكلي لبكتيريا القولونيات الإشريكية القولونية جودة المياه في ثلاث مستودعات لمياه الشرب المعاد تعبئتها حول الحرم الجامعي في جامعة يوين مالانج

أديندا فادية ممتاز، تياس نيونيتا بونجونجساري،
أحمد بارزي

برنامج دراسة الأحياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية
الحكومية مالانج

خلاصة

الماء هو أحد الاحتياجات الأساسية للكائنات الحية. ما يصل إلى 70٪ من مكونات جسم الإنسان تتكون من الماء. ويلعب الماء دورًا في استعادة طاقة التحمل الجسدي، وتسهيل النمو، وتنظيم درجة الحرارة، وتشحيم الجسم ونقله. قلة تناول الماء ستؤدي إلى فقدان الجسم للسوائل، مما يؤدي إلى انخفاض ضغط الدم ومشاكل صحية أخرى. وتتحقق مصادر الهواء لحياة الإنسان كمصادر طبيعية (الهواء السطحي والهواء الأرضي)، وكذلك مصادر صناعية (مياه الآبار، ومياه الحفر، والهواء المعالج). حاليًا، هناك العديد من التقنيات لمعالجة مصادر المياه وتحويلها إلى مياه صالحة للشرب، مثل إعادة تعبئة مستودع مياه الشرب (DAMIU). في البداية، كان الناس يستهلكون مياه الشرب المعبأة (AMDK) لأنها كانت تعتبر عملية وصحية، ولكن بمرور الوقت أصبحت AMDK أكثر تكلفة، لذلك ظهر بديل آخر، وهو مياه الشرب التي تنتجها DAMIU. ومع ذلك، لا تطبق جميع مراكز DAMIU المنتشرة في جميع أنحاء إندونيسيا أنماط الصرف الصحي الصحية التي حددتها الحكومة. وهذا بالطبع يؤثر على نوعية المياه المنتجة، مما يجعلها غير صالحة للاستهلاك. لذلك، يهدف هذا البحث إلى تحليل التلوث الكلي للبكتيريا القولونية والإشريكية القولونية باستخدام رقم اللوحة الإجمالي (ALT)، والرقم الأكثر احتمالاً (MPN)، وطرق تلوين الجرام في جامعة DAMIU الثالثة حول الحرم الجامعي الأول بجامعة UIN Malang. تظهر نتائج اختبار ALT أن العينة B لا تستوفي المتطلبات (تتجاوز 1.0×10^5)، في حين أن العينتين A و C ما زالتا مستوفيتين للمتطلبات. في حين أظهرت نتائج فحص MPN والصبغة الجرام أن العينة الثالثة ملوثة ببكتيريا القولون البرازية وهي الإشريكية القولونية. وترتبط نتائج الاختبارات الميكروبيولوجية بمستوى الصرف الصحي في كل مستودع، مثل الموقع والمتعاملين ومصادر المياه الخام.

الكلمات الدالة: DAMIU، ALT، إي. كولاي، صحة الصرف الصحي، MPN، وتلطيخ غرام، والمجموع
.coliform

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Bismillahirrahmaanirrahiim. Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Puji syukur dipanjatkan atas kehadiran-Nya karena telah melimpahkan rahmat dan karunia, sehingga penulis diberi kesempatan untuk berpikir kritis dalam menimba ilmu dari awal hingga akhir bangku perkuliahan. Sholawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi besar Muhammad SAW yang telah menuntun umat manusia keluar dari zaman kegelapan. Atas nikmat dan pertolongan Allah SWT pula, penulis diberi kelancaran dalam menyusun Tugas Akhir Skripsi berjudul “*Analisis Mikrobiologis Total Cemaran Bakteri Coliform dan Escherichia coli terhadap Kualitas Air di Tiga Depot Air Minum Isi Ulang sekitar Kampus Satu UIN Malang*” ini sebagai syarat kelulusan universitas. Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik, meskipun pasti terdapat kekurangan.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyusunan skripsi ini, khususnya kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A, selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P selaku Ketua Program Studi Biologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Prof. Dr. Hj. Ulfah Utami, M.Si dan Ir. Liliek Hariyanie A.R., M.P selaku ketua penguji dan anggota penguji 1 yang telah menguji dan memberi masukan sedari tahap penyusunan proposal hingga sidang akhir.
5. Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc dan Dr. H. Ahmad Barizi, M.A selaku anggota penguji 2 dan 3 yang telah membimbing dengan penuh keikhlasan.
6. Segenap dosen, laboran, dan tenaga kerja Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
7. Segenap keluarga yang tiada henti memberikan dukungan dan doa agar penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat.
8. Segenap rekan-rekan seperjuangan Biogen-C yang telah membersamai penulis di bangku perkuliahan, serta *wabil khusus* Patekers, CWK, dan Camelia.
9. Teman-teman KKN Anantara 43 2022/2023, yang di dalamnya pula penulis memiliki grup pertemanan baru; Downtown, Esgrim, dan Ricky.
10. Kawan-kawan di rumah, Bidadari Surga, Adalad, dan Salsa.

Terbitnya skripsi ini diharapkan dapat dijadikan sebagai sumber pengetahuan dan wawasan bagi para pembaca, maupun penulis sendiri. Kritik dan saran yang membangun sangat membantu penulis untuk kesempurnaan skripsi ini.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, Juni 2024



Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
MOTTO	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
خلاصة	x
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR SINGKATAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	9
1.3 Tujuan Penelitian.....	9
1.4 Manfaat Penelitian.....	10
1.5 Batasan Masalah.....	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 Air Minum dalam Perspektif Sains dan Islam.....	11
2.1.1 Kebutuhan Manusia terhadap Air Minum	13
2.1.2 Sumber Air Minum bagi Manusia	15
2.1.3 Air Minum Isi Ulang (AMIU)	18
2.1.4 Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU)	20
2.1.4.1 DAMIU A	20
2.1.4.2 DAMIU B	21
2.1.4.3 DAMIU C	24
2.2 Standar Kualitas Air Minum	26
2.3 Uji Mikrobiologis Air Minum Isi Ulang	27
2.3.1 Parameter Bakteri	29
2.3.1.1 <i>Coliform</i>	29

2.3.1.2 <i>Escherichia coli</i>	31
2.3.2 Uji Angka Lempeng Total (ALT).....	33
2.3.2.1 Deskripsi	33
2.3.2.2 Kelebihan dan Kekurangan	35
2.3.3 Uji <i>Most Probable Number</i> (MPN)	36
2.3.3.1 Deskripsi	36
2.3.3.2 Kelebihan dan Kekurangan	38
2.3.4 Pewarnaan Gram (<i>Gram Staining</i>)	38
2.4 <i>Hygiene</i> Sanitasi	40
2.4.1 Deskripsi	40
2.4.2 Standar <i>Hygiene</i> Sanitasi Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU)	41
2.4.3 Hubungan <i>Hygiene</i> Sanitasi terhadap Kualitas Air Minum Isi Ulang..	42
BAB III METODE PENELITIAN	45
3.1 Rancangan Penelitian	45
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	45
3.3 Alat dan Bahan	45
3.3.1 Alat.....	45
3.3.2 Bahan	46
3.4 Prosedur Penelitian.....	46
3.4.1 Pengambilan Sampel.....	46
3.4.2 Sterilisasi Alat dan Bahan.....	47
3.4.3 Pembuatan Media	47
3.4.4 Uji Angka Lempeng Total (ALT).....	50
3.4.4.1 Perhitungan Total Cemarkan Bakteri pada Uji ALT	52
3.4.5 Uji <i>Most Probable Number</i> (MPN)	52
3.4.5.1 Perhitungan Total Cemarkan <i>Coliform</i> dan <i>E. coli</i> pada Uji MPN..	55
3.4.6 Pewarnaan Gram.....	56
3.5 Analisis Data	57
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	58
4.1 Hasil Analisis Mikrobiologis Kualitas Air Minum di ketiga DAMIU	58
4.1.1 Uji Angka Lempeng Total (ALT).....	58
4.1.2 <i>Most Probable Number</i> (MPN)	63
4.1.2.1 Uji Pendugaan (<i>Presumptive Test</i>).....	64
4.1.2.2 Uji Penegasan (<i>Confirmative Test</i>)	68

4.1.2.3 Uji Kesempurnaan (<i>Complete Test</i>).....	71
4.1.3 Pewarnaan Gram (<i>Gram Staining</i>)	73
4.2 Hubungan Analisis Mikrobiologis Kualitas Air Minum di ketiga DAMIU dengan <i>Hygiene</i> Sanitasi	77
4.3 Tinjauan Hasil Penelitian Berdasarkan Perspektif Al-Qur'an.....	82
BAB V PENUTUP	86
5.1 Kesimpulan.....	86
5.2 Saran	86
DAFTAR PUSTAKA	87
LAMPIRAN.....	97

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Volume air menurut sumber dan pengeluaran air tubuh.....	14
2.2 Parameter mikrobiologis persyaratan kualitas air minum	30
4.1 Hasil pengujian ALT pada sampel air DAMIU A, B, dan C	59
4.2 Hasil uji tahap 1 MPN pada sampel DAMIU A, B, dan C	65
4.3 Hasil uji tahap 2 MPN pada sampel DAMIU A, B, dan C	68
4.4 Hasil uji tahap 3 MPN pada sampel DAMIU A, B, dan C	71
4.5 Nilai <i>hygiene</i> sanitasi sampel DAMIU A, B, dan C	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Dokumentasi DAMIU A	21
2.2 Dokumentasi DAMIU B	23
2.3 Dokumentasi DAMIU C	25
2.4 Morfologi <i>E. coli</i>	32
2.5 Langkah-langkah ALT	35
2.6 Perbedaan Gram Positif dan Gram Negatif	40
4.1 Hasil positif uji MPN tahap 1 sampel C	66
4.2 Isolat pada pewarnaan Gram	74
4.3 Hasil pewarnaan Gram Negatif (<i>E. coli</i>) salah satu sampel A	75

DAFTAR LAMPIRAN

1. Syarat Perhitungan Koloni Bakteri pada Uji ALT	97
2. Lembar Ceklis <i>Hygiene</i> Sanitasi DAM Permenkes No. 43 Tahun 2014	98
3. Contoh Sertifikat Laik <i>Hygiene</i> Sanitasi	107
4. Nilai MPN Tabel menggunakan 3 tabung	108
5. Hasil pengujian ALT yang menunjukkan kualitas air pada sampel A, B, dan C terhadap cemaran bakteri <i>coliform</i>	109
6. Hasil perhitungan ALT yang menunjukkan kualitas air pada sampel A, B, dan C terhadap cemaran bakteri	110
7. Dokumentasi hasil pengujian ALT yang menunjukkan kualitas air pada sampel A, B, dan C terhadap cemaran bakteri	111
8. Hasil pengujian tahap 1 MPN pada sampel air DAMIU A, B, dan C sekitar UIN Malang yang menunjukkan keberadaan bakteri <i>coliform</i>	112
9. Hasil pengujian tahap 2 MPN 37°C dan 44°C pada sampel air DAMIU A, B, dan C sekitar UIN Malang yang menunjukkan keberada bakteri <i>coliform fecal</i>	113
10. Hasil perhitungan MPN yang menunjukkan kualitas air pada sampel A, B, dan C terhadap cemaran bakteri <i>coliform fecal</i>	114
11. Dokumentasi hasil pengujian MPN yang menunjukkan kualitas air pada sampel A, B, dan C terhadap cemaran <i>coliform fecal</i>	115
12. Hasil uji pewarnaan Gram yang menunjukkan karakteristik mikroskopis <i>Escherichia coli</i> pada 19 isolat positif	121

DAFTAR SINGKATAN

Simbol/Singkatan	Keterangan
%	persen
/	per
≥	lebih besar sama dengan
AKG	Angka Kecukupan Gizi
ALT	Angka Lempeng Total
AMDK	Air Minum Dalam Kemasan
BGLBB	<i>Brilliant Green Lactose Bille Broth</i>
cfu/ml	<i>Colony-Forming Unit</i> per mili liter
DAM	Depot Air Minum
DAMIU	Depot Air Minum Isi Ulang
Dirjen	Direktorat Jenderal
dkk	dan kawan-kawan
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
EMBA	<i>Eosin Methylene Blue Agar</i>
g	gram
H	Hidrogen
KBBI	Kamus Besar Bahasa Indonesia
KMD	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan
LAF	<i>Laminar Air Flow</i>
LB	<i>Lactose Broth</i>
m	meter
ml	mili liter
MPN	<i>Most Probable Number</i>
NA	<i>Nutrient Agar</i>
no.	nomor
°C	derajat Celcius
PBB	Perserikatan Bangsa-Bangsa
PDAM	Perusahaan Daerah Air Minum
Permenkes	Peraturan Menteri Kesehatan
pH	<i>Potential Hydrogen</i>
PHBS	Perilaku Hidup Bersih dan Sehat
SDM	Sumber Daya Manusia
SNI	Standar Nasional Indonesia
UNICEF	<i>United Nation Children's Fund</i>
UV	ultra-violet
WHO	<i>World Health Organization</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan pokok makhluk hidup. Sebanyak 70% komponen tubuh manusia tersusun atas air, yang mana merupakan pelarut universal bagi molekul polar dan katalisator berbagai reaksi biologis dalam sel. Kurangnya asupan air membuat tubuh kehilangan cairan dan menyebabkan penurunan tekanan darah dan masalah kesehatan lainnya. Oleh karena itu, kadar air dalam tubuh harus sesuai, agar keseimbangan dan kesehatan tetap terjaga. Allah SWT berfirman mengenai urgensi penciptaan air bagi makhluk hidup pada Surat An-Nahl 16:10 berikut:

هُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً ۖ لَكُمْ مِنْهُ شَرَابٌ وَمِنْهُ شَجَرٌ فِيهِ تُسِيمُونَ

Arti: *“Dialah yang telah menurunkan air dari langit untuk kamu, dan sebagiannya menjadi minuman dan sebagiannya (menyuburkan) tumbuh-tumbuhan yang padanya kamu menggembalakan ternakmu” (An-Nahl: 10).*

Berdasarkan tafsir Kementerian Agama RI dalam Nahdlatul Ulama (2022), ayat tersebut merupakan uraian bahwa Allah SWT memberikan nikmat secara langsung dan tidak langsung dari langit. Air hujan ialah nikmat langsung yang digunakan untuk berbagai keperluan seperti minum, mandi, dan mencuci. Sementara itu, air hujan dapat digunakan untuk mengairi ladang dan menghidupkan vegetasi, sehingga memberikan nikmat tidak langsung. Seperti yang kita ketahui, tetumbuhan banyak bermanfaat bagi manusia dan makhluk lainnya, sehingga diturunkannya ayat di atas merupakan tanda-tanda kuasa-Nya yang menciptakan segala sesuatu menurut ukuran dan fungsinya, serta tiada yang sia-sia.

Menurut Quraish Shihab (2015), ayat tersebut dan ayat-ayat berikutnya pada Q.S. An-Nahl adalah uraian dari keesaan dan nikmat Allah SWT. Pada ayat tersebut, diuraikan mengenai tetumbuhan yang merupakan salah satu bahan pangan manusia dan hewan sebagai pengingat agar mereka mensyukuri dan memanfaatkan anugerah-Nya. Penggalan kata “(شجر)” diartikan sebagai pohon yang kokoh (bukan merambat), sehingga kiasan “*di tempat tumbuhnya kamu menggembalakan ternak*” ialah di Jazirah Arab, terutama sekitar Mekkah, karena hampir tidak ditemukan padang rumput. Disamping itu, Ibnu Katsir (2004), menafsirkan *لَكُمْ مِنْهُ شَرَابٌ* sebagai air hujan yang tawar, mudah diminum, serta tidak dijadikan asin. Sementara itu, *وَمِنْهُ شَجَرٌ فِيهِ تُسِيمُونَ* bermakna bahwa dari air hujan tumbuh tetumbuhan untuk dijadikan asupan nutrisi dan tempat menggembalakan ternak manusia. Berdasarkan tafsir tersebut, dapat diketahui bahwa urgensi diturunkannya air ke muka bumi, salah satunya ialah untuk dikonsumsi manusia. Konsumsi air bersih dalam jumlah cukup dapat membantu menjaga kesehatan tubuh, karena kesehatan ialah anugerah Allah SWT yang harus dijaga.

Selain ayat di atas, di dalam Surat Al-Baqarah 2:26, Allah SWT senantiasa menyampaikan pesan mengenai organisme hidup yang lebih kecil dari nyamuk, khususnya virus dan bakteri berikut:

إِنَّ اللَّهَ لَا يَسْتَحْيِي أَنْ يَضْرِبَ مَثَلًا مَّا بَعُوضَةً فَمَا فَوْقَهَا ۚ فَأَمَّا الَّذِينَ آمَنُوا فَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ الْحَقُّ مِنْ رَبِّهِمْ ۚ وَأَمَّا الَّذِينَ كَفَرُوا فَيَقُولُونَ مَاذَا أَرَادَ اللَّهُ بِهَذَا مَثَلًا ۚ يُضِلُّ بِهِ كَثِيرًا وَيَهْدِي بِهِ كَثِيرًا ۚ وَمَا يُضِلُّ بِهِ إِلَّا الْفَاسِقِينَ

Arti: “*Sesungguhnya Allah tiada segan membuat perumpamaan berupa nyamuk atau yang lebih rendah dari itu. Adapun orang-orang yang beriman, maka mereka yakin bahwa perumpamaan itu benar dari Tuhan mereka, tetapi mereka*

yang kafir mengatakan, "Apakah maksud Allah menjadikan ini untuk perumpamaan?". Dengan perumpamaan itu banyak orang yang disesatkan Allah, dan dengan perumpamaan itu (pula) banyak orang yang diberi-Nya petunjuk. Dan tidak ada yang disesatkan Allah kecuali orang-orang fasik" (Al-Baqarah:26).

Menurut Quraish Shihab (2005), ayat di atas merupakan bukti bahwa Allah SWT tidak segan menyebutkan *بَعُوضَةً* (nyamuk) dalam kitab suci. Pada saat Allah menyebutkan laba-laba (*العنكبوت*) menjadi sebuah surat dan lalat (*الذباب*) menjadi ayat di dalam Al-Qur'an, kaum musyrikin menentangnya karena dianggap tidak penting, bahkan tercela dan dijadikan lelucon. Hal tersebut sesuai dengan *asbabun nuzul*-nya, sebagaimana diriwayatkan Abdur Razak dari Muammar dari Qotadah, bahwa Allah tidak segan menyebutkannya, meskipun berukuran kecil dan rentan menyebarkan penyakit. Kemudian, untuk menegaskan kepada kaum musyrikin bahwa Ia tidak segan menciptakan makhluk sekecil nyamuk (*بعوضة*), bahkan yang lebih kecil seperti bakteri dan virus, maka diturunkan ayat ini (Al-Fakhr, 1995).

Sehubungan dengan itu, Nasib ar-Rifa'i (1999), menyebutkan bahwa kaum kafir menentang perumpamaan Allah dengan segala alasan, yang intinya adalah hati tertutup cahaya Ilahi, serta tidak bersyukur atas nikmat-Nya. Disamping itu, Ja'far (2007), mengatakan bahwa sikap memandang rendah tersebut dikarenakan hewan tersebut masih dapat dilihat dengan mata, sehingga hanya dianggap hewan invertebrata biasa (tanpa makna). Selain itu, pemahaman kaum kafir terhadap teknologi dan pengetahuan pada saat itu masih terbatas jika dibandingkan dengan sudut pandang Al-Qur'an. Kemudian, Al-Qurthuby menyebutkan bahwa sebutan nyamuk dan makhluk lebih kecil lainnya merupakan "*amtsāl al-i'tibar*", yaitu perumpamaan yang menggambarkan kekaguman terhadap sesuatu; meski berukuran kecil, tetap merupakan manifestasi ciptaan-Nya (Yulid, 2009). Oleh karena itu, Hamka (1999) menyebutkan bahwa hal yang tidak penting, tidak akan

disebut sebagai perumpamaan oleh Tuhan; bakteri *coliform* dan *E. coli*. Berdasarkan ilmu sains, Allah SWT menciptakan kedua bakteri tersebut sebagai indikator bahwa keberadaannya di dalam air mengindikasikan bahwa air tersebut terkontaminasi dan tidak layak konsumsi.

Air minum berperan penting bagi manusia, karena fungsi utamanya yang dapat melarutkan senyawa organik, menyeimbangkan suhu tubuh, dan melakukan berbagai proses biokimia di dalam sel. Oleh karenanya, penting untuk mengonsumsi air yang bersih dan memenuhi standar baku pemerintah (Campbell, 2002). Sehubungan dengan itu, Kusnaedi (2010), menyatakan bahwa air yang tidak terkontaminasi oleh mikroba atau zat berbahaya adalah air minum yang baik. Suatu sumber air dapat dikategorikan bersih apabila memenuhi parameter fisik, kimiawi, dan mikrobiologis. Bau, rasa, dan warna (tingkat kekeruhan) merupakan parameter fisika. Sementara itu, zat kimia organik dan anorganik yang dikandungnya merupakan parameter kimiawi. Akan tetapi, karena air hanya dilihat dengan mata telanjang, air yang memenuhi kedua syarat tersebut belum dapat dianggap sebagai air yang aman dan sehat. Oleh karena itu, terdapat parameter yang lebih rinci, yakni mikrobiologis (Nugroho, 2015). Parameter mikrobiologis berupa total *coliform* dan *E. coli* di dalam air (Wandrivell dkk., 2012).

Di Indonesia, cara memperoleh air untuk dikonsumsi berbeda-beda. Masih banyak masyarakat yang memanfaatkan air sumur atau air Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) yang masih harus diproses dahulu (direbus, difiltrasi, atau dengan teknik *reverse osmosis*) untuk membunuh mikroorganisme di dalamnya. Menurut Putri (2021), banyak masyarakat yang masih memanfaatkan air sumur bor untuk kebutuhan hidrasi hariannya, meskipun akses PDAM saat ini telah mudah di dapat.

Sehubungan dengan itu, Santoso dkk. (2011), menyebutkan bahwa air danau, kolam, sungai, pancuran, dan laut ialah air yang sering kali dimanfaatkan masyarakat, meskipun air PDAM umumnya diolah dan alirkan melalui pipa ke tiap-tiap rumah sebagai air utama bagi masyarakat perkotaan. Menurutny, risiko pencemaran air meningkat seiring dengan kepadatan manusia dan hewan di sekitar hulu air permukaan.

Kian meningkatnya populasi mahasiswa/i di kota-kota besar seperti Malang, terutama di sekitar kampus satu Universitas Islam Negeri (UIN) menyebabkan meningkatnya kebutuhan air minum. Besarnya minat mahasiswa/i dan masyarakat terhadap air minum murah dan praktis mendorong inovasi air DAMIU yang merupakan terobosan ilmu pengetahuan dan teknologi. Menurut Pakpahan dkk. (2015), teknologi yang dimanfaatkan pada depot ialah mengubah air bersih menjadi air siap minum tanpa proses pemasakan, melainkan diolah dengan cara filtrasi dan desinfeksi. Perbedaan DAM dengan DAMIU terletak pada produk yang ditawarkan dan cara pemasarannya. DAM menawarkan air dalam kemasan botol dari berbagai merek dan galon siap minum yang sudah dikemas, sementara DAMIU umumnya menawarkan air yang diproduksinya menggunakan botol galon milik pelanggan yang baru diproses saat pesanan diterima.

Menurut Walangitan dkk. (2016), masyarakat pada awalnya memilih Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) karena dianggap aman dan praktis, namun seiring meningkatnya harga pasaran, air olahan DAMIU muncul sebagai alternatif. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Mardiaty (2013), bahwa selain lebih murah dan praktis, masyarakat menganggap kualitas air yang dihasilkannya tidak jauh berbeda dengan AMDK, yakni tidak mengandung bakteri dan zat-zat berbahaya.

Akan tetapi, anggapan tersebut berkembang karena hanya mempertimbangkan aspek makroskopis (fisik). Hal tersebut sesuai dengan penelitian Pakpahan dkk. (2015), bahwa air DAMIU yang diuji terkontaminasi bakteri *coliform* dan *E. coli*, yang mana faktor utama pencemarannya berasal dari pengetahuan dan kebersihan operator, serta tingkat sanitasi depot. Sehubungan dengan itu, Nuria (2009), menyebutkan bahwa terlalu lama menyimpan air baku menyebabkan kontaminasi mikroba pada air. Kualitas air baku dapat menurun dan mendorong pertumbuhan mikroorganisme apabila disimpan melebihi tiga hari (Abdilanov, 2013).

Tingkat higienitas dan keamanan air minum yang dikonsumsi dapat diketahui dengan Kadar Maksimum yang Diperbolehkan (KMD). Kadar tersebut mengacu pada senyawa yang terkandung di dalam air minum secara alami maupun yang muncul akibat proses distribusi atau pengolahan, misalnya mikroorganisme. Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) No. 2 Tahun 2023 tentang “*Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah No. 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan*”, mensyaratkan KMD air minum di Indonesia tidak diperbolehkan mengandung bakteri *coliform* dan *E. coli*. Peraturan tersebut serupa dengan Permenkes No. 492/2010, yang menetapkan kriteria kualitas air minum minimal ialah 0 koloni/ 100 ml sampel.

Setiap kurun waktu enam bulan sekali, depot di Indonesia diwajibkan menguji kualitas air yang diproduksinya di Laboratorium Pemeriksaan Kualitas Air terakreditasi atau yang ditunjuk pemerintah setempat, kemudian hasilnya disesuaikan dengan Angka Lempeng Total (ALT) yang dipersyaratkan pemerintah (Permenkes Kaltim, 2011). Akan tetapi, tidak semua DAMIU rutin memantau air yang diproduksinya. Menurut Afif dkk. (2015), depot di Indonesia pernah dianggap

menghasilkan air minum tidak berkualitas karena mengandung *E. coli* (bakteri patogen), sehingga kepercayaan masyarakat sebagai konsumen menurun. Mengonsumsi air yang tercemar mikroorganisme patogen dapat berdampak buruk bagi kesehatan, karena segala substrat yang masuk ke dalam tubuh akan diproses oleh sistem pencernaan, sehingga apabila air yang dikonsumsi terkontaminasi bakteri patogen, dapat membahayakan sistem pencernaan dan kesehatan tubuh.

Keberadaan cemaran pada air menunjukkan bahwa selain penting bagi kehidupan manusia, air juga merupakan tempat berkembang biak bakteri. Kemenkes menyebutkan bahwa fokus bakteri pada air minum ialah *coliform* dan *E. coli*, karena keduanya mampu menginvasi usus manusia dan menyebabkan berbagai masalah pencernaan, misalnya diare. Hal tersebut sejalan dengan pernyataan Entjang (2000), bahwa air olahan depot harus terbebas dari total *coliform* dan *E. coli*. Total *coliform* adalah sekelompok bakteri indikator pencemaran yang terdiri atas dua jenis, yakni *coliform fecal* seperti *E. coli* dari kotoran manusia, hewan berdarah panas, serta *coliform non-fecal* seperti *Aerobacter* dan *Klebsiella* dari hewan atau tumbuhan mati. Uji mikrobiologis dapat dilakukan untuk mengidentifikasi keberadaan bakteri patogen tersebut.

Disamping harus memenuhi parameter fisik, kimiawi, dan mikrobiologis, kualitas air minum juga dapat dipengaruhi oleh faktor *hygiene* sanitasi. Guna memastikan air yang dihasilkan aman dan higienis, salah satu faktor utama yang perlu diperhatikan oleh pelaku usaha DAMIU adalah *hygiene* sanitasi, dikarenakan kontaminasi yang terdapat pada lokasi depot, penjamah (Sumber Daya Manusia/SDM), dan peralatan yang digunakan dapat berdampak buruk terhadap air yang dihasilkan. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Paiting dkk. (2018), bahwa

tangan operator adalah titik kritis pencemaran yang dapat dikendalikan dengan cuci tangan menggunakan sabun sebelum dan setelah melayani pembeli.

Setiap DAMIU yang memenuhi standar mutu pemerintah akan diberikan bukti tertulis, yakni sertifikat laik *hygiene* sanitasi. Sertifikat tersebut merupakan izin usaha atau prasyarat wajib untuk mendirikan depot, yang mana memiliki masa berlaku tiga tahun dan dapat diperpanjang jika depot masih memenuhi persyaratan Permenkes No. 43 Tahun 2014 tentang “*Hygiene Sanitasi Depot Air Minum*”. Pemilik depot berkewajiban memasang sertifikat laik *hygiene* sanitasi yang dapat dengan mudah dilihat dan dibaca konsumen (Sari, 2020). Sertifikat tersebut diterbitkan oleh lembaga berwenang berdasarkan uji mikrobiologis, uji kimia, dan beberapa aspek pada lembar ceklis *hygiene* sanitasi Permenkes No. 43 tersebut.

Pemilihan lokasi sampel pada penelitian ini dibatasi, yakni di tiga DAMIU sekitar kampus satu UIN Malang, dikarenakan lokasi tersebut adalah lokasi sekitar kampus peneliti yang didominasi oleh mahasiswa/i konsumen air dari DAMIU untuk memenuhi kebutuhan hidrasi. Berdasarkan penelitian Sari (2020), mengenai DAMIU di Kelurahan Merjosari, Kota Malang, dari lima depot yang diobservasi, belum seluruhnya menaati syarat sertifikat laik *hygiene* sanitasi, beberapa diantaranya masih dalam tahap persiapan pembuatan dan sebagiannya mengaku kurang memahami aturan tersebut. Akan tetapi, menurut penelitian Adli (2021) menggunakan uji *Most Probable Number* (MPN), disebutkan bahwa keseluruhan DAMIU di Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang sudah layak minum, yakni menghasilkan 0 koloni/ 100 ml sampel. Meskipun begitu, peneliti tetap memilih sampel di sekitar lokasi tersebut, guna memastikan air dari ketiga DAMIU yang dipilih benar higienis dan sesuai dengan standar pemerintah, serta ingin

melengkapi penelitian serupa terdahulu dengan menambahkan metode, agar hasil yang didapat semakin meyakinkan. Kemudian, berdasarkan hasil observasi, ketiga DAMIU tidak memiliki sertifikat laik *hygiene* sanitasi yang sifatnya wajib, serta mesin yang tidak dikalibrasi secara berkala.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka uji mikrobiologis perlu dilakukan guna menganalisis kualitas air minum isi ulang di tiga DAMIU sekitar kampus satu UIN Malang. Metode yang digunakan adalah Angka Lempeng Total (ALT) untuk mengetahui perkiraan jumlah cemaran bakteri aerob pada sampel, uji *Most Probable Number* (MPN) untuk mengetahui kontaminasi jenis bakteri *coliform*, dan Pewarnaan Gram (*Gram Staining*) untuk memastikan bakteri tersebut benar merupakan *coliform fecal E. coli* berdasarkan karakteristik mikroskopisnya. Oleh sebab itu, diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat, khususnya bagi mahasiswa/i dan masyarakat sekitar.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana hasil analisis mikrobiologis total cemaran bakteri *coliform* dan *Escherichia coli* terhadap kualitas air minum di tiga DAMIU sekitar kampus satu UIN Malang?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil analisis mikrobiologis total cemaran bakteri *coliform* dan *Escherichia coli* terhadap kualitas air minum di tiga DAMIU sekitar kampus satu UIN Malang.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk:

1. Menginformasikan mahasiswa/i dan masyarakat mengenai gambaran kontaminasi mikroba pada air minum isi ulang di tiga DAMIU sekitar kampus satu UIN Malang.
2. Menginformasikan mahasiswa/i dan masyarakat agar lebih selektif dalam memilih air minum untuk konsumsi sehari-hari, terutama air olahan DAMIU.
3. Menginformasikan para pelaku usaha DAMIU agar lebih mengutamakan higienitas produk yang diperjualbelikan.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sampel air minum diperoleh dari Depot A (Kelurahan Ketawanggede), Depot B (Kelurahan Dinoyo), dan Depot C (Kelurahan Merjosari), Kecamatan Lowokwaru (sekitar kampus satu UIN Malang) menggunakan botol kaca gelap steril dengan alat, jumlah, dan perlakuan yang sama.
2. Parameter yang diamati adalah jumlah bakteri yang mengontaminasi air berdasarkan ketiga uji mikrobiologis, jenis *coliform* yang ditemukan, serta hubungan hasil analisis mikrobiologis dengan tingkat *hygiene* sanitasi depot.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Minum dalam Perspektif Sains dan Islam

Air minum berasal dari berbagai sumber perairan yang dijernihkan agar aman dikonsumsi. Kata “air” digunakan dalam berbagai bahasa, misalnya bahasa Yunani “*nerō*”, bahasa Inggris “*water*” atau “*liquid*”, dan bahasa Arab “(ماء)” bentuk *mufrad*, serta “(مياه)” bentuk *jama*’ (Hornby, 2010). Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) dalam Departemen Pendidikan Nasional (2005), air adalah cairan tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa yang dibutuhkan oleh seluruh makhluk hidup, yang merupakan sumber daya alam esensial kedua setelah oksigen. Allah SWT menciptakan air untuk keberlangsungan hidup makhluk-Nya yang dapat digunakan untuk berbagai kegiatan. Oleh sebab itu, manusia sangat membutuhkan pasokan air yang cukup (Kusumawardani dkk., 2020).

Allah SWT berfirman mengenai penciptaan air untuk memenuhi kebutuhan hidrasi harian manusia pada Surat Al-Waqi’ah 56: 68-70 berikut:

أَفَرَأَيْتُمُ الْمَاءَ الَّذِي تَشْرَبُونَ , ءَأَنْتُمْ أَنْزَلْتُمُوهُ مِنَ الْمُزْنِ أَمْ نَحْنُ الْمُنْزِلُونَ ,
لَوْ نَشَاءُ جَعَلْنَاهُ أُجَاجًا فَلَوْلَا تَشْكُرُونَ

Arti: “Maka, terangkanlah kepadaku air yang kamu minum, Kamukah yang menurunkannya dari awan ataukah Kami yang menurunkan? Kalau Kami kehendaki niscaya Kami jadikan dia asin, maka mengapa kamu tidak bersyukur?”.

Berdasarkan tafsir Kementerian Agama dalam Tafsir Al-Qur’an (2021), diungkapkan salah satu nikmat Allah SWT pada ayat tersebut, yang mana mengisyaratkan pembaca untuk memikirkan penciptaan air minum. Menurut Quraish Shihab (2009), hujan merupakan kumpulan uap air dari lautan dan samudra

yang kemudian menjadi salju atau tetesan air. Uap tersebut berkumpul menjadi awan besar yang kian lama semakin berat, hingga tercurah dalam bentuk tetesan air atau salju di permukaan bumi (Ibnu Katsir, 2004). Air hujan turun dengan rasa sejuk dan tawar (tidak asin seperti air laut) dan akan menyegarkan badan, serta melepaskan dahaga. Apabila diredungkan, dapat dipahami bahwa sedalam apapun suatu sumur dibor, maka tidak akan keluar air jika tidak turun hujan, yang mana menyebabkan tidak ada pula sungai mengalir dan tidak ada mata air, serta tidak ada tetumbuhan atau hewan ternak. Hal tersebut tentu berpengaruh besar terhadap kehidupan manusia yang membutuhkan makan dan minum (Tafsir Al-Qur'an, 2021).

Menurut Quraish Shihab dalam M. Resky (2020), kata الْمُرْن berarti awan yang menurunkan hujan. Kemudian, berdasarkan tafsir Kementerian Agama dalam Tafsir Al-Qur'an (2021), ayat tersebut berisi penegasan bahwa Allah-lah yang menurunkan hujan. Curah hujan membutuhkan keadaan meteorologi tertentu di luar kemampuan manusia untuk turunnya hujan, seperti angin dingin yang bertiup di atas angin panas dan keadaan cuaca yang tidak stabil. Meskipun teknologi hujan buatan saat ini sedang dikembangkan, tetapi peluang keberhasilannya sangat kecil, karena hanya dapat diterapkan dengan kondisi atmosfer tertentu di luar kemampuan manusia. Sementara itu, Ibnu Katsir (2004), menafsirkan فَلَوْلَا تَشْكُرُونَ sebagai *“mengapa tidak mensyukuri nikmat Allah SWT berupa turunnya hujan dengan rasa tawar dan segar”*. Oleh sebab itu, manusia sebagai makhluk sempurna yang dianugerahi akal pikiran, sudah sepatutnya mensyukuri turunnya air hujan di bumi. Di zaman ini, telah banyak teknologi yang dapat mengubah sumber air baku menjadi air minum seperti air olahan Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU).

Air minum merupakan salah satu kebutuhan pokok yang harus dipenuhi sebagai sumber nutrisi. Permenkes No.492/MENKES/PER/IV/2010, mendefinisikan air minum sebagai air yang dengan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan aman jika langsung dikonsumsi. Disamping itu, Suripin (2002), menyebutkan bahwa air bersih adalah air yang tidak berbau, tidak berwarna, berasa segar, dan aman untuk dikonsumsi. Air terdapat di seluruh organ dan jaringan tubuh manusia. Hal tersebut membuktikan bahwa air memiliki makna fisiologis yang penting bagi tubuh. Air merupakan komponen anorganik utama bagi tubuh yang menjamin pergerakan zat antar sel, jaringan, dan organ. Selain itu, air diperlukan untuk pembentukan membran sel, pengangkut partikel darah, dan penyedia proses metabolisme garam dalam tubuh (Kalachev *et al.*, 2019). Manusia juga memerlukan air sebagai pengangkut, katalisator, pemanas, dan pengatur suhu tubuh (Bakri, 2019).

2.1.1 Kebutuhan Manusia terhadap Air Minum

Air minum adalah salah satu sumber nutrisi bagi tubuh, tanpa air manusia akan dehidrasi. Sekitar 70% kebutuhan air pada tubuh manusia tercukupi melalui air minum (Museum, 2023). Salah satu hal yang menunjukkan urgensi air minum bagi tubuh adalah manusia merupakan makhluk hidup yang dapat bertahan dalam waktu cukup lama tanpa asupan makanan, namun tidak jika tanpa air. Seluruh makhluk hidup tidak mungkin dapat tumbuh dan berkembang tanpa air, karena tidak ada satupun reaksi kimia di dalam tubuh yang dapat berlangsung tanpa air.

Wagner *et al.* (1959), mendefinisikan air sehat adalah air yang tidak berdampak negatif bagi kesehatan. Sementara itu, air yang sehat harus terbebas dari kotoran, termasuk bahan beracun yang tidak bermineral dan zat organik berbahaya.

Air sebagai zat gizi makro berfungsi dalam berbagai proses di dalam tubuh, termasuk metabolisme, sirkulasi zat gizi dan non gizi, kontraksi otot, transmisi impuls saraf, dan proses pembuangan zat-zat yang tidak diperlukan (Santoso dkk., 2011). Menurut Prasetyowati (2014), konsumsi cukup air dapat membantu tubuh dalam proses pendampingan pangan dan fisik. Sementara itu, kurangnya konsumsi air akan berakibat pada kematian (Bakri, 2019).

Air di dalam tubuh manusia berasal dari tiga sumber, yakni minuman, makanan, dan produk metabolisme (air metabolik). Akan tetapi, pada kondisi tertentu, cairan infus juga dapat berfungsi sebagai sumber air bagi tubuh (Santoso dkk., 2011). Apabila banyak mengonsumsi makanan bertekstur lunak, serta sayur dan buah, maka sumber air dari makanannya akan lebih tinggi. Namun, apabila lebih banyak mengonsumsi sereal, tepung, dan daging yang kering, maka sumber air dari makanannya akan lebih rendah. Sementara itu, tubuh hanya menghasilkan sedikit air dari aktivitas metabolisme. Tabel 2.1 berikut merupakan gambaran volume air bagi tubuh berdasarkan tiga sumber air tersebut:

Tabel 2.1. Volume air menurut sumber dan pengeluaran air tubuh

Sumber air tubuh	Jumlah (ml)	Pengeluaran air tubuh	Jumlah (ml)
Minuman/ cairan	550 – 1.500	Urin/ ginjal	500 – 1.400
		Keringat/ kulit	450 – 900
Makanan	700 – 1.000	Pernafasan/ paru	350
Hasil metabolisme	200 – 300	Tinja	150
TOTAL	1.450 – 2.800	TOTAL	1.450 – 2.800

Sumber: El-Radhi *et al.* (2009)

Tabel tersebut menunjukkan bahwa volume air pada tubuh manusia lebih banyak bersumber dari air minum, yakni sebesar 70%. Hal tersebut sesuai dengan

pernyataan Briawan dkk. (2011), bahwa setiap individu memiliki kebutuhan air yang berbeda, sesuai kegiatan fisik, berat badan, usia, suhu, dan pola makan. Manusia memerlukan air mineral sebanyak 1–2,5 liter atau 6-8 gelas di setiap harinya (Kusumawardani dkk., 2020). Asupan air yang dibutuhkan tubuh dikendalikan oleh rasa haus dan kenyang melalui perubahan di mulut dan hipotalamus. Jika kandungan bahan di dalam darah terlalu tinggi, udara akan keluar, sehingga mulut menjadi kering dan ingin minum untuk membasahi mulut. Oleh karena itu, ketika hipotalamus melihat konsentrasi darah terlalu tinggi, hipotalamus akan menganjurkan tubuh untuk minum (Almatsier, 2009).

Menurut Linorita (2011), masa remaja merupakan awal perkembangan massa pada laki-laki dan lemak pada perempuan, serta peningkatan aktivitas fisik, sehingga asupan air yang diperlukan lebih banyak. Sementara itu, *Institute of Medicine* (IOM) dalam Hastuti dkk. (2015), menyebutkan bahwa rekomendasi konsumsi air harian pria ialah 3 liter (13 gelas), sementara perempuan 2,2 liter (9 gelas) dari total minuman dalam sehari. Sementara itu, berdasarkan Permenkes No. 75 Tahun 2013 tentang “*Angka Kecukupan Gizi (AKG)*”, rekomendasi air minum untuk anak usia 7-9 tahun ialah 1.900 ml dan 1.800 ml untuk anak usia 10-12 tahun.

2.1.2 Sumber Air Minum bagi Manusia

Air merupakan nutrisi penting bagi manusia yang berfungsi sebagai komponen penyusun sebagian besar tubuh. Air hujan, air limpasan, air tanah, dan air laut ialah air yang dapat dimanfaatkan manusia (Zulhilmi dkk., 2019). Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Redaksi dalam Tafsir Al-Qur'an (2021), bahwa air yang dapat diminum adalah air yang memiliki kandungan garam dan unsur-unsur terlarut dalam jumlah cukup dan seimbang, serta terbebas dari senyawa

berbahaya. Air yang mengandung garam dan unsur-unsur terlarut berlebih seperti air laut berbahaya untuk dikonsumsi, kecuali telah melalui proses penyaringan.

Disamping itu, menurut Santoso dkk. (2011), sumber air bagi manusia terdiri atas sumber alami dan buatan. Sumber air alami mencakup: a) air permukaan (*surface water*), seperti sungai, danau, kolam/ genangan, air tampungan hujan, pancuran, dan laut; dan b) air tanah (*ground water*), yakni air yang berada pada kedalaman ≥ 50 m dari air yang terperangkap pada bebatuan bumi atau air hujan yang masuk ke dalam bumi melalui lapisan tanah, bebatuan, dan pasir. Air tanah dapat dikeluarkan secara alami akibat tekanan dari dalam bumi atau air artesis (*spring water*) yang juga dapat dikeluarkan oleh manusia menggunakan teknologi. Air tanah dinilai lebih berkualitas dari pada air permukaan, karena air permukaan rentan terhadap berbagai cemaran. Sementara itu, sumber air buatan terdiri atas: a) air sumur; b) air bor; dan c) air yang diproses. Air sumur termasuk air permukaan, karena hanya digali dengan kedalaman beberapa meter. Kemudian, air bor diperoleh dengan pengeboran untuk mengesktraksi air permukaan atau air tanah pada kedalaman 15-50 m. Air yang diproses juga dapat berasal dari air permukaan atau air tanah (Santoso dkk., 2011).

Akses terhadap air bersih adalah kebutuhan dasar yang sangat penting. Howard & Jamie (2003), menyebutkan bahwa terdapat beberapa cara untuk penyediaan air bersih, yakni melalui sambungan rumah tangga, pipa umum, sumur gali, dan air hujan. Sementara itu, penyediaan air bersih oleh PDAM dilakukan dengan dua cara berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 16 Tahun 2005 tentang “*Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum*”, bahwa: a) melalui perpipaan, yang mana air mencapai titik akhir menggunakan pipa yang meliputi sambungan

rumah tangga atau kantor, hidran umum, dan hidran kebakaran; serta b) non perpipaan, yang mana air diperoleh melalui sumur dangkal, sumur pompa tangan, bak penampungan air hujan, mobil tangki air, dan bangunan perlindungan mata air.

Kedua sistem penyediaan air oleh PDAM tersebut sesuai dengan pernyataan Zulhilmi dkk. (2019), bahwa pembangunan jaringan pipa untuk menampung air sungai atau mata air yang diolah dan disalurkan ke kawasan usaha dan industri dapat menghasilkan sumber air bersih. Meskipun begitu, menurut Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas) (2003), hanya 19% penduduk Indonesia yang dapat mengakses air bersih dengan sistem pipa (39% di antaranya ialah masyarakat kota), sedangkan di daerah pedesaan, hanya 5% masyarakat yang menggunakan sistem pipa, 48% dengan sistem non pipa, dan 47% lainnya menggunakan air dari sumber tidak terlindungi dan sumur gali. Namun demikian, berdasarkan standar sanitasi, 87,75% masyarakat Indonesia sudah memiliki akses air minum pada tahun 2018, tetapi hanya 20,14% dari masyarakat tersebut yang saat ini memiliki fasilitas perpipaan (Purwanto, 2020). Ketersediaan air bersih diatur pada PP No. 122 Tahun 2015 tentang “*Sistem Penyediaan Air Minum*”, bahwa air yang dimanfaatkan masyarakat harus langsung dialirkan ke setiap rumah. Semakin jauh masyarakat untuk mengakses air bersih, maka semakin buruk pula akses air bersih bagi masyarakat tersebut (Howard & Jamie, 2003).

Sumber air bersih yang umum dimanfaatkan masyarakat pedesaan dan perkotaan ialah sumur gali, dikarenakan karena mudah pembangunannya, relatif murah, dan menyediakan akses air tanah sepanjang tahun (Boamah *et al.*, 2011). Air bersih yang dimanfaatkan secara bijak dapat memenuhi kebutuhan setiap masyarakat, sehingga dapat menjadi upaya dalam menjaga kesehatan dan mudah

terserang penyakit. Peningkatan jumlah penduduk di kota besar dan kecil menyebabkan kebutuhan air bersih untuk dikonsumsi menjadi meningkat. Hal tersebut menjadi salah satu faktor banyaknya Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) di Indonesia, terutama di Kecamatan Lowokwaru (sekitar kampus satu UIN Malang). Masyarakat pada awalnya memanfaatkan Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) karena dianggap aman dan praktis, namun seiring dengan meningkatnya harga pasaran, air olahan DAMIU dijadikan sebagai alternatif. (Mairizki, 2019).

2.1.3 Air Minum Isi Ulang (AMIU)

Industri Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) mulai berkembang pesat sejak tahun 1999. Menurut Afif dkk. (2015), depot air minum adalah usaha komersial yang mengolah air baku menjadi air minum dan menjualnya langsung kepada pembeli dalam kemasan galon. Industri air isi ulang yang kini berkembang pesat merupakan alternatif menjanjikan dalam memasok air minum di kota besar dengan harga terjangkau (Sunarti, 2016). Teknologi yang dimanfaatkan ialah mengubah sumber air bersih mentah menjadi air minum tanpa dimasak, namun diolah melalui proses penyaringan dan desinfeksi (Suprihatin dkk., 2013).

Pada praktiknya, industri DAMIU turut memperluas ketersediaan air bersih, sehingga ikut berkontribusi terhadap terciptanya masyarakat yang lebih sehat. Air permukaan atau air tanah, serta air PDAM dari setiap daerah dapat dijadikan sebagai sumber air baku untuk depot (Puspitasari dkk., 2015). Meskipun demikian, pencemaran air di permukaan tanah menjadi hal umum yang menjadikannya tidak layak konsumsi. Hal tersebut mendukung pernyataan Pelczar (2009), bahwa air yang jernih, tidak berbau, dan tidak berasa, juga dapat tidak aman untuk dikonsumsi. Berdasarkan hal tersebut, masyarakat memberikan reaksi positif

terhadap kehadiran industri DAMIU. Namun, saat ini banyak pelaku usaha DAMIU yang lalai dalam berbagai aspek, seperti *hygiene* sanitasi bangunan, perawatan (*maintenance*) alat, maupun kebersihan penjamah (SDM) saat memproses air, yang mana dapat berakibat buruk pada air yang dihasilkan (Walangitan dkk., 2016).

Pengadaan air bersih untuk dikonsumsi harus memenuhi persyaratan Permenkes No. 2 Tahun 2023 tentang “*Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah No. 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan*” dan/ atau Permenkes No.492/MENKES/PER/IV/2010, bahwa tidak boleh mengandung bakteri *coliform* dan *Escherichia coli* (0 cfu/ ml). Sementara itu, menurut Sunarti (2016), pada prinsipnya, proses pengolahan air minum harus menghilangkan polutan apapun, termasuk fisik, kimiawi, dan mikrobiologis. Peraturan mengenai standar produk dan proses yang dilakukan sangat diperlukan dalam mengawasi pelaksanaan pengolahan air di DAMIU. Dengan demikian, pihak depot dan konsumen akan terlindungi.

Menurut Sulistyawati (2003), beberapa penyakit menular terkadang dapat menyebar dan menjadi wabah (epidemi), misalnya konsumsi air minum isi ulang terkontaminasi. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Putri (2021), bahwa dua sampel air minum isi ulang yang diuji positif mengandung *coliform*. Selain itu, hasil penelitian Zakianis (2003), juga menunjukkan bahwa air yang diuji positif mengandung *E. coli* yang dapat menyebabkan diare. Oleh karena itu, setiap DAMIU wajib melakukan uji kualitas air yang dihasilkannya minimal setiap enam bulan di Laboratorium Kualitas Air terakreditasi atau yang ditunjuk pemerintah.

2.1.4 Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU)

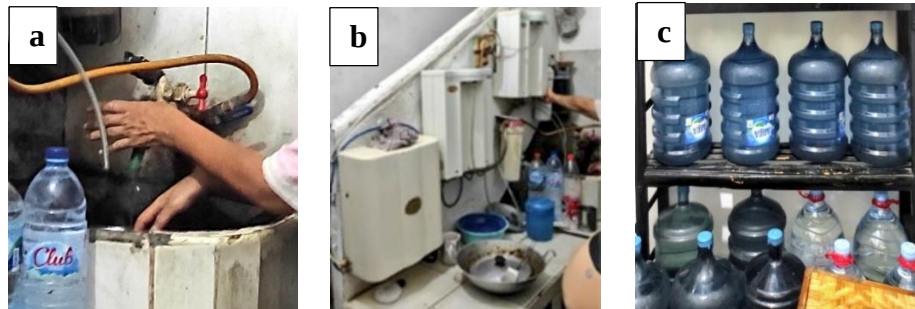
2.1.4.1 DAMIU A

Sampel pertama berasal dari depot A yang beralamat di Kelurahan Ketawanggede, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang. Depot ini telah berdiri sejak 24 tahun lalu, yakni tahun 2000 dan merupakan salah satu depot langganan masyarakat sekitar, terutama mahasiswa UIN Malang. Lokasi depot ini cukup strategis, meskipun terletak di dalam gang, depot ini berada di kawasan perkampungan warga dan lingkungan kampus. Selain *offline*, depot ini juga melayani pembelian *online* melalui *whatsapp*, sehingga depot ini banyak diminati oleh masyarakat dan mahasiswa/i di sekitarnya, bahkan yang sedikit lebih jauh.

Berdasarkan hasil observasi ke depot, peneliti tidak melihat keberadaan sertifikat laik *hygiene* sanitasi sebagai bukti tertulis oleh Dinas Kesehatan terkait yang seharusnya terlihat dan mudah untuk dibaca oleh konsumen. Selain itu, alat yang digunakan tergolong sederhana dan pemeliharaan mesin terlihat kurang diperhatikan, misalnya selang yang berwarna kekuningan (Gambar 2.1). Akan tetapi, pemilik mengaku mengganti filter dan selang sebanyak 1-2 kali dalam satu bulan. Kemudian, apabila terdapat kendala pada mesin air, pemilik segera menghubungi teknisi terkait untuk memperbaikinya. Disamping itu, penjamah terlihat tidak sesuai dengan kriteria *hygiene* sanitasi saat melayani pelanggan.

Sumber air baku yang digunakan depot ini ialah air sumur. Pemilik depot menganggap bahwa air sumur lebih mudah dijangkau, serta tidak membutuhkan banyak biaya. Menurut ulasan dari beberapa pelanggan tetapnya, air yang dihasilkan dari depot ini memiliki rasa yang berbeda dengan depot lain. Hal tersebut

dibuktikan bahwa di setiap harinya, pemilik dapat melayani proses transaksi dan distribusi air minum galon isi ulang hingga belasan kali.



Gambar 2.1 Dokumentasi DAMIU A. (a) sumber air sumur yang digunakan; (b) mesin yang digunakan; dan (c) penyimpanan botol galon (dokumentasi pribadi)

Pemilik depot menyebutkan bahwa air hasil olahannya telah banyak dijadikan sebagai bahan penelitian, termasuk mahasiswa Fakultas Kedokteran. Pengolahan air sumur pada depot ini dilakukan melalui dua tahap filtrasi (penyaringan). Proses pertama ialah mengalirkan air sumur menggunakan keran ke dalam mesin filtrasi berbentuk tabung dengan selang tebal. Kemudian, air yang telah difiltrasi dari mesin pertama, dialirkan ke mesin purifikasi (penjernihan) dengan sinar *ultra-violet*. Apabila mesin dinyalakan, terdapat indikator warna hijau yang menunjukkan bahwa air telah siap dipurifikasi dan dialirkan ke galon dengan selang tipis berwarna bening. Untuk pengisian satu galon berukuran normal (19 liter), dibutuhkan waktu 20 menit dengan satu mesin dan 10 menit apabila digunakan dua mesin. Sebelum pengisian air isi ulang, botol galon terlebih dahulu dicuci dengan air steril, yakni air khusus yang dihasilkan dari mesin purifikasi tersebut untuk menjamin kualitas air yang dihasilkan.

2.1.4.2 DAMIU B

Sampel kedua berasal dari depot B yang beralamat di Kelurahan Dinoyo, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang. Depot ini telah berdiri sejak 17 tahun lalu,

yakni tahun 2007 dan merupakan salah satu depot langganan masyarakat sekitar, terutama mahasiswa UIN Malang. Lokasi depot ini juga cukup strategis, meskipun terletak di dalam gang, depot ini berada di kawasan perumahan warga dan lingkungan kampus. Depot ini hanya melayani transaksi tatap muka (*offline*) dan tidak terdapat layanan pengantaran, sehingga pelanggan harus mengambil dan/ atau menukar sendiri botol galonnya. Meski demikian, depot ini tetap banyak diminati oleh masyarakat dan mahasiswa/i di sekitarnya, karena tidak ada layanan pengantaran, harga galon relatif lebih murah.

Berdasarkan hasil observasi peneliti ke depot, tidak terlihat adanya sertifikat laik *hygiene* sanitasi sebagai bukti tertulis oleh Dinas Kesehatan terkait yang seharusnya terlihat dan mudah dibaca oleh konsumen. Akan tetapi, pemilik mengaku melakukan *check* kualitas air di laboratorium setiap enam bulan sekali, yang mana sesuai dengan salah satu syarat berdirinya DAMIU oleh Kemenkes. Selain itu, mesin yang digunakan pada depot ini terlihat higienis, tertata rapi dan pemeliharaan mesin dijaga dengan baik (Gambar 2.2). Akan tetapi, pada praktiknya, penjamah terlihat tidak sesuai dengan kriteria *hygiene* sanitasi, yang mana tidak mencuci tangan sebelum dan setelah melayani pelanggan.

Air yang dihasilkan depot ini menghadirkan respons positif dari konsumen, sehingga banyak pelanggan tetap dari depot ini. Menurut pelanggan tetapnya, air yang dihasilkan depot ini relatif berbeda dengan depot lain. Pemilik menganggap bahwa air yang dihasilkan depotnya memiliki rasa yang tidak jauh berbeda dengan merek air mineral ternama, hanya saja berbeda dari segi mesin dan sebagainya. Selain itu, hingga saat ini, pemilik mengaku bahwa belum ada satupun konsumen

yang berkomentar negatif terhadap kualitas air yang dihasilkan. Disamping itu, pemilik depot dan keluarga turut mengonsumsi air minum yang diproduksinya.

Sumber air baku yang digunakan adalah air yang dipasok dari daerah Pandaan, Kabupaten Pasuruan yang merupakan daerah dengan sumber air terbaik di Jawa Timur. Air yang dipasok tersebut disalurkan dengan *truck* tangki yang dapat menampung muatan air sebanyak 6.500–7.000 liter. Menurut pemilik, depotnya tidak dapat mengganti air baku dengan air PDAM, karena mesin yang digunakan diatur khusus untuk memfiltrasi air non PDAM. Kemudian, menurutnya, jika diganti dengan air PDAM, kualitas air yang dihasilkan hanya akan terjaga dengan baik hingga galon ke lima belas, jika lebih dari itu, kualitas air akan menurun.



Gambar 2.2 Dokumentasi DAMIU B. (a) penampungan sumber air baku dan penyimpanan persediaan galon kosong; dan (b) mesin yang digunakan (dokumentasi pribadi)

Air baku pada depot ini melalui tiga kali pemrosesan, yakni diawali dengan menyalurkan air dari toren ke tabung berisi batu mineral berwarna hitam yang berfungsi untuk menjernihkan air, lalu dilanjutkan dengan proses filtrasi (penyaringan) dan purifikasi (penjernihan) dengan jumlah 21 filter menggunakan sinar *ultra-violet*. Sebelum pengisian air olahan, galon terlebih dahulu dimasukkan ke dalam lemari kaca, kemudian mesin dinyalakan dan galon akan tersemprot dengan air yang juga dihasilkan dari mesin tersebut guna menjamin kualitas air

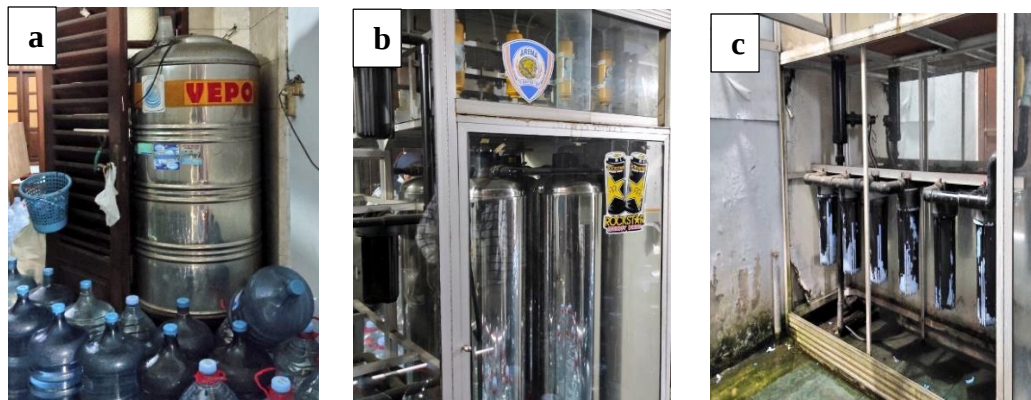
minum isi ulang yang dihasilkan. Disamping itu, menurut pemilik depot, jika saat proses isi ulang ditemukan galon yang berlumut, galon akan tetap dibersihkan dengan cara di atas, namun ditambah dengan memasukkan plastik segel galon atau plastik kresek, yang mana plastik tersebut akan berputar dengan air dan menyebabkan lumut menjadi lunak, lalu dibilas dengan air. Selain itu, filter dan selang mesin pada depot ini diganti 1-2 kali dalam satu bulan. Kemudian, apabila terdapat masalah pada mesin air, pemilik depot segera menghubungi teknisi terkait.

2.1.4.3 DAMIU C

Sampel ketiga berasal dari depot C yang beralamat di Kelurahan Merjosari, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang. Depot ini telah berdiri sejak 9 tahun lalu, yakni pada tahun 2015 dan merupakan salah satu depot langganan masyarakat sekitar, terutama mahasiswa UIN Malang. Lokasi depot ini sangat strategis, yakni di pinggir jalan raya yang merupakan tempat orang berlalu lalang, serta dekat dengan permukiman warga dan lingkungan kampus. Selain tatap muka (*offline*), depot ini juga melayani pembelian *online* melalui *whatsapp*, sehingga tidak dapat dipungkiri bahwa depot ini banyak diminati oleh masyarakat dan mahasiswa/i di sekitarnya, bahkan yang sedikit lebih jauh sekalipun.

Berdasarkan hasil observasi ke depot, tidak terlihat adanya sertifikat laik *hygiene* sanitasi sebagai bukti tertulis oleh Dinas Kesehatan terkait yang seharusnya terlihat dan mudah dibaca oleh konsumen. Kemudian, tidak jauh berbeda dengan depot B, mesin yang digunakan pada depot C tertata rapi, namun tidak terlalu higienis, yang mana dapat disimpulkan bahwa pemeliharaan daerah sekitar mesin air kurang diperhatikan (Gambar 2.3). Jadwal pemeriksaan laboratorium depot ini mengikuti jadwal kunjungan puskesmas setempat, karena tidak dipungut biaya,

sedangkan jika *check* laboratorium secara mandiri, dipungut biaya. Pada praktiknya, penjamah terlihat tidak sesuai dengan kriteria *hygiene* sanitasi, yang mana tidak mencuci tangan sebelum dan setelah melayani pelanggan. Pemilik depot menganggap bahwa parameter kualitas air yang diproduksi, baik atau tidak bergantung pada kepuasan pelanggan. Hingga saat ini, hanya terdapat laporan mengenai proses distribusi air, bukan dari kualitas air.



Gambar 2.3 Dokumentasi DAMIU C. (a) sumber air baku dan penyimpanan galon; (b) mesin yang digunakan; dan (c) daerah sekitar mesin yang kurang higienis (dokumentasi pribadi)

Sumber air baku depot ini ialah air PDAM yang mengalir dari Kota Batu. Saat awal dirintis, pemilik menggunakan air dari Pandaan, Kabupaten Pasuruan yang dianggap sebagai sumber air terbaik di Jawa Timur. Akan tetapi, semakin lama, pemilik ragu jika air tersebut dipasok dari Pandaan, sehingga air baku depot ini diganti dengan air PDAM dari Kota Batu, Jawa Timur. Pemilik depot mengaku menggunakan air PDAM karena dinilai lebih murah dan sudah terjamin keamanannya. Kemudian, filter pada depot ini diganti 1-2 bulan sekali. Teknologi yang dimanfaatkan dalam mengubah air PDAM menjadi air minum isi ulang siap dikonsumsi ialah menggunakan proses filtrasi dengan ozon dan sinar *ultra-violet*.

Pada proses filtrasi, terdapat sejumlah 12 filter yang digunakan dan kemudian dilanjutkan dengan sistem ozon dan sinar *UV* untuk menjernihkan air.

Pada praktiknya, untuk mengisi satu galon berukuran normal (19 liter) hingga penuh, hanya dibutuhkan waktu satu menit. Guna menjamin kebersihan dan kualitas air isi ulang yang dihasilkan, sebelum diisi air yang sudah difiltrasi dan purifikasi, dilakukan sterilisasi pada galon. Galon bagian luar disemprot dengan air yang dihasilkan oleh mesin tersebut dengan tambahan sabun pencuci piring, sementara bagian dalam dicuci dengan sabun khusus untuk mencuci botol.

2.2 Standar Kualitas Air Minum

Air merupakan salah satu sumber esensial bagi manusia karena diperlukan untuk menunjang berbagai kebutuhannya (Sudarti dkk., 2021). Meskipun jumlah air di bumi selalu tetap, namun kualitasnya akan berubah seiring dengan pertumbuhan populasi manusia dan aktivitasnya (Rochmawati & Kustomo, 2020). Hal tersebut sejalan dengan Alfatihah dkk. (2022), bahwa dalam pemanfaatannya, air sungai sering digunakan masyarakat untuk pertanian, mencuci, mandi, drainase, serta pembuangan sampah organik dan anorganik. Kemudian, Akhirul (2020), menjelaskan bahwa seiring bertambahnya penduduk, mutu air akan semakin menurun karena limbah aktivitas penduduk dan industri yang turut mempercepat penurunan kualitas air. Oleh karena itu, masyarakat harus konsisten dalam pengelolaan kualitas dan pelayanan air bersih (Agustina dkk., 2023).

Air minum harus memenuhi parameter fisik yang meliputi bau, rasa, dan warna (kekeruhan), parameter kimia berupa bahan kimia organik dan anorganik yang dikandungnya, serta parameter mikrobiologis yang meliputi total *coliform* dan *E. coli* (Wandrivel dkk., 2012). Menurut Sunarti (2016), standar kualitas air minum menetapkan batas maksimum bagi parameter kimia, karena keberadaannya pada air dalam konsentrasi tinggi berdampak buruk bagi kesehatan. Sementara itu, kualitas

mikrobiologis didasarkan pada keberadaan mikroorganisme tertentu. Hal tersebut sejalan dengan pernyataan Sumirat (1994), bahwa air minum ideal harus terbebas dari zat-zat yang mengganggu fungsi tubuh, misalnya mikroba patogen.

Di Indonesia, Kadar Maksimum yang Diperbolehkan (KMD) mengenai kualitas air minum termuat dalam Permenkes No. 2 Tahun 2023, yakni 0 koloni/ 100 ml sampel. Disamping itu, menurut SNI 3553 (2015) mengenai air mineral, syarat mutu air mineral memiliki nilai ALT awal maksimal $1,0 \times 10^2$ cfu/ ml, sementara ALT akhir maksimalnya adalah $1,0 \times 10^5$ cfu/ ml, dengan cara analisis berdasarkan SNI 3554. Tujuan evaluasi kualitas mikrobiologis air minum ialah mencegah konsumen dari penyakit akibat patogen yang terkandung pada air minum, sehingga dapat mencegah wabah penyakit. Selama satu abad terakhir, evaluasi ini telah dilakukan melalui analisis indikator pencemaran tinja pada air minum, sehingga diharapkan dapat mendeteksi keberadaan mikroorganisme patogen di dalam air (Figueras, 2010).

2.3 Uji Mikrobiologis Air Minum Isi Ulang

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) No. 09/PRT/M/2015 tentang “*Penggunaan Sumber Air*”, disebutkan bahwa air adalah seluruh cairan yang berada di dalam dan/ atau berasal dari sumber-sumber air, baik di atas maupun di bawah permukaan tanah (Apriani, 2018). Dikarenakan berisiko tercemar, maka air permukaan yang akan dikonsumsi perlu diproses dahulu guna meminimalkan kandungan mikroba dan zat kimianya agar sesuai dengan persyaratan, bahkan dengan mengubah kondisi fisiknya (warna atau kejernihan) sekalipun. Cara sederhana untuk menjernihkan air ialah dengan penyaringan dan pemasakan, serta proses kimia berupa penggumpalan zat yang

tidak diinginkan, penjernihan, penyaringan, dan pemasakan. Selain itu, dapat dengan penyaringan, radiasi, desalinasi, dan sebagainya (Santoso dkk., 2011).

Menurut WHO (2009), terdapat sejumlah 3.400.000 jiwa meninggal setiap tahunnya akibat penyakit yang disebabkan oleh kualitas air buruk. Kemudian, Hardoy & Satterhwaite (1992), menyatakan bahwa layanan air minum yang buruk dan sistem pembuangan limbah kurang memadai akan merusak ekosistem dan menyebabkan penyakit endemik. Hingga kini, masih banyak masyarakat Indonesia yang kekurangan akses air bersih. Disamping itu, Kalachev *et al.* (2019), menyebutkan bahwa mengonsumsi air minum berkualitas buruk dalam jangka panjang merupakan salah satu penyebab berkembangnya penyakit.

Sehubungan dengan itu, Sunarti (2016), menyebutkan bahwa banyak depot (DAMIU) menghasilkan air olahan yang tidak yang memenuhi standar mikrobiologis. Hal tersebut sejalan dengan pernyataan Nugroho (2015), bahwa uji mikrobiologis perlu dilakukan guna mengidentifikasi bakteri pencemar yang bersifat patogen pada manusia. Pemeriksaan mikrobiologis air secara kuantitatif atau kualitatif ditujukan untuk mengukur tingkat pencemaran yang umum ditandai dengan keberadaan *coliform* dan *E. coli* (Sunarti, 2016). Pengujian kualitas air minum secara mikrobiologis sering dilakukan dengan metode ALT (Angka Lempeng Total) dan MPN (*Most Probable Number*). Hal tersebut sesuai dengan Perda Kaltim No. 02 Tahun 2011 tentang “*Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*”, bahwa kualitas sumber air dipantau minimal enam bulan sekali dan disesuaikan dengan nilai ALT yang ditetapkan pemerintah. Pernyataan tersebut diperkuat bahwasanya tidak semua produsen air minum rutin

melakukan pemeriksaan berkala ke laboratorium atau instansi terkait, sehingga tidak memiliki sertifikat *hygiene* sanitasi dan kualitas airnya diragukan.

2.3.1 Parameter Bakteri

Menurut WHO dan Kemenkes RI, bakteri *coliform* dan *Escherichia coli* merupakan standar dan fokus utama pada uji mikrobiologis kualitas air minum. Hal tersebut sejalan dengan pernyataan Nugroho (2015), bahwa kedua bakteri tersebut merupakan penyebab utama infeksi saluran gastrointestinal, umumnya diare. Daftar parameter mikrobiologis wajib persyaratan air minum menurut Permenkes No. 492/MENKES/PER/IV/2010 disajikan pada tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Parameter mikrobiologis persyaratan kualitas air minum

Jenis parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan (KMD)
1. <i>Escherichia coli</i>	Jumlah per 100 ml sampel	
2. Total Bakteri <i>Coliform</i>	Jumlah per 100 ml sampel	0

Sumber: Permenkes RI (2010)

2.3.1.1 *Coliform*

Coliform adalah golongan bakteri indikator pencemaran pada saluran pencernaan. Menurut Nugroho (2015), *coliform* tergolong flora normal yang keberadaannya dalam suatu makanan dan/ atau minuman menunjukkan sanitasi yang tidak baik. Seluruh bakteri Gram negatif berbentuk batang, bersifat aerobik dan anaerobik fakultatif, memfermentasi laktosa dengan terbentuknya asam dan gas dalam waktu 48 jam pada suhu 35-37°C ialah bakteri *coliform* (Pelczar, 1988). Menurut Suriawiria (1996), *coliform* dikelompokkan menjadi berikut:

1. *Coliform Fecal*

Adalah mikroorganisme seperti *E. coli* yang ditemukan pada kotoran manusia dan hewan. Keberadaannya pada air minum menandakan adanya kotoran di dalam air tersebut (terkontaminasi feses). Oleh sebab itu, standar kualitas air minum mensyaratkan total *E. coli* harus 0 koloni/ 100 ml sampel air.

2. *Coliform non-fecal*

Adalah bakteri yang umum ditemukan pada bangkai tetumbuhan dan/ atau hewan. Bakteri *coliform non-fecal* biasa disebut dengan golongan perantara, misalnya *Enterobacter*.

Jumlah total bakteri *coliform* pada suatu sampel sering digunakan sebagai indikator pengukuran *Homeothermic Fecal Contamination* (PDSPDI, 2009). Menurut Sari (2015), *coliform* digunakan sebagai indikator karena mudah ditemukan dengan cara sederhana. Selain itu, mendeteksi *coliform* dinilai lebih terjangkau, cepat, dan sederhana apabila dibandingkan dengan bakteri patogenik lain. Disamping itu, menurut Suriawiria (1996), bakteri *coliform* diduga berasal dari tinja, sehingga keberadaannya di berbagai tempat sangat dihindari.

Menurut Suyono (2014), pencemaran *coliform* pada makanan ataupun minuman dapat melalui berbagai tahap, terutama dalam tahap pengolahan yang apabila dikonsumsi dapat menyebabkan infeksi saluran pencernaan. Bakteri *coliform* berfungsi sebagai indikator keberadaan bakteri patogenik lainnya. Dalam kata lain, deteksi *coliform fecal* dijadikan sebagai indikator ialah karena terdapat korelasi positif antara jumlah koloninya dengan keberadaan bakteri patogen lain. Semakin sedikit *coliform* yang terkandung pada sampel, berarti kualitas air tersebut

semakin baik (Nisak dkk., 2012). Hal tersebut sejalan dengan pernyataan Sunarti (2016), bahwa suatu substrat yang mengandung bakteri *coliform*, secara langsung maupun tidak langsung disebut tercemar materi *fecal* (tinja).

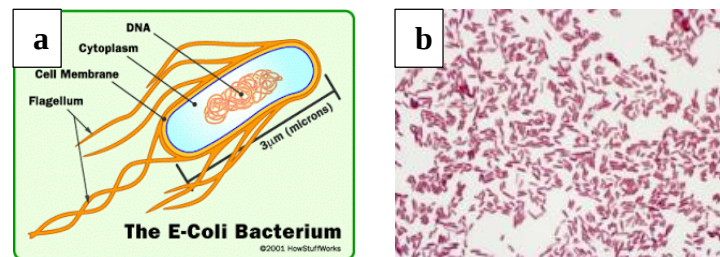
2.3.1.2 *Escherichia coli*

Escherichia coli termasuk flora normal pada saluran pencernaan (usus) yang merupakan contoh dari *coliform fecal*. Di dalam usus, *E. coli* bersimbiosis mutualisme dengan manusia dan akan dikeluarkan bersamaan dengan feses, sehingga jumlahnya tidak akan berlebih pada tubuh. *Escherichia coli* pada usus manusia tidak akan menimbulkan gangguan kesehatan, akan tetapi pada kondisi tertentu dapat menjadi patogen, misalnya pada kasus *immunodeficiency* atau maraknya jumlah *E. coli* pada saluran pencernaan. Hal tersebut disebabkan karena jumlah berlebih suatu bakteri dapat menjadi salah satu syarat suatu mikroorganisme menginfeksi manusia, meskipun merupakan flora normal (Nugroho, 2015).

Bakteri *Escherichia coli* memiliki kedudukan yang sama dengan *coliform*, yakni merupakan indikator utama penilaian keamanan mikrobiologis air minum. Keberadaannya di dalam makanan atau minuman, mengindikasikan bahwa makanan dan/ atau minuman tersebut terkontaminasi tinja manusia dan/ atau hewan yang merupakan patogen enterik berbahaya. Ketidakhadiran *E. coli* merupakan indikator tidak adanya bakteri patogen dari feses (Santoso, 2011). Jumlah *E. coli* berlebih pada manusia dapat berdampak negatif, yang mana akan mengakibatkan diare dan jika menjalar ke sistem organ tubuh lain, dapat menginfeksi dan mengakibatkan Infeksi Saluran Kencing (ISK). Namun, keberadaan *E. coli* dalam makanan dan/ atau minuman tidak hanya mengindikasikan kontaminasi dari

kotoran manusia ataupun hewan, tetapi juga karena kurang terjaganya kondisi sanitasi dan penanganan oleh penjamah atau pengelolanya (BPOM, 2008).

Menurut Sari (2015), *E. coli* adalah bakteri batang pendek bersifat gram negatif, tidak berkapsul, aerobik dan anaerobik fakultatif, serta motil. Sementara itu, *E. coli* membentuk koloni bulat, halus, dan cembung dengan tepi yang jelas (Jawetz & Adelberg, 2007). Bakteri *E. coli* diketahui memiliki panjang 2,0 - 6,0 μm dengan lebar 1,1 - 1,5 μm yang tersusun tunggal dan memiliki flagela peritrik. *E. coli* tumbuh pada suhu 37°C dengan interval suhunya adalah 7–45°C. Nilai pH maksimum *E. coli* adalah 8,5.



Gambar 2.4 Morfologi *E. coli*. (a) morfologi; dan (b) pewarnaan gram *E. coli* (Aryal, 2022)

Disamping itu, *E. coli* dapat tumbuh pada hampir seluruh media umum di laboratorium mikrobiologi, yakni media isolasi mikroba enterik (Februhartanti & Iswaranti, 2006). Menurut Sari (2015), *E. coli* dikelompokkan menjadi lima berdasarkan sifat virulensinya, yakni:

1. Enteropatogenik *E. coli* (EPEC)

Merupakan *E. coli* penyebab diare pada bayi di negara berkembang. Bakteri ini menempel pada usus halus, sehingga menginfeksi dan menyebabkan diare cair yang umumnya dapat sembuh dengan sendirinya, namun dapat menjadi kronik.

2. Enterotoksigenik *E. coli* (ETEC)

Merupakan penyebab utama diare pelancong pada bayi di negara berkembang. *E. coli* ini menghasilkan toksin tahan panas dan tidak tahan panas yang dapat menyebabkan diare pada dewasa, anak, dan bayi.

3. Enteroinvasif *E. coli* (EIEC)

Merupakan bakteri penyebab penyakit diare yang sangat mirip dengan shigellosis, yaitu demam, diare, kram, dan muntah. Bakteri ini menginvasi sel epitel mukosa usus dan penularan akibat tingkat sanitasi buruk.

4. Enterohemoragik *E. coli* (EHEC)

Merupakan *E. coli* yang umum ditemukan pada makanan yang tercemar feses sapi. Diare yang disebabkan oleh bakteri ini dapat ditemukan pada manusia, kambing, dan sapi, yang mana berhubungan dengan pendarahan usus besar.

5. Enteroagregatif *E. coli* (EAEC)

Merupakan bakteri penyebab diare akut dan kronik (durasi >14 hari) di negara berkembang. Mukosa manusia diinfeksi oleh bakteri ini, yang mana mempengaruhi keluarnya sebagian besar mukus, sehingga menyebabkan diare.

2.3.2 Uji Angka Lempeng Total (ALT)

2.3.2.1 Deskripsi

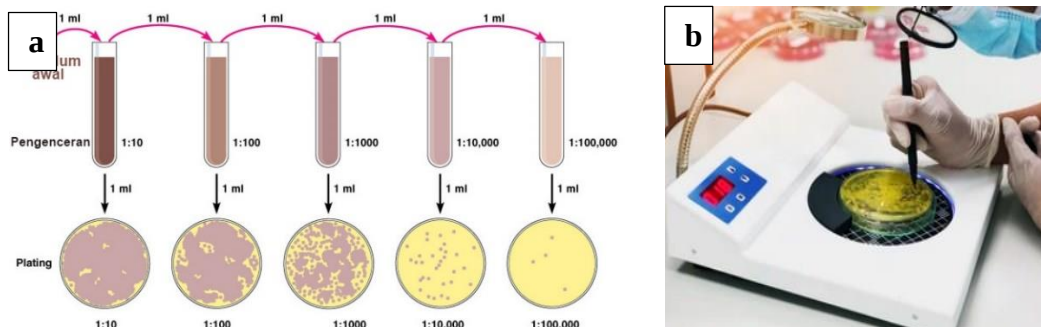
Pengujian mikrobiologis yang pertama dilakukan adalah Angka Lempeng Total (ALT) atau *Total Plate Count* (TPC). Uji ini dilakukan guna mengetahui kelayakan air minum secara kuantitatif dengan menghitung jumlah mikroba di dalam sampel (Gumilang dkk., 2022). ALT adalah angka yang menggambarkan jumlah mikroba aerob mesofil dalam tiap 1 ml atau 1 gr sampel. Mikroba yang

dimaksud berupa bakteri, kapang, dan ragi (Nelly dkk., 2015). Uji ALT dilakukan dengan media padat (agar) dengan hasil akhir berupa koloni (*Colony Forming Unit/ CFU*) per ml/ g atau koloni/ 100 ml (Dirjen POM, 2000). Menurut SNI 3553 (2006), kadar maksimum uji mikrobiologis air minum berdasarkan nilai ALT adalah $1,0 \times 10^2$ cfu/ ml (Ayu, 2017). Namun, standar tersebut direvisi ke SNI 3553 (2015), menjadi $1,0 \times 10^5$ cfu/ ml.

Prinsip utama ALT adalah membiakkan bakteri pada bahan yang mengandung nutrisi (media) dengan teknik pengenceran. Media tersebut berupa cairan seperti kaldu, serta dapat pula berupa padatan seperti agar dan gelatin. Media berfungsi mendorong pertumbuhan bakteri yang memiliki persyaratan nutrisi agar bakteri dapat tumbuh optimal. Media yang digunakan untuk ALT pada penelitian ini adalah *Nutrient Agar* (NA), yakni media umum untuk menumbuhkan bakteri. Pengenceran pada ALT bertujuan untuk mengurangi jumlah mikroorganisme dalam sampel, sehingga perhitungan koloni diperoleh dengan tepat (Fardiaz, 1993). Kemudian, biakan diinkubasi dengan membalikkan cawan petri untuk menghindari jatuhnya butir air hasil pengembunan karena suhu inkubator. Apabila terdapat air yang jatuh pada cawan, maka pembacaan ALT pada sampel akan terganggu.

Pada metode ALT, inokulasi dilakukan dengan teknik tuang (*pour plate*) untuk mengamati pertumbuhan bakteri aerob mesofil yang membutuhkan O₂ dalam pertumbuhannya, yang mana tumbuh di permukaan agar untuk mencari oksigen. Setelah itu, biakan diinkubasi selama 24-48 jam pada suhu 35-37°C (BPOM, 2008). Kelebihan metode tuang adalah koloni mikroorganisme tumbuh di dalam dan permukaan media agar, sehingga perhitungan jumlah koloni bakteri lebih mudah (Tortora *et al.*, 2002). Dengan demikian, pada pengamatan ALT, koloni bakteri

yang dihitung ialah koloni tumbuh di permukaan agar (Kusuma, 2009). Terdapat beberapa syarat dalam perhitungan koloni seperti pada lampiran 1.



Gambar 2.5 Langkah-langkah ALT. (a) pengenceran dan inokulasi; dan (b) perhitungan koloni yang dihitung dengan mesin *colony counter* (Nuria, 2009)

2.3.2.2 Kelebihan dan Kekurangan

Angka Lempeng Total (ALT) adalah uji kuantitatif untuk mengetahui jumlah mikroba pada bahan pangan, farmasi, dan sebagainya. Kelebihan metode ALT adalah dapat mengetahui jumlah mikroba yang mendominasi. Menurut Safitri (2023), ALT sering digunakan karena koloni mikroorganisme yang tumbuh dapat dilihat dengan mata telanjang, tanpa bantuan alat. Namun, untuk mempermudah perhitungan, dapat digunakan alat bantu berupa *colony counter*. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Wicaksono *et al.* (2019), bahwa koloni bakteri pada media kultur dapat mencapai ratusan, sehingga digunakan *colony counter* untuk mempermudah perhitungan jumlah koloni.

Selain itu, penggunaan metode ALT dinilai merupakan cara paling sensitif untuk menghitung jumlah mikroba, karena hanya sel hidup yang dihitung, beberapa jenis mikroba dapat dihitung secara langsung, serta dapat digunakan untuk mengisolasi dan mengidentifikasi mikroba karena koloni yang terbentuk kemungkinan berasal dari mikroba berperawakan spesifik (Waluyo, 2016).

Disamping itu, menurut Sundari dkk. (2019), terdapat beberapa kekurangan dari metode ALT, yakni:

1. Kemungkinan terdapat koloni yang berasal lebih dari satu sel mikroba, seperti pada mikroba yang berpasangan, rantai atau kelompok sel, sehingga akan memperkecil jumlah sel mikroba sebenarnya.
2. Kemungkinan terdapat beberapa jenis mikroba tidak dapat tumbuh akibat penggunaan jenis media agar tertentu, suhu, pH, atau kandungan oksigen selama masa inkubasi.
3. Kemungkinan terdapat suatu jenis mikroba yang menyebar di seluruh permukaan media agar, sehingga menghalangi mikroba lain dan mengakibatkan mikroba lain tidak dapat dihitung.
4. Perhitungan koloni dilakukan pada media agar dengan jumlah yang dapat dihitung ialah antara 30–300 koloni. Jumlah koloni yang kurang dari 30 akan menghasilkan perhitungan yang kurang teliti secara statistik. Sementara itu, koloni yang melebihi 300 akan menghasilkan persaingan antar koloni.

2.3.3 Uji *Most Probable Number* (MPN)

2.3.3.1 Deskripsi

Uji mikrobiologis kedua dilakukan menggunakan metode standar untuk pengujian kualitas air, yakni *Most Probable Number* (MPN) terhadap cemaran bakteri *coliform* dan *Escherichia coli*. Metode ini spesifik untuk pengujian bakteri *coliform*, yang mana terdiri atas tiga tahapan, yakni uji pendugaan (*presumptive test*), uji penegasan (*confirmative test*), serta uji kesempurnaan (*complete test*). Uji pendugaan ditujukan untuk mendeteksi *coliform* menggunakan media *Lactose Broth* (LB) (Nugroho, 2015). Dalam kata lain, uji pendugaan ditujukan untuk

mendeteksi kehadiran *coliform* pada sampel. Sementara itu, uji penegasan merupakan tahap lanjutan untuk memvalidasi kehadiran *coliform fecal* pada sampel yang ditandai dengan terbentuknya gelembung pada media *Brilliant Green Lactose Bille Broth* (BGLBB) (Sunarti, 2016). Kemudian, uji kesempurnaan merupakan uji lanjutan untuk mengonfirmasi *E. coli* dengan media *Eosin Methylene Blue Agar* (EMBA) (Nugroho, 2015) yang ditandai dengan kilat hijau metalik dan akan dilanjutkan ke pewarnaan Gram untuk pengamatan mikroskopis sel.

Prinsip utama MPN ialah mengencerkan sampel hingga konsentrasi bakteri yang diinginkan. Frekuensi tabung reaksi positif menurun seiring dengan bertambahnya jumlah sampel yang ditambahkan, dan sebaliknya. Apabila semakin banyak sampel yang ditambahkan dan semakin sedikit pengenceran, kemungkinan terjadinya reaksi positif semakin tinggi. Setiap tabung positif yang diperoleh sangat bergantung pada kemungkinan sel yang ditangkap oleh pipet ketika diletakkan di dalam media kultur. Sampel akan menghasilkan larutan steril (bebas mikroorganisme) jika diencerkan terus menerus. Setiap pengenceran pada metode MPN umumnya menggunakan rangkaian 3 atau 5 tabung, yang mana semakin banyak tabung yang digunakan, maka semakin tinggi pula akurasinya (Jiwintarum dkk., 2017). Menurut Soemarno (2002), terdapat tiga ragam metode MPN, yaitu:

1. Ragam I (5 x 10 ml, 1 x 1 ml, 1 x 0,1 ml)

Dipergunakan untuk sampel yang telah diolah, sehingga angka mikrobanya diperkirakan rendah.

2. Ragam II (5 x 10 ml, 5 x 1ml, 5 x 0,1 ml)

Dipergunakan untuk sampel yang belum diolah, sehingga angka mikrobanya diperkirakan tinggi.

3. Ragam III (5 x 10 ml, 1 x 1 ml x 0,1 ml)

Dipergunakan sebagai alternatif dari ragam II, yakni apabila tabung dan media dalam jumlah terbatas.

2.3.3.2 Kelebihan dan Kekurangan

Kelebihan dari uji *Most Probable Number* (MPN) ialah langkah-langkahnya yang sederhana dan tidak memerlukan banyak biaya (Nugroho, 2015). Selain itu, metode MPN cocok digunakan karena lebih sensitif dan dapat mendeteksi keberadaan *coliform* dalam jumlah sangat kecil (Supardi dkk., 1999). Kemudian, dengan menambahkan jumlah tabung pada setiap pengenceran, tingkat akurasi MPN dapat meningkat, ukuran sampel (volume) jauh lebih besar dibandingkan dengan ALT, dan merupakan metode pemulihan terbaik karena menggunakan media cair, meskipun tetap bergantung pada partikel di dalam sampel yang menyebabkan gangguan (Khotimah, 2016). Sementara itu, menurut Suriawiria (1996), berikut merupakan kekurangan metode MPN, yaitu:

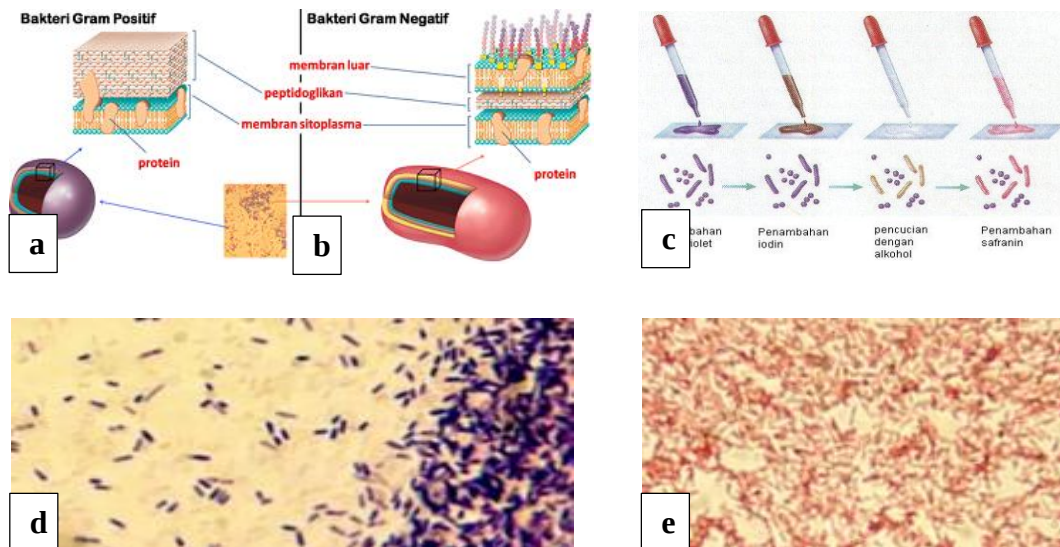
1. Membutuhkan waktu beberapa hari untuk mendapatkan kultur yang baik.
2. Membutuhkan banyak media dan perlengkapan dalam pengujiannya.
3. Tidak dapat dilakukan di tempat pengambilan sampel dan memerlukan sistem pengangkutan agar minim terjadi perubahan pada bakteri *E. coli* dalam sampel.
4. Perhitungan bakteri *E. coli* didapatkan dalam jumlah prakiraan kasar.

2.3.4 Pewarnaan Gram (*Gram Staining*)

Uji ketiga pada metode MPN yang bernilai positif dilanjutkan dengan pewarnaan Gram. Pewarnaan Gram merupakan metode penting pada uji mikrobiologis untuk memperjelas ukuran dan bentuk bakteri, mengamati struktur

internal dan eksternal bakteri, serta meningkatkan kontras antara satu mikroorganisme dengan yang lainnya, sehingga mempermudah saat pengamatan menggunakan mikroskop (Virgianti & Luciana, 2017). Menurut Yuniarty & Misbach (2016), dari morfologi sel suatu bakteri seperti sifat Gram, bentuk, dan struktur sel dapat diamati dengan pewarnaan Gram. Variasi Gram pada uji pewarnaan bergantung pada pewarnaan, umur mikroorganisme, pengaruh pengobatan antimikroba, dan sebagainya. Sementara itu, reaksi pewarnaan bergantung pada komposisi dinding sel tiap bakteri.

Hasil pewarnaan Gram dapat menggambarkan perbedaan dasar dan kompleks dinding sel bakteri, oleh karenanya bakteri dikategorikan menjadi dua kelompok berdasarkan perbedaan kandungan dan dinding selnya, yakni bakteri Gram positif dan Gram negatif. Bakteri Gram positif memiliki membran tunggal yang dilapisi peptidoglikan berukuran tebal dan memiliki senyawa asam teikoat (Helmiyati & Nurrahman, 2010). Sementara itu, Gram negatif terdiri atas lapisan peptidoglikan yang sangat sedikit, tetapi di bagian luarnya terdapat membran yang tersusun atas lipoprotein dan fosfolipid, serta lipopolisakarida (Shaloma dkk., 2023). Berdasarkan perbedaan tersebut, daya tahan keduanya pun berbeda. Bakteri Gram positif lebih sensitif terhadap antibiotik penisilin, karena antibiotik tersebut mampu merusak peptidoglikan. Disamping itu, karena peptidoglikan yang dimiliki lebih banyak, bakteri Gram positif lebih sensitif terhadap kerusakan mekanis (Rini & Rochmah, 2020).



Gambar 2.6 Perbedaan Gram Positif dan Gram Negatif. (a) dinding sel Gram positif; b) dinding sel Gram negatif; (c) langkah-langkah; (d) hasil pewarnaan Gram positif; dan (e) hasil pewarnaan Gram negatif (Hart & Shears, 2004) (Wulandari, 2019)

Pada pewarnaan Gram, preparat ditetesi ke isolat positif secara berturut-turut dengan *crystal violet*, *iodine*, *alcohol*, dan *safranine*. Larutan *crystal violet* berfungsi sebagai pewarnaan histologi untuk mendeteksi jenis Gram bakteri. Sementara, *iodine* berfungsi sebagai antiseptik dan desinfektan. Kemudian, *alcohol* berfungsi menghilangkan lemak dan *safranine* sebagai zat pewarna tandingan untuk peluruhan *crystal violet* pada dinding sel. Gram positif dapat mempertahankan warna ungu dari *crystal violet*, misalnya *Clostridium perfringens* dan *Staphylococcus aureus*. Sementara itu, warna ungu pada Gram negatif akan hilang jika dibilas *alcohol*, sehingga berwarna merah-pink akibat menahan warna merah *safranine*, misalnya *E. coli* dan *Pseudomonas aeruginosa* (James dkk., 2008).

2.4 Hygiene Sanitasi

2.4.1 Deskripsi

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan manusia, terutama air minum. Pada tahun 2016, terdapat 1,9 juta kasus kematian

akibat diare dengan persentase kematian pada anak di bawah umur 5 tahun sebesar 13%, yang mana sebagian besarnya berada di negara berkembang, termasuk Indonesia. Kejadian tersebut disebabkan karena akses air bersih yang belum merata (WHO, 2019). Sementara itu, menurut *United Nation Children's Fund* (UNICEF) pada tahun 2014, hampir 25 juta orang di Indonesia tidak menggunakan jamban yang sehat dan buang air besar sembarangan, sehingga menyebabkan air yang dikonsumsi terkontaminasi dan berdampak buruk bagi kesehatan. Hampir 1.000 anak meninggal akibat kualitas air dan tingkat sanitasi yang buruk (PBB, 2015).

Menurut penelitian Mirza (2014), terdapat beberapa faktor yang menyebabkan air olahan DAMIU dapat terkontaminasi, yakni sumber air baku yang kurang higienis, wadah distribusi yang tidak mengikuti persyaratan *hygiene* dan sanitasi yang ditetapkan pemerintah, dan prosedur pengolahan air dengan teknologi rendah. *Hygiene* dan sanitasi lingkungan depot berpengaruh terhadap cemaran bakteri *coliform* dan *E. coli* pada air olahan DAMIU yang dihasilkan, sehingga merupakan salah satu upaya untuk mengurangi dan/ atau menghilangkan faktor penyebab pencemaran terhadap sampel air minum. Tujuan *hygiene* sanitasi air minum adalah untuk melindungi konsumen dari akibat buruk konsumsi air tersebut, sehingga terlepas dari kemungkinan risiko penyakit bawaan air (Mirza, 2014).

2.4.2 Standar *Hygiene* Sanitasi Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU)

Berdasarkan Permenkes No. 43 Tahun 2014 tentang “*Hygiene Sanitasi Depot Air Minum*”, persyaratan *hygiene* sanitasi pengelolaan air minum mengatur beberapa *point* seperti lokasi depot, peralatan yang digunakan, penjamah yang melayani, dan sumber baku air yang digunakan (lampiran 2). Beberapa di antara *point* tersebut ialah sebagai berikut:

1. Depot berlokasi di daerah yang terbebas dari pencemaran dan penyakit.
2. Bangunan depot kokoh, aman, dan higienis.
3. Lantai dan dinding depot terbuat dari bahan anti air, permukaannya rata, tidak licin, dan mudah perawatannya.
4. Atap dan langit-langit depot kuat, anti tikus, serta ketinggiannya lebih tinggi dari pada tandon air baku.
5. Pintu depot kuat, tahan lama, dan berfungsi dengan baik.
6. Pencahayaan depot cukup untuk bekerja dan tersebar secara merata, serta memiliki ventilasi yang baik.
7. Depot memiliki fasilitas sanitasi dasar seperti jamban, saluran pembuangan air limbah, tempat sampah tertutup, serta tempat cuci tangan.
8. Depot terbebas dari vektor dan/ atau binatang yang menyebabkan penyakit.
9. Depot memiliki peralatan dan perlengkapan pengolahan yang lengkap dan berfungsi dengan baik.
10. Penjamah depot sehat dan bebas dari penyakit menular, serta menerapkan Perilaku Hidup Bersih dan Sehat (PHBS) saat melayani konsumen.

2.4.3 Hubungan *Hygiene* Sanitasi terhadap Kualitas Air Minum Isi Ulang

Menurut Nuria dkk. (2009), alat sterilisasi pada depot yang kurang lengkap, daya bunuh bakteri rendah, jenis peralatan dan cara pemeliharaan alat, serta pengolahan air yang kurang baik mengakibatkan kualitas air DAMIU menurun. Selain itu, ketiadaan penjamah yang memiliki sertifikat pelatihan operator DAMIU serta penjamah yang tidak menjaga *hygiene* perseorangan juga menjadi penyebab buruknya kualitas air olahan depot (Sri, 2008). Disamping itu, Asfawi

(2004), menyebutkan bahwa sumber pencemaran air terjadi karena beberapa faktor, salah satunya ialah perilaku pekerja depot yang tidak higienis (tangan kotor).

Kebersihan tangan penjamah DAMIU adalah hal kritis, karena kebiasaan mencuci tangan berguna dalam pencegahan risiko kontaminasi bakteri. Pada prinsipnya, cuci tangan dilakukan sebelum dan setelah menyentuh barang-barang yang berpotensi sebagai sumber kontaminasi. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Depkes RI (2006), bahwa operator harus menerapkan Perilaku Hidup Bersih dan Sehat (PHBS) seperti tidak merokok saat bekerja, berhati-hati saat meludah atau bersin, serta membiasakan mencuci tangan saat melayani konsumen, guna menjaga kualitas air.

Berdasarkan penelitian Rahayu dkk. (2018), mengenai hubungan kualitas mikrobiologis dan *hygiene* sanitasi pada DAMIU di Denpasar Barat, diperoleh 2 sampel yang tidak mengikuti syarat Permenkes Nomor 43 Tahun 2014 tentang “*Hygiene Sanitasi Depot Air Minum*”. Adapun faktor penyebabnya ialah terjadi kontaminasi pada peralatan yang digunakan. Sementara itu, faktor lain dapat berupa ketidakefektifan saat proses penjernihan air, distribusi pipa penyalur air kurang memadai, filter yang tidak diganti dalam kurun waktu lima bulan, serta tidak memperhatikan suhu penyimpanan sumber baku air yang dapat meningkatkan pertumbuhan bakteri.

Sehubungan dengan itu, menurut penelitian Natalia dkk. (2014), lokasi depot air minum yang kebersihannya kurang diperhatikan (banyak terdapat debu), debu tersebut dapat langsung mencemari air. Kemudian, apabila debu tersebut mengandung mikroba, maka dapat menyebabkan kontaminasi, sehingga mempengaruhi kualitas air. Oleh karena itu, penjamah DAMIU harus memelihara

sarana produksi dan program sanitasi untuk menghindari kontaminasi air minum oleh bakteri, misalnya *E. coli*. Proses pewadahan air yang dilakukan secara terbuka menggunakan botol galon plastik, pengetahuan pemilik depot tentang *hygiene* dan sanitasi depot, serta tidak mengenakan pakaian kerja dan penutup kepala dapat menurunkan kualitas air yang dihasilkan (Sumampouw *et al.*, 2017).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini memanfaatkan rancangan eksploratif dengan pendekatan kuantitatif yang meliputi uji Angka Lempeng Total (ALT) dan *Most Probable Number* (MPN) ragam I (5-1-1). Disamping itu, dilakukan juga pendekatan deskriptif kualitatif yang merupakan uji lanjutan dari hasil positif tahap ketiga MPN, yakni Pewarnaan Gram (*Gram Staining*), serta hubungan kualitas air secara mikrobiologis dari ketiga Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) dengan observasi *hygiene* sanitasi di tiap depot.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada 29 Januari – 8 Maret 2024 di Laboratorium Mikrobiologi, Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Adapun alat yang dibutuhkan antara lain tabung Durham, tabung reaksi, pipet tetes, mikropipet, *eppendorf tip*, gelas ukur, inkubator, pembakar bunsen, autoklaf, *Laminar Air Flow* (LAF), rak tabung reaksi, pipet *filler*, jarum Ose, botol kaca gelap steril, neraca analitik, *hotplate*, labu Erlenmeyer, corong, *colony counter*, *vortex*, mesin destruksi, plastik *transparent* 3 kg, cawan petri, *beaker glass*, korek api, lemari pendingin (*refrigerator*), karet, botol *spray* alkohol,

mikroskop cahaya, *microscop slides*, *object glass*, spidol dan/ atau pulpen, serta *sticker lable*.

3.3.2 Bahan

Adapun bahan yang dibutuhkan antara lain tiga sampel air minum isi ulang, *Nutrient Agar* (NA) MERCK, *Lactose Broth* (LB) MERCK, *Brilliant Green Lactose Bille Broth* (BGLBB) MERCK, *Eosin Methylene Blue Agar* (EMBA) MERCK, kapas putih, kassa steril, larutan *aquadest*, NaCl, cairan spiritus, *crystal violet*, *iodine*, *safranine*, tisu, *alumunium foil*, dan *alcohol 70%*.

3.4 Prosedur Penelitian

Adapun tahapan-tahapan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.4.1 Pengambilan Sampel

Sampel didapat dari tiga DAMIU sekitar kampus satu UIN Malang, yakni Depot A (Kelurahan Ketawanggede), Depot B (Kelurahan Dinoyo), dan Depot C (Kelurahan Merjosari), Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang. Pengambilan sampel air dilakukan dengan mengalirkan selang berisi air hasil olahan DAMIU yang telah melalui berbagai proses filtrasi ke botol kaca gelap yang sebelumnya telah disterilkan dengan disemprot alkohol 70% dan dikeringkan. Penggunaan botol kaca gelap ditujukan untuk menahan bakteri agar tidak melakukan fotosintesis, sehingga jumlah bakteri yang kemungkinan terkandung pada sampel tetap sama (tidak berkembang biak). Dalam artian lain, penggunaan botol gelap ditujukan untuk melindungi sampel air dari sinar matahari langsung, terutama *ultra-violet* (UV) yang dapat merusak komponen kimia atau mikroorganisme pada sampel. Setelah itu, sampel dibawa ke Laboratorium Mikrobiologi, Program Studi Biologi,

Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Malang untuk diteliti. Botol sampel kemudian diberi kode A, B, dan C, lalu disimpan di tempat steril di laboratorium dan tidak dibiarkan >24 jam setelah pengambilan sampel (Nugroho, 2015).

3.4.2 Sterilisasi Alat dan Bahan

Seluruh peralatan yang akan digunakan dicuci bersih menggunakan air mengalir, lalu dikeringkan dengan cara diletakkan terbalik di rak atau wadah pengering yang dialasi dengan lap bersih atas tisu. Kemudian, alat berbahan kaca dengan mulut terbuka seperti tabung reaksi, gelas ukur, *beaker glass*, dan labu Erlenmeyer ditutup mulutnya dengan kassa steril, sedangkan tiap cawan petri dibungkus dengan kertas dan dimasukkan ke plastik *transparent* 3 kg, lalu plastik diikat dengan atau tanpa karet dan disterilkan pada autoklaf suhu 121°C selama 30 menit. Setelah itu, jarum Ose disterilkan dengan cara dipijarkan pada pembakar bunsen hingga ujungnya menjadi kemerahan (Sunarti, 2016).

3.4.3 Pembuatan Media

Adapun sebelum memulai uji mikrobiologis, dilakukan pembuatan media seperti sebagai berikut:

a. *Nutrient Agar* (NA)

Bahan ini diperlukan untuk uji Angka Lempeng Total (ALT). Diawali dengan menimbang bubuk NA sebanyak 20 gram di atas *aluminium foil* dengan neraca analitik dan dilarutkan ke dalam 1 liter *aquadest* pada labu Erlenmeyer. Ditutup mulut labu Erlenmeyer dengan gumpalan kapas putih yang dibalut dengan kassa steril, lalu di *wrap* permukaan mulut Erlenmeyer tersebut menggunakan *plastic wrap*. Setelah itu, dihomogenkan dengan *magnetic stirrer* dan dipanaskan

dengan *hotplate* hingga warnanya menjadi kemudaan, lalu dibungkus labu Erlenmeyer dengan plastik, diikat, dan disterilisasi di autoklaf.

Disamping itu, diisi sebanyak 10 ml larutan NaCl dan dimasukkan ke 24 tabung reaksi untuk persiapan uji ALT. Keseluruhan tabung reaksi berisi media NaCl tersebut ditutup mulutnya dengan kassa putih, kapas steril, dan *plastic wrap*, lalu dimasukkan ke plastik *transparent* 3 kg, dan dilakukan sterilisasi dengan suhu 121°C selama 15 menit dan didinginkan pada suhu kamar (Sunarti, 2016). Tabung reaksi diberi *sticker lable* bertuliskan $U1\ 10^{-1}$, $U2\ 10^{-2}$, $U3\ 10^{-3}$, dan $U3\ 10^{-4}$ sampel A, dan lakukan hal yang sama pada sampel B dan C. Setelah selesai di autoklaf, media ditunggu hingga hangat kuku, lalu disimpan di kulkas media di dalam ruang *Laminar Air Flow* (LAF).

b. *Lactose Broth* (LB)

Media LB digunakan untuk uji *Most Probable Number* (MPN) tahap pertama (pendugaan). Langkah pertama diawali dengan menimbang bubuk LB sebanyak 6,5 gram di atas *aluminium foil* dengan neraca analitik dan dilarutkan ke dalam 500 ml *aquadest* pada labu Erlenmeyer. Kemudian, dihomogenkan dan dipanaskan hingga mendidih dengan *hotplate* dan *magnetic stirrer*. Setelah itu, media LB yang telah homogen, diisi ke dalam 27 tabung reaksi (masing-masing sebanyak 10 ml) berisi tabung Durham posisi terbalik.

Setiap sampel membutuhkan 9 tabung reaksi, misalnya sampel A yang berisi tabung A1, A2, A3 untuk konsentrasi sampel 10 ml, B1, B2, dan B3 untuk konsentrasi sampel 1 ml, serta C1, C2, dan C3 untuk konsentrasi sampel 0,1 ml, begitu pula untuk sampel B dan C. Setiap sampel dilakukan 3 konsentrasi berbeda untuk mengetahui kemungkinan perhitungan bakteri yang hanya terdapat dalam air

dengan tingkat sensitivitas tinggi. Keseluruhan tabung reaksi tersebut kemudian ditutup mulutnya dengan kapas putih dan kassa steril, lalu dibalut dengan *plastic wrap* agar tertutup rapat dan dimasukkan ke plastik *transparent* 3 kg, lalu dilakukan sterilisasi dengan suhu 121°C selama 15 menit (Sunarti, 2016). Sementara itu, sisa media disimpan di kulkas media di dalam ruang *Laminar Air Flow* (LAF).

c. *Brilliant Green Lactose Bille Broth* (BGLBB)

Media BGLBB dibutuhkan untuk uji *Most Probable Number* (MPN), yakni tahap kedua (penegasan). Langkah pertama diawali dengan menimbang bubuk BGLBB sebanyak 20 gram dengan *alumunium foil* dan dilarutkan ke dalam 500 ml *aquadest* pada labu Erlenmeyer. Setelah itu, dihomogenkan dan dipanaskan hingga mendidih dengan *hotplate* dan *magnetic stirrer*. Larutan BGLBB yang telah homogen kemudian dimasukkan ke tabung reaksi dengan jumlah 2x lipat dari tabung positif pada uji pertama, yang mana berisi tabung Durham posisi terbalik (masing-masing sebanyak 10 ml). Keseluruhan tabung reaksi berisi media BGLBB ditutup mulut tabungnya dengan kapas putih dan kassa steril, lalu dibalut dengan *plastic wrap* agar tertutup rapat dan dimasukkan ke plastik *transparent* 3 kg, lalu dilakukan sterilisasi pada suhu 121°C selama 15 menit (Sunarti, 2016). Sementara itu, sisa media disimpan di kulkas media yang berada di dalam ruang *LAF*.

d. *Eosin Methylene Blue Agar* (EMBA)

Sama seperti LB dan BGLBB, media EMBA juga digunakan untuk kepentingan uji *Most Probable Number* (MPN), yakni uji ketiga (kesempurnaan). Langkah pertama diawali dengan menimbang bubuk EMBA sebanyak 18 gram dengan *alumunium foil* dan dilarutkan pada 500 ml *aquadest* di labu Erlenmeyer.

Kemudian, dihomogenkan hingga mendidih dengan *hotplate* dan *magnetic stirrer*. Setelah itu, media EMBA yang telah homogen dilanjutkan dengan sterilisasi pada suhu 121°C selama 15 menit (Sunarti, 2016). Disamping itu, disterilisasi pula cawan petri sesuai dengan jumlah tabung positif pada uji MPN tahap kedua dan dimasukkan ke dalam plastik *transparent* 3 kg, lalu diikat.

3.4.4 Uji Angka Lempeng Total (ALT)

Penentuan perkiraan cemaran bakteri aerob yang terkandung pada sampel air diuji secara mikrobiologis dengan metode Angka Lempeng Total (ALT). Media yang digunakan merupakan media umum untuk menumbuhkan bakteri, yakni *Nutrient Agar* (NA). Uji ALT dilakukan pada mesin *Laminar Air Flow* (LAF) menggunakan *hand gloves*. Tahap pertama diawali dengan menyiapkan dan mensterilkan mesin LAF dan segala bahan dan/ atau alat yang akan masuk ke dalam mesin dengan cara disemprot alkohol 70%, kemudian area kerja (LAF) di lap secara aseptis (satu arah) menggunakan tisu ke arah luar. Lalu, dinyalakan tombol *on* dan sinar *ultra-violet* (UV) pada LAF. Kemudian, dimasukkan bahan-bahan dan alat tersebut dan dinyalakan pembakar bunsen dengan korek api. Ditata bahan dan/ atau alat yang akan digunakan dahulu di bagian depan, dan sebaliknya.

Setelah itu, disiapkan cawan petri dengan cara dibuka kertas bungkusnya dan dibuang disebelah kiri area kerja dan jika sudah menumpuk, disingkirkan ke lantai dengan cara didorong dengan lengan. Langkah pertama ALT diawali dengan membuka tutup botol sampel A dan memasang *eppendorf tip* pada sumbu mikropipet, kemudian diambil 1000 µL atau 1 ml air sampel A dan dimasukkan di rak tabung reaksi A berkode 10⁻¹, termasuk U1 dan U2. Setelah itu, tabung reaksi dipilin dengan kedua telapak tangan atau divortex selama beberapa detik. Lalu,

diambil sebanyak 1 ml dari tabung pengenceran 10^{-1} dengan mikropipet ke dalam tabung reaksi 10^{-2} , kemudian dipilin atau divortex (pada U1 dan U2). Diambil 1 ml sampel dari tabung reaksi pengenceran 10^{-2} ke dalam tabung 10^{-3} , dipilin atau divortex, dan diambil kembali 1 ml pada 10^{-3} untuk dimasukkan ke tabung reaksi 10^{-4} , lakukan yang sama hingga sampel C 10^{-4} , dengan total 24 tabung reaksi. Saat pergantian sampel, *eppendorf tip* diganti baru untuk menghindari kontaminasi. Pengenceran tersebut disebut *serial dilution* atau pengenceran bertingkat.

Kemudian, 18 buah cawan petri yang telah dibuka bungkus kertasnya, diisi dengan hasil pengenceran bertingkat di atas dengan cara menginokulasikan sebanyak 1 ml dari tabung dan dimasukkan ke cawan petri ber-label sama. Setelah itu, dilakukan penuangan media *Nutrient Agar* (NA) yang telah homogen dan steril secukupnya dengan teknik *pour plate* (tuang). Kemudian, cawan petri digoyang dan diputar seperti angka delapan agar suspensi tercampur merata (Sundari dkk., 2019). Setelah itu, media dibiarkan madat merata dan tidak bergelombang dengan cara tidak digoyang. Untuk memudahkan, ditumpuk cawan petri sesuai urutan label dan dilakukan hal yang sama hingga sampel C U2 pengenceran 10^{-4} .

Sampel yang telah diencerkan dilanjutkan dengan diinkubasi pada suhu 37°C selama 1×24 jam atau 2×24 jam dengan posisi cawan petri terbalik untuk menumbuhkan bakteri. Setelah itu, sampel diambil, diamati koloni bakteri yang tumbuh dengan *colony counter* berdasarkan syarat-syarat perhitungan koloni, lalu dihitung menggunakan rumus Angka Lempeng Total (ALT). Kemudian, disesuaikan dengan standar kualitas air minum berdasarkan SNI 3553 (2015).

3.4.4.1 Perhitungan Total Cemaran Bakteri pada Uji ALT

Pengamatan cemaran bakteri dihitung dengan *colony counter*. Hasil pengamatan dihitung berdasarkan beberapa syarat (lampiran 1), salah satunya ialah apabila terdapat koloni yang tumbuh setelah inkubasi, baik koloni tunggal maupun koloni yang bergabung, maka dianggap sebagai satu koloni bakteri. Hal tersebut disebabkan karena beberapa koloni yang menjadi satu ialah kumpulan koloni besar yang diragukan, sehingga jumlahnya dihitung sebagai satu koloni (Koswara, 2020). Adapun rumus ALT adalah sebagai berikut (Surahmaida & Nurhatika, 2018):

$$\text{ALT bakteri} = \text{Jumlah koloni} \times \frac{1}{\text{Faktor pengenceran}}$$

Persyaratan perhitungan jumlah bakteri berkisar antara 30-300 koloni. Apabila koloni yang ditemukan berjumlah <30, maka dianggap terlalu sedikit (tidak memenuhi syarat), sedangkan apabila jumlah koloni >300, dianggap terlalu banyak (tidak memenuhi syarat). Kemudian, apabila di tiap pengulangan pada salah satu pengenceran menunjukkan jumlah koloni antara 30-300, maka dihitung jumlah koloni dari masing-masing pengenceran, dikalikan dengan faktor pengenceran, dan dirata-rata jumlah koloni dari beberapa pengenceran tersebut (lampiran 1). Disamping itu, jika jumlah koloni rata-rata pada tingkat pengenceran yang lebih tinggi rata ≥ 2 kali jumlah koloni rata-rata pengenceran di bawahnya, maka tingkat pengenceran yang lebih rendah yang dipilih (Koswara, 2020).

3.4.5 Uji *Most Probable Number* (MPN)

Setelah mengetahui total cemaran bakteri yang mengontaminasi sampel air minum isi ulang dengan metode ALT, uji mikrobiologis dilanjutkan dengan

pengujian cemaran bakteri *coliform* dan *Escherichia coli* menggunakan metode *Most Probable Number* (MPN) yang meliputi tiga tahap berikut:

1. Uji Pendugaan (*Presumptive Test*)

Uji pendugaan dilakukan guna mengukur keberadaan bakteri *coliform* yang ditandai dengan keberadaan gelembung pada Durham dan perubahan warna medium menjadi keruh. Uji ini diawali dengan membuka plastik *transparent* berisi tabung reaksi media LB dan Durham posisi terbalik. Disusun tabung reaksi sesuai urutan label di masing-masing rak tabung reaksi. Kemudian, dilepaskan kapas putih, kassa steril, dan *plastic wrap* pada tiap tabung untuk mempermudah saat pengujian berlangsung, serta disiapkan botol sampel A, B, dan C.

Langkah pertama diawali dengan mengambil 10 ml sampel A dan diisi ke dalam tiap tabung A (A1, A2, dan A3), lalu diisi 1 ml sampel A ke dalam tiap tabung B (B1, B2, dan B3), dan diisi 0,1 ml sampel A ke dalam tiap tabung C (C1, C2, dan C3), ditutup tiap tabung tersebut dengan kapas, kassa, dan *plastic wrap*, dan dilakukan hal yang sama pada sampel B dan C. Oleh karena itu, tiap sampel memiliki 9 tabung reaksi dan total ketiga sampel menjadi 27 tabung reaksi. Keseluruhan tabung kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 1x24 hingga 2x24 jam, sekaligus diamati keberadaan gelembung dan tingkat kekeruhannya.

Apabila selama inkubasi 1x24 jam menunjukkan hasil negatif, inkubasi dilanjutkan hingga 2x24 jam untuk memastikan lebih lanjut. Hasil positif menandakan bahwa sampel air mengandung bakteri *coliform* yang ditunjukkan dengan kekeruhan pada medium dan terbentuk gas atau gelembung $\geq 10\%$ pada Durham. Sementara itu, hasil menunjukkan negatif apabila tidak keruh dan tidak terbentuk gas atau gelembung pada tabung Durham. Hasil kemudian

didokumentasikan, dicatat, dan dibandingkan dengan nilai MPN tabel 3 tabung. Akan tetapi, hasil positif pada uji ini belum secara pasti menandakan keberadaan *coliform* di dalam sampel air, karena *Lactose Broth* dapat juga difermentasi oleh bakteri lain selain *coliform*. Oleh karena itu, hasil positif pada *presumptive test* didalami pada *confirmative test* (Nugroho, 2015).

2. Uji Penegasan (*Confirmative Test*)

Hasil bernilai positif pada uji pendugaan dilanjutkan ke uji penegasan untuk memastikan keberadaan *coliform fecal*. Uji penegasan diawali dengan menyiapkan peralatan dan/ atau bahan-bahan, lalu dikeluarkan tabung reaksi berisi media BGLBB dan tabung Durham dan diletakkan berurut sesuai dengan labelnya di masing-masing rak tabung reaksi. Dilepaskan kapas, kassa, dan *plastic wrap* pada tiap tabung reaksi untuk mempermudah proses pengujian. Selanjutnya, diambil 1-2 ose menggunakan jarum ose pada hasil positif uji pendugaan sampel A dan diinokulasikan ke 2 tabung berisi media BGLBB dan tabung Durham berlabel sama untuk dua suhu inkubasi berbeda (suhu 37°C untuk memastikan keberadaan *coliform* dan 44°C untuk *E. coli*) dalam waktu 24-48 jam. Dilakukan hal yang sama pada sampel B dan C.

Keseluruhan tabung ditutup dengan kapas, kassa, dan *plastic wrap*, lalu diinkubasi di inkubator pada dua suhu berbeda tersebut dan diamati gelembung yang muncul, serta kekeruhan yang terjadi. Sebelum diinkubasi, tabung divortex terlebih dahulu agar media dan sampel air homogen. Pembacaan hasil dilakukan setelah inkubasi 24-48 jam dengan melihat gas atau gelembung pada tabung BGLBB (Sunarti, 2015). Hasil yang diperoleh didokumentasikan, dicatat, dan disesuaikan dengan nilai MPN tabel 3 tabung yang tertera pada lampiran 4.

3. Uji Kesempurnaan (*Complete Test*)

Sampel bernilai positif pada uji penegasan akan dilanjutkan ke uji terakhir pada metode MPN, yakni uji kesempurnaan. Uji ini diawali dengan mempersiapkan peralatan dan/ atau bahan-bahan yang akan digunakan, lalu dituang media *Eosin Methylen Blue Agar* (EMBA) dan dibiarkan memadat dengan tidak digoyang. Kemudian, dilakukan teknik *streak plate* (gores) di atas media EMBA dengan cara mengambil 1 ose dan diinokulasikan ke media EMBA tersebut secara aseptis menggunakan jarum Ose dengan cara menggores hingga terbentuk garis *zig-zag*. Setelah itu, kembali diinkubasi pada dua suhu berbeda, yakni 37°C dan 44°C selama 24-48 jam. Hasil positif yang menunjukkan koloni bakteri *E. coli* tumbuh dengan kilat logam berwarna hijau (Rubiani, 2022). Setelah itu, dilanjutkan dengan menentukan nilai total MPN dan dihitung menggunakan rumus (Sunarti, 2016). Uji mikrobiologis kemudian dilanjutkan dengan pewarnaan Gram.

3.4.5.1 Perhitungan Total Cemaran *Coliform* dan *E. coli* pada Uji MPN

Perhitungan MPN dilakukan dengan menyesuaikan hasil analisis dengan nilai MPN tabel, yakni tabel yang menunjukkan Jumlah Perkiraan Terdekat (*The Most Probable Number*) bergantung pada kombinasi tabung positif (mengandung *E. coli*) dan negatif (tidak mengandung *E. coli*) (Depkes RI, 2002). Angka MPN yang dihasilkan memiliki derajat kepercayaan (*Level of Significancy*) sekitar 95%. Oleh karena itu, apabila hasil tabung positif terdapat pada kombinasi tabung positif di tabel MPN, maka jumlah bakteri *coliform* dan *E. coli* dihitung menggunakan nilai MPN tabel. Sementara itu, nilai MPN sampel dihitung sebagai berikut:

$$\text{MPN sampel} = \text{Nilai MPN tabel} \times \frac{1}{\text{Pengenceran tabung tengah}}$$

Akan tetapi, apabila hasil positif tidak terdapat pada kombinasi tabung positif di tabel MPN, jumlah bakteri *coliform* dan *E. coli* dihitung sebagai berikut:

$$\text{Jumlah bakteri (JPT/100 ml)} = \frac{A \times 100}{\sqrt{B} \times A}$$

Keterangan: A = Jumlah tabung positif

B = Volume (ml) sampel tabung negatif

C = Volume (ml) sampel seluruh tabung (Depkes RI, 2002).

3.4.6 Pewarnaan Gram

Tabung bernilai positif pada uji kesempurnaan dilanjutkan ke tahap pewarnaan Gram. Pewarnaan Gram dilakukan untuk memastikan bahwa bakteri yang tumbuh benar merupakan *Escherichia coli* dengan melihat karakteristiknya secara mikroskopis, yakni bentuk dan warna dinding sel. Perwarnaan Gram dilakukan pada bakteri yang telah diinokulasi pada media EMBA dan sudah diinkubasi selama 24-48 jam. Diambil 1-2 ose dari kilat hijau metalik dan digoreskan pada *microscop slides*.

Microscop slides kemudian difiksasi dengan cara dilewatkan apusan tersebut di atas pembakar bunsen. Setelah itu, apusan ditetesi larutan *crystal violet* dan dibiarkan selama 1 menit, lalu dibilas dengan air dan dikering-anginkan. Apusan kemudian ditetesi beberapa tetes *iodine* dan dibiarkan selama 1 menit, lalu dicuci kembali dengan air dan dikering-anginkan. Kemudian, apusan ditetesi dengan *alcohol* dan dibiarkan 30 detik, lalu dicuci air dan dikering-anginkan. Langkah terakhir, apusan diberi beberapa tetes *safranine*, dibiarkan selama 30

detik, lalu dicuci dengan air mengalir dan dikering-anginkan. Apusan lalu ditutup dengan *object glass* dan diamati dengan mikroskop (Apriani dkk., 2014).

Apabila ciri morfologi yang muncul ialah bakteri Gram negatif, ditunjukkan dengan batang berbentuk pendek, sehingga dapat dikonfirmasi bahwa bakteri tersebut adalah *Escherichia coli* (Nugroho, 2015). Berdasarkan penelitian Nugroho (2015), pewarnaan Gram pada berbagai jenis air minum dilakukan dengan cara melihat morfologi dan sifat bakteri pada tiap tabung positif. Bakteri *coliform* termasuk Gram negatif, sehingga secara mikroskopis akan berwarna merah-pink. Sementara itu, sifat lainnya yang khas adalah kemampuan bakteri tersebut adalah dapat memfermentasi laktosa pada suhu 35-37° (Geo *et al.*, 2011).

3.5 Analisis Data

Penelitian ini menganalisis data secara deskriptif kuantitatif, yakni membandingkan hasil uji ALT dengan SNI 3553 (2015) tentang “*Syarat Mutu Air Mineral*”, dan membandingkan nilai MPN dengan MPN tabel dengan Permenkes No.492/MENKES/PER/IV/2010 mengenai persyaratan kualitas air minum. Disamping itu, hasil pewarnaan Gram sebagai uji lanjut dari hasil positif tahap ketiga uji MPN disesuaikan dengan literatur terkait, sementara kualitas mikrobiologis air dari ketiga DAMIU dihubungkan dengan *hygiene* sanitasi Permenkes No. 43 (2014) tentang “*Hygiene Sanitasi Depot Air Minum*”.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Analisis Mikrobiologis Kualitas Air Minum di ketiga DAMIU

Manusia memenuhi kebutuhan hidrasinya dengan air minum. Dalam kesehariannya, manusia membutuhkan air minum dengan jumlah tertentu untuk menjaga kesehatan dan kebugarannya. Guna mengetahui kualitas air minum yang dikonsumsi masyarakat dan mahasiswa/i sekitar kampus satu UIN Malang, dilakukan pengujian mikrobiologis yang mencakup tiga metode, yakni Angka Lempeng Total (ALT), *Most Probable Number* (MPN), dan Pewarnaan Gram (*Gram Staining*), serta hubungan kualitas air minum tersebut dengan tingkat *hygiene* sanitasi tiap depot.

4.1.1 Uji Angka Lempeng Total (ALT)

Uji ini ditujukan guna mengetahui perkiraan jumlah cemaran bakteri aerob pada sampel. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Djide & Sartini (2008), bahwa ALT dapat menyatakan perkiraan jumlah bakteri yang membutuhkan oksigen untuk proses respirasi, pertumbuhan, dan reproduksi. Medium yang digunakan adalah *Nutrient Agar* (NA), dikarenakan mengandung ion C dan N yang dapat dimanfaatkan bakteri untuk melakukan metabolisme.

Prinsip utama ALT adalah mengencerkan dan membiakkan isolat pada media, kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24-48 jam. Pengenceran tersebut dilakukan hingga 10^{-4} , dengan sampel yang digunakan sebanyak tiga. Koloni yang tumbuh lalu diamati menggunakan *colony counter*. Hasil pengujian disajikan pada tabel 4.1, sementara perolehan data (perhitungan) terdapat di lampiran 6. Data kemudian dibandingkan dengan syarat mutu kualitas air mineral

menurut SNI 3553 (2015), yang mana mensyaratkan nilai ALT akhir mikroba maksimal adalah $1,0 \times 10^5$ cfu/ ml.

Tabel 4.1 Hasil pengujian ALT pada sampel DAMIU A, B, dan C

Kode isolat	DAMIU	Pelaporan ALT (cfu/ml)	SNI 3553: 2015 (cfu/ml)	Keterangan
10 ⁻² 10 ⁻³ 10 ⁻⁴	A	8,5 x 10 ³	1,0 x 10 ⁵	MS
10 ⁻² 10 ⁻³ 10 ⁻⁴	B	2,14 x 10 ⁵	1,0 x 10 ⁵	TMS
10 ⁻² 10 ⁻³ 10 ⁻⁴	C	3,9 x 10 ⁴	1,0 x 10 ⁵	MS

Keterangan: MS berarti Memenuhi Syarat
TMS berarti Tidak Memenuhi Syarat

Hasil di atas menunjukkan bahwa dari ketiga sampel air yang diuji secara mikrobiologis dengan metode ALT, sampel A dan C memiliki nilai ALT secara berturut-turut adalah $8,5 \times 10^3$ cfu/ ml dan $3,9 \times 10^4$ cfu/ ml, yang mana masih memenuhi standar kualitas menurut SNI No. 3553 (2015) mengenai air mineral, yakni $1,0 \times 10^5$ cfu/ ml. Sementara itu, sampel B tidak memenuhi syarat, dikarenakan nilai ALT yang dihasilkan melebihi standar, yakni $2,14 \times 10^5$ cfu/ ml. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai ALT tertinggi hingga terendah berturut-turut didapat pada sampel B, C, dan A. Guna menjamin kualitas Air Minum Dalam Kemasan (AMDK), Badan Standarisasi Nasional (BSN) menetapkan SNI 01-3553 (2006) mengenai AMDK. Akan tetapi, standar tersebut direvisi dan diberlakukan SNI 3553 (2015) mengenai air mineral (BSN, 2021).

Disamping itu, dapat diketahui bahwa pada pengujian ALT di atas, ketiga sampel menunjukkan banyak terdapat pertumbuhan koloni bakteri pada cfu/ ml,

baik pada pengulangan simplo (cawan I) maupun duplo (cawan II). Sampel A mengandung 103 koloni untuk simplo dan 67 untuk duplo pada pengenceran 10^{-2} , yang mana jumlah tersebut berada di antara syarat perhitungan koloni bakteri yang dapat dihitung menggunakan rumus (30-300). Hal tersebut menunjukkan bahwa bakteri mampu tumbuh dengan baik pada media sediaan. Kemudian, pada sampel B, jumlah koloni yang dapat dihitung terdapat pada 10^{-3} duplo, yakni 77 koloni dan pada 10^{-4} simplo, yakni 30, sementara jumlah koloni lainnya termasuk tidak mencapai batas minimum, sehingga Tidak Bisa Untuk Dihitung (TBUD). Selain itu, pada sampel C, pengenceran 10^{-2} menunjukkan jumlah koloni 53 untuk simplo dan 55 untuk duplo, serta 33 untuk simplo pada pengenceran 10^{-3} (lampiran 5).

Hasil perhitungan jumlah koloni di atas sesuai dengan pernyataan Laili dkk. (2022), bahwa bakteri dengan seri pengenceran 10^{-5} mengandung koloni bakteri yang lebih banyak dari pada 10^{-6} dan 10^{-7} . Sehubungan dengan itu, Abna dkk. (2021), menambahkan bahwa prinsip perhitungan koloni bakteri ialah semakin tinggi tingkat pengenceran, semakin rendah jumlah koloni bakteri yang terkandung. Hal ini dibuktikan dengan hasil penelitiannya, yang mana pada pengenceran terendah (10^{-1}), didapatkan 300 koloni pada simplo dan 400 koloni pada duplo, sedangkan pada pengenceran tertinggi (10^{-4}) tidak terdapat satupun bakteri.

Tabel di atas menunjukkan bahwa sampel B merupakan sampel dengan tingkat kontaminasi bakteri tertinggi. Sumber air yang digunakan berasal dari daerah Pandaan, Kabupaten Pasuruan yang dinilai merupakan daerah dengan sumber air terbaik di Jawa Timur. Menurut Fathurrahman (2017), Pasuruan diapit dengan Gunung Arjuna dan Gunung Welirang di Barat Daya dan Gunung Tengger dengan puncak Gunung Bromo di Tenggara. Potensi pegunungan tersebut

menyebabkan sumber mata air di Kabupaten Pasuruan cukup melimpah, sehingga menjadi daya tarik, khususnya bagi industri Air Minum Dalam Kemasan (AMDK). Akan tetapi, Gunawan Wibisono, seorang hidrolog Universitas Merdeka Malang, menyebutkan bahwa debit mata air Umbulan, Kabupaten Pasuruan berkurang jauh sejak 30 tahun silam (hampir 50%), akibat kerusakan lingkungan dan pemanfaatan air tanah (*illegal drilling*) secara berlebihan.

Sehubungan dengan itu, Busthomi (2023), menyatakan bahwa Sungai Welang, Kabupaten Pasuruan tercemar akibat pembuangan limbah industri pabrik di sekitarnya. Oleh karena tidak diketahui secara spesifik sumber air yang digunakan oleh depot B, berdasarkan hasil uji ALT yang dilakukan, diketahui bahwa depot yang memasok air dari sumber meyakinkan pun tetap dapat tercemar, dikarenakan wilayah Kabupaten Pasuruan juga bukan merupakan lokasi industri air mineral saja, melainkan banyak pabrik lain yang menghasilkan limbah dan dibuang di sumber air sekitar, misalnya sungai, sehingga air hasil olahan depot B tidak memenuhi standar pemerintah dan tidak aman dikonsumsi. Hal tersebut sejalan dengan pernyataan Pelczar (2009), bahwa air yang jernih, tidak berbau, dan tidak berasa dapat tidak aman untuk dikonsumsi. Selain itu, hasil tersebut juga sesuai dengan penelitian Arsyina dkk. (2019), bahwa 11 sampel air minum dengan total *coliform* tertinggi bersumber dari air sumur. Menurutnya, masih banyak masyarakat yang memanfaatkan sumur gali sebagai sumber air minum, meskipun sumur gali merupakan sumber air yang sangat rentan terhadap cemaran. Kemudian, hasil tersebut juga sejalan dengan penelitian di Kabupaten Sidoarjo, bahwa ditemukan hampir seluruh sampel air sumur tidak memenuhi syarat pemerintah karena mengandung *coliform* (Puspitasari, 2013).

Disamping itu, air dengan tingkat kontaminasi bakteri tertinggi kedua didapat pada sampel C. Air yang dipasok ialah air PDAM yang mengalir dari Kota Batu, Jawa Timur. Pemanfaatan air PDAM dari Kota Batu dapat disebabkan karena Kota Batu merupakan Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas, sehingga banyak digunakan untuk kebutuhan air minum, serta irigasi pertanian dan perikanan. Menurut Bintariadi (2005), puluhan sumber mata air di Kota Batu tercemar pestisida domestik dan limbah industri. Dinas Sumber Daya Air dan Energi Batu, menyebutkan bahwa pestisida tersebut digunakan secara berlebihan dan meresap ke sumber mata air yang berada di lahan pertanian masyarakat. Sehubungan dengan itu, DLH Kota Batu menyebutkan bahwa indeks kualitas air di Kota Batu menurun hingga 53% akibat limbah rumah tangga yang dibuang ke sungai, pupuk kimia pertanian, dan kebocoran instalasi pengolahan limbah perhotelan (Indo, 2022). Dua pernyataan tersebut sejalan dengan hasil uji ALT pada depot C yang menggunakan sumber air dari air PDAM Kota Batu. Kontaminasi bakteri pada sampel C juga dapat disebabkan karena sumber air PDAM terkontaminasi oleh pipa air yang digunakan atau proses penyaluran air yang kurang optimal. Meskipun begitu, depot C memiliki nilai ALT akhir yang berada di bawah standar maksimal pemerintah, sehingga masih aman untuk dikonsumsi.

Kemudian, depot dengan cemaran mikroba terendah didapat pada sampel A yang memanfaatkan sumber baku dari air sumur. Kualitas air sumur sangat bervariasi, bergantung pada lokasi dan kondisi. Beberapa sumur mungkin aman untuk dikonsumsi dan sebaliknya. Menurut Susanto (2005), air sumur dapat tercemar oleh sumber-sumber langsung seperti buangan dari sumber pencemar limbah pabrik atau domestik, dan pencemaran dari sumber-sumber tidak langsung,

yakni kontaminan di tanah, serta bebatuan akibat pencemaran pada air permukaan, baik dari limbah industri maupun domestik. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa meskipun depot A memanfaatkan air baku dari sumur, namun nilai ALT yang dihasilkan berada di bawah standar maksimal pemerintah, sehingga masih aman untuk dikonsumsi.

Sehubungan dengan itu, menurut Wijaya & Wijayanti (2022), kontaminasi bakteri pada air minum olahan dapat berasal dari penjamah yang tidak memperhatikan *personal hygiene*, kualitas fisik DAMIU, sumber air baku, *hygiene* sanitasi, serta fasilitas sanitasi. Menurut Boleng (2011), terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba, yakni nutrisi, oksigen, pH, suhu, zat antimikroba, dan lain sebagainya. Apabila jumlah mikroba tinggi, berarti air tersebut mengandung berbagai faktor yang dibutuhkan untuk pertumbuhan bakteri tersebut. Oleh karena itu, diperlukan kedisiplinan bagi pengelola DAMIU terhadap air yang diproduksi dan standarisasi yang ditetapkan pemerintah seperti pengujian kualitas air di laboratorium minimal 6 bulan sekali. Uji mikrobiologis kemudian dilanjutkan dengan metode MPN.

4.1.2 Most Probable Number (MPN)

MPN adalah metode umum untuk mengetahui kandungan bakteri *coliform* di dalam makanan maupun minuman, serta menghitung jumlah mikroba pada sampel cair (Harmita & Radji, 2008). Pertumbuhan bakteri *coliform* diinokulasikan pada media cair yang sesuai, kemudian diamati perubahan warna pada medium, serta terbentuknya asam dan gas pada Durham posisi terbalik. Pembacaan hasil uji dilihat dari jumlah tabung reaksi positif, kemudian disesuaikan dengan nilai tabel MPN atau APM (Angka Paling Mungkin) (Djide & Sartini, 2008).

Metode ini dilakukan dengan tiga tahapan, yakni uji pendugaan (*presumptive test*), uji penegasan (*confirmative test*), serta uji kesempurnaan (*complete test*). Hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel di bawah ini, sementara perolehan data (perhitungan), serta gambar hasil uji disajikan pada lampiran 11. Data yang diperoleh dibandingkan dengan syarat-syarat uji cemaran mikroba *coliform* untuk air minum menurut SNI 7338 (2009), yakni $< 2/100$ ml sampel air (BSN, 2009).

Berdasarkan Permenkes 492/2010, uji *E. coli* disyaratkan sebagai parameter wajib yang berkaitan dengan kesehatan. Akan tetapi, standar SNI terbaru mengenai air mineral (SNI 3553:2015), tidak spesifik menyebutkan *E. coli*, melainkan total *coliform*, ALT, dan *Pseudomonas aeruginosa*. Namun, pada SNI AMDK sebelumnya (2006), penetapan standar *coliform* dinyatakan dalam satuan APM/100 ml (APM < 2), yang berarti bahwa pengujian *coliform* dilakukan menggunakan *Most Probable Number* (MPN). Namun, dengan diberlakukannya SNI 3553 (2015), syarat total *coliform* menjadi sejalan dengan Permenkes 492/2010 (IBWA, 2015).

4.1.2.1 Uji Pendugaan (*Presumptive Test*)

Uji pendugaan adalah tahap pertama pada MPN untuk mengetahui kemungkinan kontaminasi bakteri *coliform* pada sampel dengan waktu inkubasi 24-48 jam. Hasil positif ditunjukkan dengan warna medium yang keruh dan keberadaan gelembung pada tabung Durham. Data disajikan pada tabel 4.2 dan dibandingkan dengan standar Permenkes No. 492 Tahun 2010, sementara perolehan data (perhitungan) disajikan pada lampiran 10.

Tabel 4.2 Hasil uji tahap 1 MPN pada sampel DAMIU A, B, dan C

Kode isolat	DAMIU	Nilai MPN tabel/ gr/ ml	Standar Permenkes 492 (2010)/ 100 ml	Keterangan
A1*, A2*, A3* B1*, B2*, B3* C1*, C2*, C3*	A	>2.400	0	TMS
A1*, A2*, A3* B1, B2, B3 C1, C2, C3	B	23	0	TMS
A1*, A2*, A3* B1*, B2*, B3* C1, C2, C3	C	240	0	TMS

Keterangan: * berarti dilanjutkan ke uji selanjutnya

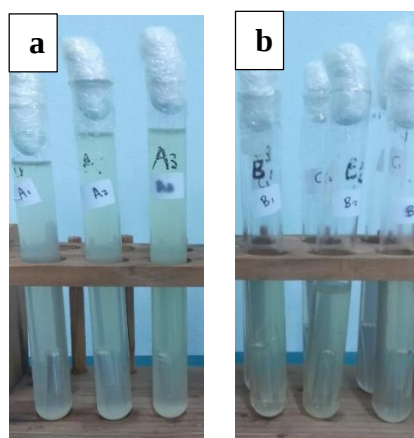
Berdasarkan hasil di atas, dapat diketahui bahwa sampel A, B, dan C secara berturut-turut menghasilkan nilai MPN tabel/ gr/ ml, yakni >2.400, 23, dan 240. Ketiga nilai tersebut melebihi batas maksimum cemaran mikroba berdasarkan persyaratan Permenkes No. 492/2010, yakni 0 koloni/ 100 ml sampel air. Disamping itu, jika dibandingkan dengan syarat-syarat uji cemaran *coliform* untuk air minum menurut SNI No. 7338 (2009), yakni < 2/ 100 ml, ketiga sampel air juga tidak memenuhi, karena melebihi standar.

Pengujian pada sampel A menunjukkan bahwa tabung A1, A2, dan A3 menghasilkan warna tabung yang sedikit lebih keruh dari pada warna awal sebelum diberi sampel air (namun masih tetap terlihat jernih), serta terdapat gelembung. Sementara itu, tabung B1, B2, dan B3 menghasilkan warna yang sangat keruh dari pada tabung A dan C, sehingga tabung Durham terlihat samar, namun gelembung tetap terlihat. Disamping itu, tabung C1, C2, dan C3 sedikit lebih keruh dari tabung B, namun gelembung pada tabung Durham tetap terlihat jelas. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa hasil positif pada sampel A ditunjukkan pada tabung A1, A2, A3 (10 ml), B1, B2, B3 (1 ml), dan C1, C2, C3 (0,1 ml) dengan seri sampel 3-

3-3 dan nilai MPN tabel seri 3 tabung, yakni >2.400 koloni/ gr/ ml sampel dan merupakan sampel dengan indeks MPN tertinggi (lampiran 8).

Kemudian, pada sampel B, hasil positif ditunjukkan pada tabung A1, A2, dan A3 dengan warna isolat sangat jernih, sehingga gelembung pada Durham terlihat sangat jelas. Sementara itu, seluruh tabung seri B juga terlihat jernih, namun tidak menghasilkan gelembung. Disamping itu, tabung seri C jernih dan sedikit kekuningan, namun tidak terdapat gelembung. Oleh karena itu, dapat diketahui bahwa hasil positif pada sampel B hanya ditemukan pada tabung A1, A2, A3 (10 ml) dengan seri sampel 3-0-0 dan nilai MPN tabel 23 koloni/ gr/ ml, yang mana merupakan sampel dengan indeks MPN terendah.

Sementara itu, pengujian pada sampel C menunjukkan bahwa tabung A1, A2, A3, B1, B2, dan B3 terdapat gelembung dan warnanya sedikit keruh, namun tetap terlihat jernih (Gambar 4.1). Disamping itu, tabung seri C (C1, C2, dan C3) tidak menghasilkan gelembung, namun berwarna keruh. Oleh karena itu, dapat diketahui bahwa hasil positif pada sampel C dihasilkan pada isolat A1, A2, A3 (10 ml), B1, B2, dan B3 (1 ml) dengan seri sampel 3-3-0 dan nilai MPN tabel adalah 240 koloni/ gr/ ml.



Gambar 4.1. Hasil positif uji MPN tahap 1 sampel C (a) tabung A1, A2, A3; dan (b) tabung B1, B2, B3 (dokumentasi pribadi)

Ketiga sampel air pada uji penegasan difermentasi pada media *Lactose Broth* (LB) konsentrasi 10 ml, 1 ml, dan 0,1 ml sebagai pendekatan standar dalam pengujian mikrobiologis untuk menilai kualitas air, terutama untuk mendeteksi bakteri indikator seperti *coliform*, karena memungkinkan perhitungan bakteri yang berada dalam air dengan tingkat sensitivitas tinggi. Hasil positif di atas sesuai dengan pernyataan Puspitasari (2015), bahwa hasil positif ditunjukkan dengan kekeruhan pada medium dan gelembung pada Durham. Sehubungan dengan itu, menurut Widyanti & Ni Putu (2004), perubahan warna LB menjadi kuning keruh adalah akibat dari kandungan laktosa pada medium difermentasi menjadi alkohol dan membentuk asam karboksilat. Dalam artian lain, kekeruhan yang dihasilkan pada medium menunjukkan adanya aktivitas metabolik *coliform* sebagai indikator kontaminasi bakteri. Selain itu, LB dapat menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif dan meningkatkan pertumbuhan bakteri *coliform* (Puspitasari, 2015).

Berdasarkan hasil uji di atas, dapat disimpulkan bahwa ketiga sampel diduga positif mengandung *coliform*. Bakteri *coliform* terbanyak secara berturut-turut ditemukan pada sampel A dari air sumur, kemudian sampel C dari air PDAM dari Kota Batu, dan cemaran terendah terdapat pada sampel B dari Pandaan, Pasuruan. Hal tersebut sejalan dengan Pelczar (1988), bahwa *coliform* adalah sekelompok bakteri Gram negatif, aerobik dan/ atau anaerobik fakultatif yang memfermentasi laktosa dengan menghasilkan gas dalam waktu 48 jam pada suhu 35-37°C. Penentuan *coliform fecal* dijadikan indikator karena jumlah koloninya berkorelasi positif dengan keberadaan bakteri patogen. Menurut Nisak dkk. (2012), semakin sedikit *coliform* yang ditemukan, kualitas air dianggap semakin baik. Setelah itu, hasil positif dialami pada uji penegasan (Nugroho, 2015).

4.1.2.2 Uji Penegasan (*Confirmative Test*)

Uji penegasan adalah tahap lanjutan untuk memperkuat hasil positif pada tahap sebelumnya benar merupakan *coliform fecal* dengan waktu inkubasi 24-48 jam. Inkubasi pada uji ini meliputi dua suhu berbeda, yakni 37°C untuk *coliform* dan 44°C untuk *E. coli*. Menurut Vesilind *et al.* (2010), uji ini ditujukan untuk membedakan bakteri *coliform fecal* dan *non-fecal*. Hasil positif ditunjukkan dengan gelembung udara pada Durham akibat aktivitas respirasi mikroorganisme (Nuria dkk., 2009). Hasil pengujian disajikan pada tabel 4.3 dan dibandingkan dengan standar Permenkes No. 492 Tahun 2010, sementara perolehan data (perhitungan) disajikan pada lampiran 10.

Tabel 4.3 Hasil uji tahap 2 MPN pada sampel DAMIU A, B, dan C

DAMIU	Suhu inkubasi		Keterangan	Suhu inkubasi		Keterangan
	37°C (<i>non-fecal</i>)			44°C (<i>fecal</i>)		
A	A1, A2, A3 B1, B2, B3 C1, C2, C3	- -	Berwarna hijau keruh Terdapat gelembung pada Durham	C2	- -	Berwarna jernih atau sama dengan awal saat belum diberi sampel air Tidak terdapat gelembung pada Durham
B	A1, A2, A3	-	Berwarna hijau keruh Terdapat gelembung pada Durham	A1	- -	Berwarna jernih atau sama dengan awal saat belum diberi sampel air Tidak terdapat gelembung pada Durham
C	B3	- -	Berwarna hijau keruh Terdapat gelembung pada Durham	A1, A2, A3 B1, B2	- -	Berwarna jernih atau sama dengan awal saat belum diberi sampel air Tidak terdapat gelembung pada Durham

Hasil pengujian di atas menunjukkan bahwa ditemukan 13 isolat positif *coliform non-fecal* dan 7 isolat positif *coliform fecal*. Pada sampel A suhu inkubasi 37°C, hasil positif *coliform non-fecal* terdapat pada tabung A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, dan C3, dengan seri sampel 3-3-3 dan nilai MPN tabel 3 tabung, yakni >2.400 koloni/ gr/ ml sampel dan merupakan sampel dengan indeks MPN tertinggi (lampiran 9). Sementara itu, pada suhu inkubasi 44°C, tabung positif *coliform fecal* hanya ditunjukkan pada C2, dengan seri sampel 0-0-1 dan nilai MPN tabel adalah 3 koloni/ gr/ ml. Kemudian, pada sampel B 37°C, *coliform non-fecal* dihasilkan pada tabung A1, A2, dan A3, dengan seri sampel 3-0-0 dan nilai MPN tabel ialah 23 koloni/ gr/ ml.

Sementara itu, pada suhu inkubasi 44°C, tabung positif *coliform fecal* hanya ditunjukkan pada tabung A1, dengan seri sampel 1-0-0 dan nilai MPN tabel ialah 4 koloni/ gr/ ml. Disamping itu, sampel C 37°C positif *coliform non-fecal* ditunjukkan pada tabung B3, dengan seri sampel 0-1-0 dan nilai MPN tabel adalah 3 koloni/ gr/ ml, sementara pada suhu 44°C, tabung positif *coliform fecal* ditunjukkan pada tabung A1, A2, A3, B1, dan B2, dengan seri sampel 3-2-0 dan nilai MPN tabel ialah 93 koloni/ gr/ ml. Sementara itu, tabung lain menunjukkan hasil negatif (*non-coliform*) yang ditandai dengan tidak ditemukan gelembung dan warna medium tidak berubah menjadi keruh.

Berdasarkan perhitungan tabung positif dan nilai MPN tabel, diketahui bahwa 20 isolat di atas melebihi batas yang dipersyaratkan Permenkes No. 492/2010, yakni 0/ 100 ml sampel. Hal ini dibuktikan dengan hasil positif berupa gelembung dan perubahan warna medium menjadi keruh selama masa inkubasi 2x24 jam (lampiran 11). Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Vesilind dkk.

(2010), bahwa hasil positif pada uji penegasan ditunjukkan dengan produksi gas dan kekeruhan. Sehubungan dengan itu, Widiyanti (2002), menyebutkan bahwa sampel positif pada uji penegasan MPN disebabkan karena bakteri tersebut memfermentasi laktosa yang menghasilkan asam dan gas pada tabung BGLBB. Hal tersebut juga sesuai dengan pernyataan Yousef & Carlstrom (2003), bahwa BGLBB adalah media cair selektif diferensial untuk mengonfirmasi *coliform* pada makanan, terutama sampel air. Kandungan *oxgall (bile)* dan *brilliant green* dapat menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif dan Gram negatif *non-coliform*, yang mana fermentasi laktosa pada medium akan menghasilkan gas CO₂ terperangkap pada Durham.

Disamping itu, inkubasi pada dua suhu berbeda ditujukan untuk membedakan bakteri *coliform fecal* dengan *non-fecal*, seperti tujuan dari uji penegasan. Menurut Krisnamurti (2017), bakteri *coliform* berbeda dengan *fecal coliform* dan *non-fecal coliform*. Bakteri *coliform* ialah kelompok bakteri yang secara umum tumbuh pada suhu 35-37°C (tidak semua bakteri *coliform* dapat tumbuh di suhu tinggi), sementara *fecal coliform* dapat tumbuh pada suhu 44-45°C, namun *non-fecal coliform* akan mati pada suhu tinggi tersebut, sehingga suhu 45°C digunakan secara selektif untuk mengidentifikasi *coliform fecal*, seperti halnya *E. coli*. Hal tersebut sejalan dengan pernyataan McKinney (2004), bahwa tabung positif pada suhu 44°C menunjukkan keberadaan *coliform fecal* yang biasanya merupakan *E. coli*. Sementara itu, hasil positif pada suhu 37°C mengindikasikan bakteri *non-fecal* (Purnawijayanti, 2001). Sampel positif kemudian dilanjutkan ke tahap terakhir MPN, yakni uji kesempurnaan.

4.1.2.3 Uji Kesempurnaan (*Complete Test*)

Uji kesempurnaan adalah tahap lanjutan dari uji penegasan, sekaligus merupakan tahap terakhir dalam MPN. Uji ini dilakukan dengan menginokulasikan sampel positif dari medium BGLBB ke medium selektif *Eosin Methylene Blue Agar* (EMBA). Menurut Sunarti (2016), uji kesempurnaan dimaksudkan untuk mengetahui keberadaan bakteri *E. coli* pada sampel dengan media agar. Hasil positif ditunjukkan dengan koloni hijau metalik. Hasil pengujian disajikan pada tabel 4.4, sementara perhitungan dan gambar hasil uji terdapat pada lampiran 10.

Tabel 4.4 Hasil uji tahap 3 MPN pada sampel DAMIU A, B, dan C

DAMIU	Suhu inkubasi	Kode Isolat	Jenis <i>coliform</i>	Parameter positif
				Hijau metalik
A	37°C	A1*	<i>fecal (E. coli)</i>	√
		A2*	<i>fecal (E. coli)</i>	√
		A3*	<i>fecal (E. coli)</i>	√
		B1*	<i>fecal (E. coli)</i>	√
		B2**	<i>fecal (E. coli)</i>	√
		B3	-	-
		C1*	<i>fecal (E. coli)</i>	√
		C2**	<i>fecal (E. coli)</i>	√
		C3*	<i>fecal (E. coli)</i>	√
B	44°C	C2**	<i>fecal (E. coli)</i>	√
	37°C	A1*	<i>fecal (E. coli)</i>	√
		A2*	<i>fecal (E. coli)</i>	√
C	44°C	A3**	<i>fecal (E. coli)</i>	√
		A1**	<i>fecal (E. coli)</i>	√
		B3**	<i>fecal (E. coli)</i>	√
	37°C	A1**	<i>fecal (E. coli)</i>	√
		A2**	<i>fecal (E. coli)</i>	√
		A3**	<i>fecal (E. coli)</i>	√
	44°C	B1*	<i>fecal (E. coli)</i>	√
		B2**	<i>fecal (E. coli)</i>	√

Keterangan: * berarti positif *E. coli*

** berarti positif *E. coli*, namun terkontaminasi jamur

Berdasarkan pengujian tersebut, hasil positif didapat pada 9 isolat, yakni A1, A2, A3, B1, C1, C3 37°C (sampel A), A1 dan A2 37°C (sampel B), dan B1 44°C (sampel C) yang ditunjukkan dengan kilat hijau metalik di atas medium

EMBA. Sementara itu, 10 isolat lain, yakni B2 dan C2 37°C, serta C2 44°C (sampel A), A3 37°C dan A1 44°C (sampel B), serta B3 37°C, A1, A2, A3, dan B2 44°C (sampel C) juga positif, yakni ditandai dengan kilat hijau metalik, namun terkontaminasi oleh jamur (lampiran 11). Hasil tersebut sesuai dengan pernyataan Puspitasari (2015), bahwa apabila di dalam biakan mengandung *E. coli*, maka asam hasil fermentasi akan menunjukkan warna koloni spesifik *E. coli*, yaitu koloni hijau dengan kilap logam. Menurut Yusilman (2014), media selektif adalah media yang mampu menumbuhkan bakteri tertentu dan menghambat pertumbuhan bakteri lain (non target). Akan tetapi, media juga digunakan untuk mengisolasi fungi (jamur). Diarrukmi (2021), menyebutkan bahwa media selektif untuk jamur digunakan untuk mengisolasi kelompok jamur tertentu dan tidak cocok untuk spesies lain.

Pada isolasi bakteri, media EMBA selektif untuk menumbuhkan bakteri *E. coli* karena mengandung *eosin* yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif dan menumbuhkan Gram negatif. Sehubungan dengan itu, Aulia (2013), menyebutkan bahwa warna hijau metalik pada uji kesempurnaan disebabkan karena *eosin* di dalam medium EMBA berfluoresensi, sehingga menghasilkan kilat metalik dari reaksi antara *methylen blue* dengan *E. coli*. Meskipun begitu, media selektif bakteri dapat saja terkontaminasi oleh jamur, seperti beberapa isolat pada penelitian ini, yang mana pada media EMBA ditumbuhi jamur. Hal tersebut dapat disebabkan karena kontaminasi udara, peralatan, atau sampel selama proses persiapan media, inokulasi, maupun inkubasi isolat. Jamur umumnya lebih tahan terhadap antibiotik dan agen antibakteri (misalnya *Aspergillus*) pada media selektif bakteri, sehingga memungkinkannya tumbuh pada media penghambat pertumbuhan bakteri. Selain itu, beberapa jenis jamur kemungkinan memiliki toleransi terhadap media selektif

yang digunakan, sehingga dapat tumbuh pada media tersebut. Faktor lingkungan seperti pH, suhu, dan kelembaban juga dapat mempengaruhi pertumbuhan jamur pada media selektif bakteri (Sari dkk., 2017).

Disamping itu, berdasarkan sumber baku air dari ketiga sampel, dapat disimpulkan bahwa air sumur (sampel A), air dari Pandaan, Kabupaten Pasuruan (sampel B), serta air PDAM dari Kota Batu (sampel C) mengandung *coliform fecal* berupa *E. coli* yang dibuktikan dengan kilat hijau metalik dan nilai MPN sampel A 37°C adalah 2.400.000 koloni/ gr/ ml dan pada suhu 44°C adalah 3 koloni/ gr/ ml. Selain itu, nilai MPN untuk sampel B 37°C adalah 23 koloni/ gr/ ml dan 4 koloni/ gr/ ml untuk 44°C. Kemudian, sampel C 37°C dengan nilai MPN 30 koloni/ gr/ ml dan 9.300 koloni/ gr/ ml untuk suhu 44°C (lampiran 10).

Keseluruhan nilai MPN tersebut melebihi persyaratan, sehingga air hasil olahan ketiga DAMIU tidak layak konsumsi. Konfirmasi bakteri *E. coli* kemudian dilakukan dengan metode pewarnaan Gram (Puspitasari, 2015). Meskipun begitu, isolat positif yang terkontaminasi jamur tetap dilanjutkan ke pewarnaan Gram untuk memastikan isolat tersebut benar *E. coli* dengan melihat secara mikroskopis dinding selnya, dikarenakan isolat terkontaminasi tersebut tetap menghasilkan kilat hijau metalik dan kontaminasi tersebut berada di atas media agar, bukan di kilat hijau metalik, sehingga jumlah isolat positif ialah sebanyak 19 buah.

4.1.3 Pewarnaan Gram (*Gram Staining*)

Pewarnaan Gram adalah metode umum di bidang bakteriologis untuk mengklasifikasikan bakteri berdasarkan dinding selnya, yakni bakteri Gram positif dan Gram negatif. Sehubungan dengan itu, Yuniarty & Misbach (2016), menyebutkan bahwa dari pewarnaan Gram, dapat diketahui morfologi sel bakteri,

yakni sifat Gram, serta bentuk dan struktur sel. Menurut Naue *et al.* (2022), fungsi utama pewarnaan bakteri adalah mewarnai sel dan bagian lainnya agar terlihat lebih kontras dan jelas. Bakteri Gram negatif akan berwarna merah-*pink*, sedangkan bakteri Gram positif berwarna ungu. Prinsip pewarnaan Gram bergantung pada komposisi dinding sel. Bakteri Gram positif memiliki dinding sel dengan peptidoglikan tebal, sedangkan dinding peptidoglikan pada Gram negatif memiliki tipis. Pada pewarnaan Gram, isolat bernilai positif difiksasi dan ditetesi larutan *crystal violet*, *iodine*, *alcohol*, dan *safranine*. Di setiap tetesan larutan tersebut, isolat dibilas dengan *aquadest*, lalu pada tetesan larutan terakhir (*safranine*), isolat ditutup dengan *object glass* dan dilanjutkan dengan identifikasi mikroskopis menggunakan mikroskop.

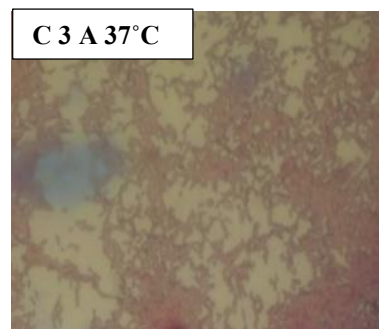


Gambar 4.2. Isolat pada pewarnaan Gram (A1, A2, A3, B1, B2, C1, C2, C3 sampel A 37°C), (C2 sampel A 44°C), (A1, A2, A3 sampel B 37°C), (A1 sampel B 44°C), (B3 sampel C 37°C), dan (A1, A2, A3, B1, B2 sampel C 44°C) (dokumentasi pribadi)

Meskipun medium EMBA yang digunakan pada uji kesempurnaan selektif dalam menumbuhkan *E. coli* karena dapat menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif dan menumbuhkan bakteri Gram negatif, uji kualitas air terhadap total cemaran *E. coli* pada penelitian ini tetap dilanjutkan ke pewarnaan Gram, dikarenakan pewarnaan Gram dapat membantu memastikan bahwa koloni yang diisolasi benar merupakan bakteri Gram negatif berbentuk batang (basil) sesuai

dengan karakteristik mikroskopis *E. coli*. Selain itu, meskipun medium EMBA benar menghambat Gram positif, namun tidak sepenuhnya menutup kemungkinan bahwa bakteri lain tidak dapat tumbuh, sehingga uji pewarnaan Gram membantu menambah identifikasi bahwa hasil yang diperoleh pada EMBA ialah benar *E. coli*.

Hal tersebut sesuai dengan penelitian Nugroho (2015), bahwa jika terdapat koloni bakteri yang tumbuh setelah uji kesempurnaan pada metode MPN, uji mikrobiologis dilanjutkan dengan pewarnaan Gram pada hasil positif, guna mengidentifikasi morfologi dan sifat bakteri tersebut. Contoh hasil pewarnaan Gram pada salah satu sampel A disajikan pada gambar 4.3 berikut, sementara sampel B dan C terdapat pada lampiran 12.



Gambar 4.3. Hasil pewarnaan Gram Negatif (*E. coli*) salah satu sampel A
(dokumentasi pribadi)

Berdasarkan hasil uji pewarnaan Gram di atas dengan identifikasi mikroskopis menggunakan mikroskop perbesaran 100x, dapat diketahui bahwa isolat bakteri Gram negatif diperoleh pada 11 isolat, yakni A2A, A3A, B1A, C3A, A1B, dan B3C (37°C), serta C2A (44°C), A1B (44°C), A2C, A3C, dan B1C (44°C). Perolehan hasil tersebut membuktikan bahwa hasil uji pelengkap yang dilakukan sebelumnya benar merupakan *E. coli*. Sementara itu, 8 isolat lainnya, yakni A1A, B2A, C1A, C2A (37°C), A2B, A3B (37°C), A1C, dan B2C (44°C) menunjukkan hasil Gram positif (bukan *E. coli*). Hasil di atas menunjukkan bahwa bakteri Gram

negatif berwarna merah-*pink* dan berbentuk basil (batang) pendek atau kokobasil, sedangkan Gram positif menghasilkan warna ungu gelap.

Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Susanto (2016), bahwa bakteri Gram positif yang dilakukan pewarnaan Gram akan mempertahankan zat *crystal violet*, sehingga berwarna ungu, sementara bakteri Gram negatif akan kehilangan zat pewarna *crystal violet* setelah dicuci dengan *safranine*, sehingga berwarna merah-*pink*. Sehubungan dengan itu, Krisnamurti (2017), menyatakan bahwa hasil dari pewarnaan Gram untuk bakteri kilau hijau di media EMBA ialah basil dan merupakan Gram negatif. Perbedaan hasil yang terjadi saat uji pelengkap pada metode MPN sebelumnya menghasilkan kilat hijau metalik yang merupakan ciri *E. coli*, sementara pada uji pewarnaan Gram dan identifikasi mikroskopis menghasilkan warna ungu yang berarti Gram positif dan bukan *E. coli*, kemungkinan disebabkan karena isolat terkontaminasi (mengandung campuran bakteri lain) ataupun koloni yang diambil berbeda dengan koloni yang menghasilkan kilau hijau metalik pada media EMBA.

E. coli merupakan mikroorganisme indikator pada air yang menggambarkan bahwa air tercemar oleh *fecal* manusia atau hewan. Oleh karena itu, *E. coli* memiliki derajat resisten yang lebih tinggi dari pada bakteri patogen lainnya dan merupakan indikator paling tepat, karena hanya berasal dari tinja. Berdasarkan ketiga uji mikrobiologis di atas, dapat disimpulkan bahwa *coliform* yang mengontaminasi ketiga sampel air minum isi ulang di DAMIU sekitar kampus satu UIN Malang merupakan anggota dari genus *Escherichia* dengan spesies *Escherichia coli*, yang berarti air tersebut tidak layak konsumsi. Disamping itu, isolat berwarna ungu dapat

merupakan genus *Bacillus*, *Streptococcus*, dan *Staphylococcus* yang merupakan bakteri Gram positif di air minum isi ulang pada penelitian Rumondor dkk. (2014).

4.2 Hubungan Analisis Mikrobiologis Kualitas Air Minum di ketiga DAMIU dengan *Hygiene Sanitasi*

Hasil ketiga uji mikrobiologis di atas menunjukkan bahwa ketiga sampel air DAMIU sekitar kampus satu UIN Malang positif mengandung bakteri *coliform* berupa *Escherichia coli*. Sementara itu, tingkat pencemaran mikroba tertinggi berdasarkan nilai *hygiene* sanitasi berturut-turut diperoleh pada sampel A (49), C (55), dan B (74) (tabel 4.5). Berdasarkan Permenkes No. 43 Tahun 2014 tentang “*Hygiene Sanitasi Depot Air Minum*”, skor minimal yang disyaratkan adalah 70.

Tabel 4.5 Nilai *hygiene* sanitasi DAMIU A, B, dan C

DAMIU	Nilai <i>hygiene</i> sanitasi	Standar nilai <i>hygiene</i> sanitasi	Keterangan
A	49	>70	TMS
B	74	>70	MS
C	55	>70	TMS

Keterangan: MS berarti Memenuhi Syarat
TMS berarti Tidak Memenuhi Syarat

Menurut Haryanto (2002), air minum aman dan bermutu harus memenuhi syarat-syarat yang ada, salah satunya ialah air sumur gali diwajibkan berjarak minimal 10 meter dari jamban. Sementara itu, jarak air sumur yang dimanfaatkan oleh depot A tidak diketahui, namun berdasarkan observasi ke lokasi, jarak keduanya diperkirakan sangat dekat, bahkan bersebelahan. Berdasarkan penelitian Sunarti (2015) di salah satu Kelurahan Kota Bengkulu, masyarakat sering terpapar diare, dikarenakan jarak antara sumur dengan jamban tidak sesuai ketentuan, sehingga pada musim hujan, kemungkinan terjadi resapan air dari jamban ke sumur

yang tentu berpengaruh terhadap air olahan depot. Sehubungan dengan itu, Agustini (2017), menyatakan bahwa sumber air seperti sumur dapat tercemar dari selokan, limbah pabrik, pertambangan, kebocoran *septic tank*, dan lain sebagainya.

Disamping itu, berdasarkan lembar ceklis *hygiene* sanitasi DAM oleh Permenkes No. 43 Tahun 2014 *point* I (tempat), depot A memenuhi beberapa persyaratan, yakni bangunan kokoh dan mudah dipelihara, lantai dan dinding kedap air dengan permukaan rata, halus, tidak licin, tidak retak, dan tidak menyerap debu, ventilasi baik, namun tidak memenuhi syarat tata ruang yang tidak terdiri atas ruang proses pengolahan, penyimpanan, penyediaan, dan ruang tunggu konsumen, serta kelembaban udara yang kurang baik dan tempat sampah yang terbuka. Sementara itu, berdasarkan *point* II (peralatan), tandon baku air depot ini tertutup, dilakukan pembersihan sebelum botol galon diisi air olahan, dan tersedia tutup botol galon baru, namun fasilitas pengisian botol galon berada di ruangan terbuka yang memungkinkan air olahan terkontaminasi.

Kemudian, pada *point* III (penjamah), depot ini tidak memenuhi aspek *hygiene* sanitasi, di antaranya tidak mencuci tangan dan tidak memiliki sertifikat kursus *hygiene* sanitasi depot. Selain itu, pada *point* IV (air baku), pengangkutan air baku dilakukan desinfeksi selama perjalanan ke depot dan kualitas air yang dihasilkan tidak memenuhi persyaratan mikrobiologis, namun memenuhi syarat fisik kualitas air minum, serta tidak memiliki bukti tertulis (sertifikat) sumber air.

Sementara itu, depot C memanfaatkan air dari PDAM Kota Batu. Banyaknya jumlah bakteri yang terkandung pada sumber baku air PDAM ini dapat disebabkan karena sumber air terkontaminasi, baik oleh pipa yang digunakan, proses penyaluran kurang optimal, maupun cemaran limbah industri, seperti halnya

air PDAM di Kota Solo yang berubah menjadi merah karena kontaminasi logam berat, serta sumber air yang diolah oleh PDAM Sidoarjo yang berasal dari Sungai Siwalan Panji yang tercemar oleh industri di sekitarnya (Widianto, 2010). Oleh karena itu, air yang jernih pun tidak dapat dipastikan aman untuk dikonsumsi, karena bakteri yang kemungkinan terdapat di dalamnya hanya dapat dilihat secara mikroskopis. Jarak jamban dengan tandon air pada depot ini diperkirakan memenuhi syarat, karena terlihat tidak berdekatan, sehingga jumlah mikroba yang terkandung pada sampel air depot ini tidak sebanyak depot A yang tandon air bakunya berdekatan dengan jamban.

Berdasarkan aturan Permenkes *point* I (tempat), depot C memenuhi hampir seluruh persyaratan, yakni bangunan kokoh dan mudah dipelihara, lantai dan dinding kedap air dengan permukaan rata, halus, tidak licin, tidak retak, dan tidak menyerap debu, ventilasi baik, terdiri atas ruang proses pengolahan, penyimpanan, penyediaan, dan ruang tunggu konsumen, serta kelembaban udara baik dan tempat sampah yang tertutup, namun lokasinya berada di jalan raya yang memungkinkan air olahan terkontaminasi. Sementara itu, berdasarkan *point* II (peralatan), tandon baku air pada depot ini tertutup, dilakukan pembersihan sebelum botol galon diisi air olahan, dan tersedia tutup botol galon baru, serta fasilitas pengisian botol galon berada di ruangan tertutup, namun saat observasi ke lokasi, peralatan desinfeksi terlihat sedang tidak dalam keadaan baik.

Kemudian, pada *point* III (penjamah), depot ini tidak memenuhi aspek *hygiene* sanitasi, di antaranya tidak mencuci tangan dan tidak memiliki sertifikat kursus *hygiene* sanitasi depot. Hal tersebut tidak sejalan dengan penelitian Mairizki (2017), bahwa kunci sistem pengolahan DAMIU bergantung pada kualitas SDM,

yang mana terdapat hubungan antara *hygiene* sanitasi SDM dengan kontaminasi mikroba pada air yang dihasilkan. Selain itu, pada *point* IV (air baku), selama pengangkutan air baku ke depot dilakukan desinfeksi, kualitas air yang dihasilkan tidak memenuhi persyaratan mikrobiologis, namun memenuhi syarat fisik kualitas air minum, serta tidak memiliki sertifikat sumber air.

Kemudian, depot B, yakni depot dengan jumlah cemaran terendah, memanfaatkan sumber air dari daerah Pandaan, Kabupaten Pasuruan yang diangkut menggunakan truk tangki *stainless*. Sedikitnya bakteri yang terkandung dalam sampel kemungkinan besar disebabkan karena air baku tersebut berasal dari Pandaan yang merupakan daerah industri air mineral. Selain itu, depot B memenuhi beberapa persyaratan tempat (*point* I) yang sama dengan dua depot lain, yakni bangunan kokoh dan mudah dipelihara, lantai dan dinding kedap air dengan permukaan rata, halus, tidak licin, tidak retak, dan tidak menyerap debu, ventilasi baik, terdiri atas ruang proses pengolahan, penyimpanan, penyediaan, dan ruang tunggu konsumen, kelembaban udara baik dan tempat sampah yang tertutup, namun lokasinya berdekatan dengan jalan raya dan sungai.

Sementara itu, berdasarkan *point* II (peralatan), tandon baku air pada depot ini tertutup dan tidak berdekatan dengan jamban, dilakukan pembersihan sebelum botol galon diisi air olahan, dan tersedia tutup botol galon baru, fasilitas pengisian galon berada di ruangan tertutup, dan peralatan desinfeksi dan daerah sekitarnya yang terlihat higienis dan tertata rapi (dipelihara dengan baik dan disanitasi berkala). Kemudian, pada *point* III (penjamah), depot ini tidak memenuhi aspek *hygiene* sanitasi, di antaranya tidak mencuci tangan dan tidak memiliki sertifikat kursus *hygiene* sanitasi depot. Selain itu, pada *point* IV (air baku), selama

pengangkutan air baku dilakukan desinfeksi dan kualitas air yang dihasilkan tidak memenuhi persyaratan mikrobiologis, namun memenuhi syarat fisik air minum.

Uraian kondisi ketiga depot di atas sejalan dengan pernyataan Putri (2021), bahwa beberapa faktor pengaruh kontaminasi air minum isi ulang ialah sumber air baku, proses penanganan, serta kondisi depot. Proses penanganan yang dapat mempengaruhi kualitas air adalah ketekunan operator serta penanganan botol galon. Operator dapat menjadi sumber kontaminan bakteri *coliform fecal*, dikarenakan penanganan terhadap wadah yang dibawa konsumen berperan penting terhadap kualitas air. Meskipun kualitas air yang dihasilkan baik namun penanganan wadah tidak diperhatikan, tetap dapat mengurangi kualitas air karena kemungkinan terjadi kontaminasi di luar proses produksi. Penanganan yang baik dilakukan dengan pencucian menggunakan deterjen khusus (*food grade*) dan air bersih dengan suhu 60-85°C, kemudian dibilas dengan air produk secukupnya untuk menghilangkan sisa deterjen saat mencuci (Kemenperindag, 2004).

Hasil uji mikrobiologis terhadap total cemaran bakteri *coliform* dan *E. coli* di atas berhubungan erat dengan kualitas air minum dan lokasi setiap DAMIU. Hal tersebut disebabkan karena keberadaan bakteri indikator tersebut di dalam air menunjukkan kemungkinan kontaminasi bakteri, yang mana nilai total *coliform* tinggi menunjukkan kualitas air buruk dan dapat membahayakan kesehatan. Kemudian, apabila depot berada di daerah yang tercemar, air olahan yang dihasilkan lebih berisiko mengandung total *coliform* tinggi, termasuk *E. coli*.

Pada penelitian ini, dapat diketahui bahwa hasil uji mikrobiologis tidak berhubungan langsung dengan nilai *hygiene* sanitasi, yang mana nilai *hygiene* sanitasi tersebut berfungsi sebagai indikator awal kemungkinan kontaminasi pada

sampel air. Hal tersebut dibuktikan dengan hasil uji mikrobiologis yang berbanding terbalik dengan prinsip *hygiene* sanitasi, yang mana nilai *hygiene* sanitasi yang baik menunjukkan bahwa air tersebut aman dikonsumsi. Misalnya, pada hasil metode MPN yang menunjukkan bahwa ketiga sampel tidak memenuhi syarat kualitas air minum, namun sampel B memiliki nilai *hygiene* sanitasi memenuhi syarat (>70).

Ketidaksesuaian tersebut kemungkinan disebabkan karena nilai lembar ceklis *hygiene* sanitasi diperoleh berdasarkan hasil wawancara peneliti ke depot (bersifat subjektif), yang mana pemilik depot dapat bersikap tidak jujur dengan memanipulasi *value* depotnya, sehingga hasil uji mikrobiologisnya tidak memenuhi syarat, namun nilai *hygiene* sanitasinya memenuhi syarat. Berdasarkan prinsipnya, penerapan *hygiene* sanitasi yang baik dapat membantu menjaga kualitas air minum yang dihasilkan (depot dengan nilai *hygiene* tinggi umumnya memiliki hasil uji mikrobiologis lebih baik). Akan tetapi, nilai *hygiene* sanitasi yang tinggi tidak dapat menjamin bahwa air tersebut aman dikonsumsi, sehingga diperlukan uji mikrobiologis untuk menjamin keamanan air minum tersebut.

4.3 Tinjauan Hasil Penelitian Berdasarkan Perspektif Al-Qur'an

Berdasarkan penelitian total cemaran bakteri *coliform* dan *Escherichia coli* terhadap kualitas air di tiga DAMIU sekitar kampus satu UIN Malang, dihasilkan 19 isolat bakteri yang dilanjutkan dengan pewarnaan Gram. Hasil tersebut menunjukkan bahwa 11 isolat di antaranya positif merupakan bakteri Gram negatif *coliform fecal Escherichia coli*, dan 8 lainnya ialah bakteri Gram positif. Keberadaan bakteri tersebut berfungsi sebagai indikator kualitas cemaran pada air, yang mana merupakan bentuk ciptaan Allah SWT yang telah diatur-Nya

sedemikian rupa dengan ukuran dan fungsi tersendiri. Penjelasan tersebut sesuai dengan firman-Nya pada Al-Qur'an Surat Al-Hijr 15:20 berikut:

وَجَعَلْنَا لَكُمْ فِيهَا مَعِيشَ وَ مِّن لَّسْتُمْ لَهُ بِرُزْقِينَ

Arti: “Dan Kami telah menjadikan untukmu di bumi keperluan-keperluan hidup, dan (Kami menciptakan pula) makhluk-makhluk yang kamu sekali-kali bukan pemberi rezeki kepadanya”. (Q.S Al-Hijr: 20)

Menurut Syaikh Dr. Muhammad Sulaiman Al-Asyqar, kalimat “Dan Kami telah menjadikan untukmu di bumi keperluan-keperluan hidup” diartikan sebagai makanan dan minuman agar menjadi sumber kehidupan manusia. Sementara itu, kalimat “(Kami menciptakan pula) makhluk-makhluk yang kamu sekali-kali bukan pemberi rezeki kepadanya”, berarti Allah SWT menciptakan makhluk yang mana bukan manusialah pemberi rezekinya, melainkan manusia selain kalian dan hewan-hewan dengan berbagai jenisnya. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan, bahwa peneliti menumbuhkan bakteri *coliform* dan *E. coli* pada media sediaan guna mengetahui perannya sebagai indikator pencemaran air, dalam hal ini adalah air minum isi ulang yang diproduksi DAMIU, yang mana media tersebut kaya akan nutrisi, sehingga bakteri dapat tumbuh dan menjalankan perannya.

Disamping itu, Allah SWT juga menyatakan dalam Al-Qur'an Surat Al-Furqan 24:48-50 mengenai air yang diturunkan untuk para makhluk-Nya berikut:

وَهُوَ الَّذِي أَرْسَلَ الرِّيحَ بُشْرًا بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهِ وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً طَهُورًا , لِّنُحْيِيَ بِهِ بَلْدَةً مَّيْتًا وَنُسْقِيَهُ مِمَّا خَلَقْنَا أَنْعَامًا وَأَنَاسِيَّ كَثِيرًا , وَلَقَدْ صَرَّفْنَاهُ بَيْنَهُمْ لِيَذَّكَّرُوا فَأَبَى أَكْثَرُ النَّاسِ إِلَّا كُفُورًا .

Arti: “Dialah yang meniupkan angin (sebagai) pembawa kabar gembira dekat sebelum kedatangan rahmat-Nya (hujan); dan Kami turunkan dari langit air yang amat bersih, agar Kami menghidupkan dengan air itu negeri (tanah) yang

mati, dan agar Kami memberi minum dengan air itu sebagian besar dari makhluk Kami, binatang-binatang ternak dan manusia yang banyak. Dan sesungguhnya Kami telah mempergilirkan hujan itu di antara manusia supaya mereka mengambil pelajaran (darinya); maka kebanyakan manusia itu tidak mau kecuali mengingkari (nikmat).” (Q.S. Al-Furqan: 48-50).

Ibnu Katsir dalam Elkan (2015), mengartikan bahwa ayat tersebut menggambarkan kekuasaan Allah SWT Yang Maha Besar, yang mana memiliki berbagai karakteristik angin, yakni angin yang membuyarkan awan, membawanya, menggiringnya, dan bertiup sebelum kedatangan awan pembawa kabar gembira, angin kencang yang menyapu bumi, serta angin yang membuahi awan untuk menurunkan hujan. Sementara itu, kata *“dan Kami turunkan dari langit air yang amat bersih”*, dimaknai sebagai sarana untuk bersuci. Disamping itu, Ibnu Abu Hatim menyatakan bahwa telah menceritakan kepada ayahnya beserta sanadnya hingga sampai kepada Humaid At-Tawil dari Sabit Al-Bannani, bahwa suatu hari, ia sedang kehujanan bersama Abul Aliyah, kemudian, tempat untuk shalatnya kotor karena hujan, tetapi Abul Aliyah tetap melaksanakan shalat, maka aku (perawi) bertanya kepadanya. Lalu, ia membaca firman Allah SWT yang mengatakan *“dan Kami turunkan dari langit air yang amat bersih”* dalam Surat Al-Furqan: 48. Ia berkata bahwa kotor tempat shalatnya tersebut telah disucikan oleh air hujan.

Sehubungan dengan itu, Ibnu Abu Hatim menyatakan pula bahwa telah menceritakan kepada kami ayahku, kepada kami Abu Salamah, kepada kami Wuhaib, dari Daud, dari Sa'id ibnul Musayyab, bahwa Allah SWT menurunkan hujan dalam keadaan sangat bersih (suci lagi menyucikan), tiada sesuatupun yang membuatnya najis. Menurut riwayat Abu Sa'id, Rasulullah SAW menjawab pertanyaan, *“Wahai Rasulullah, bolehkah kami berwudu dari air sumur Buda'ah, sedangkan ke dalam sumur itu sering dilemparkan sampah dan bangkai anjing?”*,

kemudian Rasulullah menjawab, “*Sesungguhnya, air itu suci lagi menyucikan, tiada sesuatu pun yang menajiskannya*”. Berdasarkan tafsir tersebut, dapat disimpulkan bahwa Allah SWT menurunkan ayat tersebut agar manusia senantiasa bersyukur atas nikmat-Nya, mengingat tubuh manusia dan segala aktivitas yang dilakukannya membutuhkan air.

Manusia dikaruniai akal pikiran untuk menyaring hal baik untuk dimanfaatkan dan buruk untuk ditinggalkan. Dalam kasus air minum yang dikonsumsi sehari-hari, sudah sepatutnya manusia mengonsumsi air minum yang aman dan higienis. Maka dari itu, kualitas air yang dikonsumsi pun harus diperhatikan dan sesuai dengan standar pemerintah agar aman untuk kesehatan, mengingat kesehatan merupakan bagian dari iman. Berdasarkan SNI 7388 tahun 2009 tentang batasan maksimum cemaran mikroba dalam pangan, dipersyaratkan mutu air minum harus memenuhi batas cemaran mikroba dengan uji Angka Lempeng Total (ALT), angka *coliform* dengan metode *Most Probable Number* (MPN), dan identifikasi bakteri patogen lainnya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil analisis mikrobiologis total cemaran *coliform* dan *Escherichia coli* terhadap kualitas air minum di tiga DAMIU sekitar kampus satu UIN Malang menggunakan metode Angka Lempeng Total (ALT) menunjukkan bahwa sampel B belum memenuhi syarat maksimal cemaran mikroba ($1,0 \times 10^5$), sementara sampel A dan C masih memenuhi syarat. Kemudian, berdasarkan uji *Most Probable Number* (MPN) dan Pewarnaan Gram (*Gram Staining*), dapat disimpulkan bahwa sampel A, B, dan C mengandung bakteri *coliform* berupa *Escherichia coli* yang ditunjukkan dengan kilat hijau metalik dan dinding sel berwarna merah-pink dengan bentuk batang (basil). Hasil uji mikrobiologis tersebut tidak berhubungan langsung dengan nilai *hygiene* sanitasi yang dihasilkan di tiap depot, karena berbanding terbalik dengan prinsipnya, bahwa nilai *hygiene* sanitasi yang baik menunjukkan air tersebut aman untuk dikonsumsi.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian serupa selanjutnya adalah agar lebih menguasai materi penelitian, termasuk hal-hal kecil, guna menghindari kesalahan yang akan berakibat pada hasil penelitian. Kemudian, peneliti dianjurkan untuk mengatur *timeline* penelitian dan memanfaatkan waktu sebaik mungkin di setiap hari penelitian. Selain itu, sumber acuan dapat lebih diperbanyak agar informasi yang disampaikan semakin jelas, serta dapat ditambahkan uji lain seperti uji parameter fisika dan kimia, uji bakteri patogen spesifik (uji *Salmonella*), uji molekuler, dan lain sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdilanov, D., 2013. Pelaksanaan Penyelenggaraan *Hygiene* Sanitasi dan Pemeriksaan Kualitas Air Minum pada Depot Air Minum Isi Ulang di Kota Padang Tahun 2012. *Jurnal Lingkungan dan Kesehatan Kerja*.
- Abna, Inherni, Marti., Amir, Mellova., Puspitalena, Ayu., Hurit, Hermanus, Ehe, 2021. Pemeriksaan Angka Lempeng Total (ALT) Bakteri pada Susu Pasteurisasi Tanpa Merek di Kecamatan Cengkareng Kota Jakarta Barat. *Pharmacia Journals*. E-ISSN: 2797-7145.
- Adawiyah, Lu'lu'il., Diarti, Maruni, Wiwin, dan Tatontos, Erlin, Yustin, 2010. Pengaruh Lama Waktu Inubasi terhadap Morfologi Bakteri *Nesisseria gonorrhoeae*. *Jurnal Kesehatan Poltekkes Kemenkes Pangkal Pinang*. Vol. 7(2).
- Adli, Xavier, 2021. Identifikasi Parameter Mikrobiologi pada Depot Air Minum Isi Ulang di Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang. *Thesis*: Universitas Brawijaya.
- Afif, Fathoni, Erly, dan Endrinaldi, 2015. Identifikasi Bakteri *Escherichia coli* pada Air Minum Isi Ulang yang Diproduksi Depot Air Minum Isi Ulang di Kecamatan Padang Selatan. *Jurnal Kesehatan Andalas*. Vol. 4(2).
- Agustina, D., dkk, 2023. Prediksi Distribusi Air Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Dharma Kota Pasuruan menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation. *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi, Teknologi Informasi dan Sistem Komputer*. Vol: 18(1) hal: 8–16.
- Agustini, Sri, 2017. Harmonisasi Standar Nasional (SNI) Air Minum dalam Kemasan dan Standar Internasional. *Majalah Teknologi Agro Industri*. Vol. 9(2).
- Akhirul, Witra, Y., Umar, I., & Erianjoni. (2020). Dampak Negatif Pertumbuhan Penduduk Terhadap Lingkungan dan Upaya Mengatasinya. *Jurnal Kependudukan dan Pembangunan Lingkungan*. Vol. 1(3): 76- 84.
- Al-Fakhr al-Razy, al-Tafsir al-Kabir, 1995. *Beirut: Dar Ihya al-Turath al-`Arabi*. hal: 361.
- Alfatihah, Ainayah., Latuconsina, Husain., dan Prasetyo, Hamdani, Dwi, 2022. Analisis Kualitas Air Berdasarkan Parameter Fisika dan Kimia di Perairan Sungai Patrean Kabupaten Sumenep. *Journal of Aquatic and Fisheries Sciences*. Vol. 1(2), hal: 76-84.
- Almatsier, Sunita, 2009. *Prinsip Ilmu Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Apriani, 2018. Efektivitas Pendapatan Usaha pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Musi Kota Palembang. *Jurnal Studi Sosial dan Politik*. Vol. 2(2).
- Apriani, Nur, dkk, 2014. Analisis Bakteri Patogen Enterik pada Produk Es Batu yang Dipasarkan di Kota Surabaya. *Jurnal Ilmiah Biologi*.
- Arsyina, Lia., Wispriyono, Bambang., Ardiansyah, Iqbal., dan Pratiwi, Laura, Dwi, 2019. Hubungan Sumber Air Minum dengan Kandungan Total *Coliform* dalam Air Minum Rumah Tangga. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia*. Vol. 14(2).
- Aryal, Sagar, 2022. *E. coli (Escherichia coli) – An Overview*. Article. <https://microbenotes.com/escherichia-coli-e-coli/>. Diakses pada 17 November 2023.

- Asfawi, S., 2004. *Analisis Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Kualitas Bakteriologis Air Minum Isi Ulang pada Tingkat Produsen di Kota Semarang*. Universitas Diponegoro.
- Aulia, F. N., 2013. *Analisis Keberadaan Mikroba pada Air Baku PDAM Kabupaten Situbondo*. Universitas Jember: Jember.
- Ayu, D.P.N.S., dan Hariyono, E.P.S., 2017. Jumlah Koloni Bakteri pada Air Sumur yang Dekat dengan Pembuatan Limbah Pabrik Tahu. *Karya Tulis Ilmiah: Diploma III Analisis Kesehatan Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Insan Cendekia Medika Jombang Indonesia*.
- Badan POM RI., 2008. Pengujian Mikrobiologi Pangan. *Artikel*. Vol. 9(2), ISSN: 1829-9334.
- Badan Standarisasi Nasional, 2009. Batas Maksimum Cemaran Mikroba dalam Pangan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7388.
- Badan Standarisasi Nasional, 2021. SNI Air Mineral Menjamin Keamanan Air Minum. *Artikel*. <https://www.bsn.go.id/main/berita/detail/11738/sni-air-mineral-menjamin-keamanan-air-minum#:~:text=Untuk%20menjamin%20kualitas%20dan%20keamanan,3553%3A2015%20%3A%20Air%20Mineral>. Diakses pada 10 Mei 2024.
- Badan Standarisasi Nasional. *SNI 01-3553-20015: Air Mineral*. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. *SNI 01-3553-2006: Air Minum dalam Kemasan (AMDK)*. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Bakri, Saiful, 2019. Status Gizi, Pengetahuan dan Kecukupan Konsumsi Air pada Siswa SMA Negeri 12 Kota Banda Aceh. *Jurnal AcTion: Aceh Nutrition Journal*. Vol. 4(1) hal: 22-27.
- Bappenas, 2003. *Perencanaan Pembangunan Nasional*. Jakarta. Bappenas TA-SRPP.
- Bintariadi, Bibin, 2005. 20 Sumber Mata Air di Batu Tercemar. *Artikel*. <https://nasional.tempo.co/read/65740/20-sumber-mata-air-di-batu-tercemar>. Diakses pada 19 Mei 2024.
- Boamah, V.E., Gbedema, S.Y., Adu, F, and OforiKwakye, K., 2011. Microbial Quality of Household Water Sources and Incidence of Diarrhoea in Three Peri Urban Communities in Kumasi, Ghana. *Journal Pharm Sci Res*. Vol. (3).
- Boleng, Didimus, Tanah, 2011. Analisis Total Bakteri (ALT) dan Total *Coliform* pada Air Sumur Penduduk di Kelurahan Sempaja Utara. *Jurnal Pembelajaran Sains*. Vol. 9(3), hal: 313-322.
- BPOM RI, 2008. *Metode Analisis Mikrobiologi*. Jakarta: Pusat Pengujian Obat dan Makanan. Badan Pengawasan Obat dan Makanan Republik Indonesia: Jakarta.

- Busthomi, Muhamad, 2023. DLH Pemkab Pasuruan Investigasi Sungai Welang yang Tercemar Limbah Industri. *Artikel*. <https://radarbromo.jawapos.com/pasuruan/1003063223/dlh-pemkab-pasuruan-investigasi-sungai-welang-tercemar-limbah-industri-temukan-ini>. Diakses pada 19 Mei 2024.
- Campbell, N. A., 2002. *Biologi Edisi Kelima Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Chapelle, F., 1993. *Groundwater Microbiology and Geochemistry*. New York: John Wiley and Sons.
- Diarrukmi, 2021. Efektivitas Hasil Pertumbuhan Jamur *Aspergillus flavus* pada Media Sabouraud Dextrose Agar (SDA) dan Malt Extract Agar (MEA) yang Dibandingkan dengan Media Potato Dextrose Agar (PDA). *Karya Tulis Ilmiah*. Yogyakarta: Poltekkes Kemenkes Yogyakarta.
- Departemen Kesehatan RI., 2010. *Permenkes Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum*. Jakarta: Departemen Kesehatan RI.
- Departemen Pendidikan Nasional, 2005. *Kamus Besar Bahasa Indonesia Edisi Ketiga*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Depkes RI., 2002. *Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum*. Permenkes RI NO. 907/Menkes/SK/VII/2012. Jakarta: Depkes RI.
- Depkes RI, 2006. *Kumpulan Model Kursus Hygiene Sanitasi Makanan*. Jakarta: Depkes RI.
- Devi, Ega, Diasita, 2016. Fermentasi Rebung Bambu Apus (*Gigantochloa apus*) dalam Media Air Kelapa dengan Kadar Gara, 2,5% dan 5% pada suhu 15°C: Perubahan Karakteristik Kimiawi dan Potensi Probiotik Bakteri Asam Laktat. *Thesis*: UNIKA Soegijapranata.
- Dirjen POM, 2000. *Metode Analisa Pusat Pengujian Obat dan Makanan Nasional tentang Pengujian Angka Lempeng Total*. Jakarta: Badan Pengawasan Obat dan Makanan RI.
- Djide, M. Natsir dan Sartini, 2008. *Analisis Mikrobiologi Farmasi*. UNHAS: Makassar.
- Dwidjoseputro, 1994. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Jakarta: Gramedia Pustaka.
- Elkan, Michael, 2015. Tafsir Surat Al-Furqan ayat 48-50. *Artikel*. <http://www.ibnukatsironline.com/2015/07/tafsir-surat-al-furqan-ayat-48-50.html>. Diakses pada 10 Mei 2024.
- El-Radhi A.S., Carroll J., Klein N., and Abbas A., 2009. *Clinical Manual of Fever in Children*, Edisi ke-9, page: 1-24. Berlin: SpringerVerlag.
- Entjang, I., 2000. *Ilmu Kesehatan Masyarakat*. Bandung: Citra Aditya Bakti.
- Fardiaz, S., 1993. *Analisis Mikrobiologi Pangan*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Fathurrahman, Amang, 2017. Redupnya Air Surga Mata Air Kabupaten Pasuruan. *Artikel*. <https://yudharta.ac.id/redupnya-air-surga-mata-air-kabupaten-pasuruan/>. Diakses pada 19 Mei 2024.
- Februhartanti dan Iswaranti, 2006. Amankan Makanan Jajanan Anak Sekolah Indonesia. *Artikel*. <http://www.gizi.net/cgi-bin/berita/fullnews.cgi?newsid>. Diakses pada 13 November 2023.
- Figuera, M.J., and Borrego, J.J., (2010). New Perspectives in Monitoring Drinking Water Microbial Quality. *International Journal Environmental and Public Health*. Vol. 7(12).

- Figueras, Ma, Jose., and Borrego, Juan, J., 2010. New Perspectives in Monitoring the Microbial Quality of Drinking Water. *International Journal of Environmental Public Health*. Vol. 7(12). ISSN: 4179-4204.
- Geo, F. B., Karen, C. C., Janet, S. B., Stephen, A. M., Timothy, A. M., 2011. *Medical Microbiology 25 th edition*. New York: McGraw Hill.
- Gumilang, Fajar, M., 2022. Analisis Kualitas Air Minum dalam Kemasan dengan Parameter Fisik dan Mikrobiologi. *Skripsi*: IPB University.
- Hamka, 1999. *Tafsir Al-Azhar* (Singapura, Pustaka Nasional Pte Ltd), hal: 147
- Hardoy, Jorge E., dan Satterthwaite, D., 1992. *Environmental Problems in Third World Cities*. London: Earthscan.
- Harmita dan M., Radji, 2008. *Buku Ajar Analisis Hayati Edisi 3*. EGC: Jakarta.
- Hart, T. & Shears, P., 2004. *Colour Atlas of Medical Microbiology*, 2nd Edition, London, Mosby.
- Hastuti, Y.D., Nasution, E., dan Aritonang, E.Y., 2015. Perilaku Konsumsi Air Minum pada Siswa/Siswi SMA Negeri 3 Medan tahun 2014. *Gizi, Kesehatan Reproduksi, dan Epidemiologi*. Vol. 1(3).
- Helmiyati., Ayu Fitria., dan Nurrahman, 2010. Pengaruh Konsentrasi Tawas Terhadap Pertumbuhan Bakteri Gram Positif Dan Negatif. *Jurnal Pangan dan Gizi*. Vol. 1(1). 1-6.
- Hornby, A.S., 2010. *Oxford Advanced Learner's Dictionary of Current English*. Argentina: Oxford University Press.
- Howard, G., dan Jamie, B., 2003. *Domestic Water Quantity*. Service Level and Health. World Health Organization.
- Ibnu Katsir, 2004. *Tafsir Ibnu Katsir* terj. Abdul Ghafar, Abdurrahman Mu'thi jilid 8. Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafi'i, hal: 30.
- IBWA, 2015. *Bottled Water Code of Practice*. Alexandria: Virginia
- Indo, Benni (2022). Pencemaran Bikin Kualitas Air di Kota Batu Memburuk, Pemkot: Ada Temuan Logam dan Mikroplastik. *Artikel*. <https://jatim.tribunnews.com/2022/09/19/pencemaran-bikin-kualitas-air-di-kota-batu-memburuk-pemkkot-ada-temuan-logam-dan-mikroplastik>. Diakses pada 19 Mei 2024.
- Institute of Medicine (IPM), 2004. *Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate*. Nasional Academic Press: USA.
- Ja'far Subhani, 2007. *Wisata al-Qur'an, Tafsir Ayat-Ayat Metafora*, Terj. M.Ilyas (Al-Huda), hal: 119.
- James, Joyce dkk., 2008. *Prinsip-Prinsip Sains Untuk Keperawatan*. Diterjemahkan oleh: dr. Indah Retno Wardhani. Jakarta: Erlangga.
- Jawetz, Melnick & Adelberg, 2007. *Mikrobiologi Kedokteran*. Edisi 23. Nugroho, Edi dan Maulany, R. F., penerjemah: Jakarta; Penerbit Buku Kedokteran: EGC.
- Jiwintarum, Yunan., Agrijanti., Septiana, Baiq, Lilis, 2017. Most Probable Number (MPN) coliform dengan Variasi Volume Media Lactose Broth Single Strength (LBSS) dan Lactose Broth Double Strength (LBDS). *Jurnal Kesehatan Prima*. Vol. 11(1), hal: 11-17.

- Kalachev, Sergei., Makhotina, Irina., Plakhotnik, Anna., Belkin, Yuri., dan Izembayeva, Assel, 2019. The Role of Drinking Water in The Human Diet and The Quality of Bottled Drinking Water. *Journal of Hygienic Engineering and Design*. Review Paper. UDC 628.1.033:614.777(470+571).
- Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional, 2019. Lampiran Rancangan Teknokratik: RPJMN 2020-2024. *Jurnal Nasional, Rancangan Teknokratik: RPJMN 2020-2024*. Jakarta: Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional.
- Kementerian Perindustrian dan Perdagangan RI., 2004. *Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan No. 651 Tahun 2004 tentang Persyaratan Teknis Depot Air Minum dan Perdaganganannya*.
- Khotimah, Lailatul, 2016. Analisis Cemaran Bakteri *Coliform* dan Identifikasi *Escherichia coli* pada Es Batu Kristal dan Es Balok di Kelurahan Cibubur Jakarta Timur. *Skripsi*. Jurusan Farmasi, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, UIN Jakarta.
- Koswara, Nina, Dewi, 2020. Analisis Mikrobiologi Terapan. *Powerpoint: Uji Cemaran Mikroba Metode Total Plate Count (TPC)*. Bandung: SMKN 13.
- Krisnamurti, 2017. Penghitungan Jumlah Sel Bakteri dengan Metode *Most Probable Number (MPN)*. *Prosiding Seminari Nasional SIMBIOSIS II*. e-ISSN: 9772613950003.
- Kusnaedi, 2010. *Mengolah Air Kotor untuk Air Minum*. Penebar Swadaya. Depok.
- Kusuma, Sei, Agung, Fitri, 2009. Uji Biokimia Bakteri. *Karya Tulis Ilmiah*. Fakultas Farmasi, Universitas Padjajaran: Bandung.
- Kusumawardani, Siska, dan Larasati, Ajeng, 2020. Analisis Konsumsi Air Putih terhadap Konsentrasi Siswa. *Jurnal Ilmiah PGSD*. Vol. 4(2). ISSN: 2579-6151.
- Laili, Nur, Hamisa., Abida, Indah, Wahyuni., dan Junaidi, Abdussalam, 2022. Nilai *Total Plate Count (TPC)* dan Jumlah Jenis Bakteri Air Limbah Cucian Garam (*Bittern*) dari Tambak Garam Desa Banyuajuh Kecamatan Kamal, Kabupaten Bangkalan. *Jurnal Trunojoyo*. Vol. 3(1).
- Linorita I., 2011. *Analisis Asupan Air dan Mutu Gizi Asupan pangan pada Remaja di Indonesia*.
- M. Quriash, Shihab, 2015. *Tafsir Al-Misbah: Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Qur'an*. Jakarta: Lentera Hati. Vol: 7.
- M. Resky, 2020. Surah Al-Waqiah Ayat 63-74: Terjemahan dan Tafsir Al-Qur'an. *Artikel*. <https://pecihitam.org/surah-al-waqiah-ayat-63-74-terjemahan-dan-tafsir-al-quran/>. Diakses pada 17 November 2023.
- Mairizki, Fitri, 2019. Analisa Kualitas Air Minum Isi Ulang di Sekitar Kampus Universitas Islam Riau. *Jurnal Katalisator*. Vol. 2(1) hal: 9-19.
- Mardiati, Tuti, 2013. Peran Usaha Air Minum Isi Ulang dalam Meningkatkan Ekonomi Masyarakat di Kecamatan Tampan Ditinjau dari Perspektif Ekonomi Islam. *Skripsi*: UIN Sultan Syarif Kasim Riau.
- McKinney, Ross., 2004. *Environmental Pollution Control Microbiology*. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Mirza, Muhammad, Navis, 2014. *Hygiene Sanitasi dan Jumlah Coliform Air Minum*. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. Vol. 9(2) hal: 167-173.

- Muhammad bin Umar Nawawi al-Jawi, 2006. *Tafsir Marah Labid*. Lebanon: Dar al-Kotob al-Ilmiyah, hal: 13.
- Muhammad, Nasib al-Rifa'i, 1999. *Ringkasan Tafsir Ibnu Katsir Jild 1*. Jakarta: Gema Insan. hal: 342.
- Museum, 2023. Pentingnya Air bagi Tubuh Kita. Artikel. <https://budaya.jogjaprovo.go.id/berita/detail/1586-pentingnya-air-bagi-tubuh-kita>. Diakses pada 30 April 2024.
- Nahdlatul Ulama, 2022. An-Nahl ayat 10. Artikel. <https://quran.nu.or.id/an-nahl/10>. Diakses 22 Oktober 2023.
- Natalia, L.A., Bintari, S.H., dan Mustikaningtyas, D., 2014. Kajian Kualitas Bakteriologis Air Minum Isi Ulang di Kabupaten Blora. *Unnes Journal of Life Science*. Vol. 3 (1) hal: 32-34
- Naue, D. B., Karneli, Syailendra, A., Syafitri, I., Wulandari, S., & Julianti, W., 2022. Buah BIT (*Beta vulgaris* L.) sebagai Alternatif Safranin pada Pewarnaan Gram. Husada Mahakam: *Jurnal Kesehatan*. Vol 24(12), 19-24.
- Nelly P., dan Ani I., 2015. Deskripsi Hasil Uji Lempeng Total (ALT) pada Beberapa Susu Formula Bayi: *Jurnal Kefarmasian Indonesia*.
- Nisak, Aulia, Jauharum, dkk, 2012. Uji Kualitas Air. Artikel. <http://www.scribd.com/mobile/doc/ujikualitasaair.pdf>. Diakses pada 13 November 2023.
- Nugroho, Dimas, 2015. Uji Mikrobiologis pada Berbagai Jenis Air Minum. *Skripsi*. Fakultas Kedokteran: UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Nuria, M. C., dan Rosyid A., 2009. Uji Kandungan Bakteri *Escherichia coli* pada Air Minum Isi Ulang di Kabupaten Rembang. *Mediargo*.
- Paiting, Yulius, S., dan Irjayanti, Apriyana, 2018. Hubungan *Hygiene* Sanitasi dengan Kualitas Mikrobiologi Air Minum pada Depot Air Minum Isi Ulang di Wilayah Kerja Puskesmas Kotaraja, Kota Jayapura. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Edisi IV*.
- Pakpahan, R. S, Picauly I., dan Mahayasa, I Nyoman Widiarta, 2015. Cemaran Mikroba *Escherichia coli* dan Total Bakteri *Coliform* pada Air Minum Isi Ulang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*. Vol. 9(4).
- Pelczar, M.J., 2009. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Jakarta: UI Press.
- Pelczar, M.J., dan Chan, E.C.S., 1988. *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Jilid 2. Universitas Indonesia Press: Jakarta.
- Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun 2011 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur.
- Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 75 Tahun 2013 tentang Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan Bagi Bangsa Indonesia. Peraturan Menteri Kesehatan RI.
- Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 43 Tahun 2014 tentang *Hygiene* Sanitasi dan Depot Air Minum. Peraturan Menteri Kesehatan RI.
- Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Peraturan Menteri Kesehatan RI.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 09/PRT/M/2015 tentang Penggunaan Sumber Air.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, 2015. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 122 Tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum.

- Perhimpunan Dokter Spesialis Penyakit Dalam Indonesia, 2009. *Buku Ajar Ilmu Penyakit Dalam*. PDSPDI: Jakarta.
- Permenkes No. 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kualitas Air untuk Keperluan *Hygiene* Sanitasi, Kolam Renang, *Solus Per Aqua*, dan Pemandian Umum.
- Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB), 2015. Why it Matters Sanitation. *Article*. https://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/2016/08/6_Why-it-Matters_Sanitation_2p.pdf. Diakses pada 13 November 2023.
- Prasetyowati, Indah dan Sari, Tri, Purnama, 2014. Tingkat Pengetahuan tentang Pentingnya Mengonsumsi Air Mineral pada Siswa Kelas IV di SDN Keputran Yogyakarta. *Jurnal Pendidikan Jasmani Indonesia*. Vol. 10(2).
- Presiden Republik Indonesia, 2005. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.16 Tahun 2005 tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum.
- Purwanto, Eko, Wiji. 2020. Pembangunan Akses Air Bersih Pasca Krisis Covid-19. *The Indonesian Journal of Development Planning*. Vol. 4(2).
- Puspitasari Shinta J. M., 2013. Hubungan Kualitas Bakteriologis Air Sumur dan Perilaku Sehat Dengan Kejadian *Waterborne Disease* di Desa Tambak Sumur Kecamatan Waru Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. Hal: 76–82.
- Puspitasari, Indah., Indriyati, Niken., F., Victoria, Yulita., dan Rusli, Rolan., 2015. Pengujian Kualitas Aspek Mikrobiologi Air Minum Isi Ulang. *Prosiding Seminar Nasional Kefarmasian ke-1*. Universitas Mulawarman: Samarinda.
- Putri, I Putu, Mas Arie Pradina, 2021. Pemeriksaan Kualitas Air Minum secara Mikrobiologis di Daerah Bukit Jimbaran. *CERATA: Jurnal Ilmu Farmasi*. Vol. 12(2) ISSN: 2685-1229.
- Quraish Shihab, 2005. *Dia Dimana-Mana, Tangan Tuhan Dibalik Setiap Fenomena*. Jakarta: Lentera Hati.
- Quraish Shihab, 2009. *Tafsir Al-Misbah* Edisi:15. Jakarta: Lentera Hati.
- Rahayu, Komang, Try, Adnyani., Sumadewi, Ni Luh, Utari, dan Astuti, Ni Putu, Widya, 2018. Kualitas Bakteriologis dan *Hygiene* Sanitasi pada Depot Air Minum Isi Ulang di Wilayah Kerja Puskesmas II Denpasar Barat. *Journal Biology*. Vol. 4(3).
- Rini, C. S., dan Rochmah, J., 2020) *Bakteriologi Dasar*. Sidoarjo: UMSIDA Press.
- Rochmawati, Y., dan Kustomo, K., 2020. Analisis Kualitas Air pada *Reservoir* PDAM Kota Semarang menggunakan Uji Parameter Fisika, Kimia, dan Mikrobiologi, serta Dikombinasikan dengan Analisis Kemometri. *Walisongo Journal of Chemistry*. Vol. 3(2) hal: 100–107.
- Rubiani, 2022. Analisis *Most Probable Number* (MPN) pada Air Minum Isi Ulang di Wilayah Nambo Kota Kendari. *Karya Tulis Ilmiah*. Politeknik Kesehatan Kemenkes Kendari.
- Rumondor, Perisai, P., Porutuo, J., dan Waworuntu, Olivia., 2014. Identifikasi Bakteri pada Depot Air Minum Isi Ulang di Kota Manado. *Jurnal e-Biomedik*. Vol. 2(2).
- Safitri, Ika, 2023. Mengenal *Total Plate Count* (TPC) / Angka Lempeng Total (ALT). *Artikel*. [https://dkp.jatimprov.go.id/unit/pmp2kpsurabaya/news/view/27#:~:text=ALT%20merupakan%20salah%20satu%](https://dkp.jatimprov.go.id/unit/pmp2kpsurabaya/news/view/27#:~:text=ALT%20merupakan%20salah%20satu%20)

[20metode,menggunakan%20alat%20bantu%20seperti%20mikroskop.](#)

Diakses pada 6 Mei 2024.

- Santoso, Budi, Iman., Hardunsyah., Siregar, Parlindungan., Pardede, Sudung, O., 2011. *Air Bagi Kesehatan*. Jakarta: Centra Communications.
- Sari, Evi, Puspita, 2015. Analisa *Most Probable Number* (MPN) *Coliform* pada Es Kristal yang Diperjualbelikan di Rumah Makan Kelurahan Dwikora Medan. *Karya Tulis Ilmiah*. Fakultas Ilmu Kesehatan: Universitas Sari Mutiara Indonesia Medan.
- Sari, Dwi, Ratna, dkk., 2017. Pengaruh Kontaminasi Jamur pada Media *Eosin Methylene Blue Agar* (EMBA) terhadap Penghitungan Bakteri *Coliform* pada Air Minum. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Universitas Gadjah Mada*.
- Sari, Irma, Lukita, 2020. Perlindungan Konsumen terhadap Kualitas Air Minum berdasarkan Permenkes No. 43 Tahun 2014 dan Perspektif *Masalah Mursalah* (Studi di Depot Air Minum Isi Ulang di Kelurahan Merjosari Kecamatan Lowokwaru Kota Malang). *Skripsi*: UIN Malang.
- Sari, Meliana., Putra, Manda, Ridwan., dan Agrina, 2019. Hubungan *Hygiene Sanitasi* terhadap Kualitas Air Minum pada Depot Air Minum Isi Ulang di Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru tahun 2019. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. Vol. 13(2).
- Shaloma, S. A., Ghozali, T. Z., dan Efendi, M. R. S., 2023. Identifikasi Bakteri dari Telapak Tangan dengan Pewarnaan Gram. *Jurnal Kimia dan Ilmu Lingkungan*. Vol. 1(1), hal: 30-35.
- Soemarno, 2002. *Isolasi dan Identifikasi Bakteri Klinik Akademi Analis Kesehatan Yogyakarta*. Departemen Kesehatan RI.
- Sri Malem, Indirawati, 2008. Analisis *Hygiene Sanitasi* dan Kualitas Air Minum Isi Ulang (AMIU) berdasarkan Sumber Air Baku pada Depot Air Minum di Kota Medan. *Tesis*: Universitas Sumatera Utara.
- Subekti, S., 2012. Studi Identifikasi Kebutuhan dan Potensi Air Baku Air Minum Kabupaten Pasuruan. *Jurnal Momentum*. Vol. 8(2). Hal: 48-51.
- Sudarti dan Nila, Rayi, Puspitasari, 2021. Analisis Studi Kasus Krisis Ketersediaan Air Musim Kemarau dalam Upaya Menanggulangi Masyarakat Desa Butuh. *Jurnal Ilmiah Ilmu Dasar dan Lingkungan Hidup*. Vol. 21(1) hal: 14-20.
- Sulistyawati, 2003. Studi Kulaitas Bakteriologis Air Minum Isi Ulang Tingkat Produsen Di Kota Semarang. *Skripsi*: Fakultas Kedokteran UNDIP.
- Sumampouw, J.O., 2017. *Diare Balita Suatu Tinjauan dari Bidang Kesehatan Masyarakat*. Yogyakarta: Penerbit Deepublish. ISBN: 978-602-453-717-3.
- Sumirat, 1994. *Kesehatan Lingkungan*. Bandung: Gadjah Mada University Press.
- Sunarti, Riri, Novita, 2015. Uji Kualitas Air Sumur dengan Menggunakan Metode MPN (*Most Probable Numbers*). *Jurnal Bioilmi*. Vol. 1(1) hlm: 30-34.
- Sunarti, Riri, Novita, 2016. Uji Kualitas Air Minum Isi Ulang disekitar Kampus UIN Raden Fatah Palembang. *Jurnal Bioilmi*. Vol. 2(1) hlm: 40-50.
- Sundari, Sri, dkk, 2019. Uji Angka Lempeng Total (ALT) pada Sediaan Kosmetik Lotion X di BBPOM Medan. *Jurnal Biologica Samudra*. Vol. 1(1) hal: 25-33.
- Supardi, Imam., dan Sukamto, 1999. *Mikrobiologi dalam Pengolahan dan Keamanan Pangan*. Bandung: Yayasan Adikarya Ikapi.

- Suprihatin, 2004. Keamanan Air Minum Isi Ulang. *Artikel*. <https://www.ampl.or.id/digilib/read/keamanan-air-minum-isi-ulang/21656>. Diakses pada 11 November 2023.
- Suprihatin, dan Suparno, O., 2013. *Teknologi Proses Pengolahan Air*. Bogor: IPB Press.
- Surahmaida, dan Nurhatika, Sri, 2018. Perhitungan Angka Lempeng Total Bakteri pada Telur Ayam Ras. *Jurnal Stigma*. Vol. 11(1) hal: 33-36.
- Suriawiria, Unus, 1996. *Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Buangan secara Biologis*. Bandung: Alumni.
- Suripin, 2002. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Susanto, H., 2016. *Pemeriksaan Protozoa. Helminthes*. Depok: PPPPTK Bisnis dan Pariwisata.
- Susanto, Joko, Prayitno, 2005. Analisis Deskripsi Pencemaran Air Sumur pada Daerah Industri Pengecoran Logam. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol. 6(2) hal: 402-409.
- Suyono, 2014. *Pencemaran Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: EGC.
- Tafsir Al-Qur'an, 2021. Tafsir Surah Al-Waqi'ah ayat 68-70. *Artikel*. <https://tafsiralquran.id/tafsir-surah-al-waqiah-ayat-68-70/>. Diakses pada 10 November 2023.
- Tortora, G. J., 2002. *Microbiology An Introduction*, 734-736, Pearson Education, San Francisco.
- UNICEF, 2014. Water, Sanitation and Hygiene, UNICEF. *Article*. <https://www.unicef.org/indonesia/water-sanitation-and-hygiene>. Diakses pada 13 November 2023.
- Vesilind, P. A., Morgan, S. M., Heine, L.G., 2010. *Environmental Engineering*. Third Edition. Cengage Learning. Stanford.
- Virgianti, D. P., & Luciana, C., 2017. Penggunaan Ekstrak Kombinasi Angkak dan Daun Jati Sebagai Pewarna Penutup pada Pewarnaan Gram. *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada*, Vol 17(1), 68-72.
- Wagner, E.G., dan J.N., Lanix, 1959. *Water Supply for Rural and Small Communities*. Geneva: World Health Organization (WHO).
- Walangitan, M. R, Sapulete, Maragareth, dan Pangemanan, Jane, 2016. Gambaran Kualitas Air Minum dari Depot Air Minum Isi Ulang di Kelurahan Ranotana-Weru dan Kelurahan Karombasan Selatan Menurut Parameter Mikrobiologi. *Jurnal Kedokteran Komunitas dan Tropik*. Vol. 4(1).
- Waluyo, L., 2016. *Mikrobiologi Umum*. Edisi Revisi. Malang: UMM Press.
- Wandrivel R., Suharti N, Lestari Y., 2012. Kualitas Air Minum yang Diproduksi Depot Air Minum Isi Ulang di Kecamatan Bungus Padang berdasarkan Persyaratan Biologi. *Jurnal Kesehatan Andalas*. Vol. 1(3):129-133.
- Widiyanti, N. L. P. M., dan Ni Putu R., 2004. Analisis Kualitatif Bakteri *Coliform* pada Depot Air Minum Isi Ulang di Kota Singaraja Bali. *Jurnal Ekologi Kesehatan*. Vol. 3. (1). Hal: 64-73.
- Wijaya, Naufal, Maulana., dan Wijayanti, Yuni, 2022. Kualitas Air pada Depot Air Minum Isi Ulang yang Terverifikasi di Wilayah Kerja Puskesmas Grogol, Kabupaten Sukoharjo. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. Vol. 10(4).
- World Health Organization (WHO), 2009. *Global Health Risks: Mortality and Burden of Disease Attributable to Selected Major Risks*. Geneva: Swiss.

- World Health Organization (WHO), 2019. *Water, Sanitation, Hygiene, and Health: A Primer for Health Professionals*, pp. 1–40.
- Wulandari, Destik., dan Purwaningsih, Desi, 2019. Identifikasi dan Karakterisasi Bakteri Amilolitik pada Umbi *Colocasia esculenta* L. secara Morfologi, Biokimia, dan Molekuler. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia*. Vol. 6(2).
- Yousef, Ahmed, E., and Carlstrom, C., 2003. *Food Microbiology A Laboratory Manual*. John Willey & Sons, Inc. New Jersey.
- Yulid, Hendi, 2009. *Mutiara Tamsil dalam Al-Qur'an*. Yogyakarta: Cakrawala Media, hal: 4.
- Yuniarty, T., dan Misbach, S. R., 2016. Pemanfaatan Sari Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas poitret*) sebagai Bahan Zat Pewarna pada Pewarnaan *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Teknologi Laboratorium*, Vol 5(2), 59-63.
- Zakianis, 2003. Kualitas Bakteriologis Air Bersih sebagai Faktor Risiko Terjadinya Diare pada Bayi di Kecamatan Pancoran Mas Kota Depok Tahun 2003. *Tesis*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Zulhilmi., Efendy, Ismail., Syamsul, Darwin., dan Idawati, 2019. Faktor yang Berhubungan Tingkat Konsumsi Air Bersih pada Rumah Tangga di Kecamatan Peudada Kabupaten Bireun. *Journal Biology Education*. Vol. 7(2) hal:110-126.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Syarat Perhitungan Koloni Bakteri pada Uji ALT (Koswara, 2020)

a KASUS 1

Rentang: 25 - 250

Bila hanya satu pengenceran yang berada pada rentang yang sesuai, hitung jumlah RERATA dari pengenceran tersebut

Pengenceran	Cawan I	Cawan II	Jumlah Koloni rata-rata
10^{-2}	---	---	---
10^{-3}	175	208	191,5
10^{-4}	16	17	---

Nilai TPC = $191,5 \times \frac{1}{10^{-3}}$
 = 191500
 Pembulatan = 190000
 = $1,9 \times 10^5$ cfu/ml

b KASUS 2

Bila ada dua pengenceran yang berada pada rentang yang sesuai, maka semua jumlah koloni rerata digunakan dalam perhitungan, kemudian dirata2

Pengenceran	Cawan I	Cawan II	Jumlah Koloni rata-rata
10^{-2}	---	---	---
10^{-3}	224	225	224,5
10^{-4}	25	30	27,5

Nilai TPC = $\frac{(224,5 \times \frac{1}{10^{-3}}) + (27,5 \times \frac{1}{10^{-4}})}{2}$
 = $\frac{224500 + 275000}{2}$
 = 249750
 Pembulatan = 250000
 = $2,5 \times 10^5$ cfu/ml

c KASUS 3

Pengenceran	Cawan I	Cawan II	Jumlah Koloni rata-rata
10^{-2}	18	14	16
10^{-3}	2	0	---
10^{-4}	0	0	---

Nilai TPC = $16 \times \frac{1}{10^{-2}}$
 = 1600
 Pembulatan = 1600*
 = $1,6 \times 10^2$ cfu/ml

Jumlah koloni semua < 25 koloni.
 Pada pengenceran terendah, hitung jumlah reratanya dan kalikan dengan faktor pengenceran dan beri tanda * (di luar jumlah koloni 25 - 250)

d KASUS 4

Bila jumlah koloni semua lebih dari 250 koloni, hitung koloni yang dapat dihitung atau yang mewakili, dan beri tanda * (di luar rentang jumlah koloni)

Pengenceran	Cawan I	Cawan II	Jumlah Koloni rata-rata
10^{-2}	---	---	---
10^{-3}	---	---	---
10^{-4}	523	487	505

Nilai TPC = $505 \times \frac{1}{10^{-4}}$
 = 5.050.000
 Pembulatan = 5.100.000*
 = $5,1 \times 10^6$ cfu/ml

e KASUS 5

Bila ada 2 pengenceran masuk rentang, tetapi ada spreader, hitung jumlahnya, tetapi yang spreader tidak dihitung

Pengenceran	Cawan I	Cawan II	Jumlah Koloni rata-rata
10^{-2}	---	---	---
10^{-3}	245	230	237,5
10^{-4}	35	spreader	35

Nilai TPC = $\frac{(237,5 \times \frac{1}{10^{-3}}) + (35 \times \frac{1}{10^{-4}})}{2}$
 = $\frac{237500 + 350000}{2}$
 = 293750
 Pembulatan = 290.000
 = $2,9 \times 10^5$ cfu/ml

f KASUS 6

Bila semua cawan tidak ditumbuhi koloni semua, maka jumlah TPC adalah kurang dari (<) 1 kali pengenceran terendah yang digunakan, dan beri tanda *

Pengenceran	Cawan I	Cawan II	Jumlah Koloni rata-rata
10^{-2}	0	0	0
10^{-3}	0	0	0
10^{-4}	0	0	0

Nilai TPC = $1 \times \frac{1}{10^{-2}}$
 = 100
 Pembulatan = < 100*
 = $< 1 \times 10^2$ cfu/ml

g KASUS 7

Pada satu pengenceran, jumlah koloni ada yang masuk rentang dan ada yang tidak masuk rentang, hitung semua cawan, termasuk yang koloninya lebih dari 250, lalu dirata2

Pengenceran	Cawan I	Cawan II	Jumlah Koloni rata-rata
10^{-2}	---	---	---
10^{-3}	245	278	261,5
10^{-4}	23	20	---

Nilai TPC = $261,5 \times \frac{1}{10^{-3}}$
 = 26.100
 Pembulatan = 26000
 = $2,6 \times 10^4$ cfu/ml

h KASUS 8

Pada satu pengenceran, jumlah koloni ada yang masuk rentang dan ada yang tidak masuk rentang, hitung semua cawan termasuk yang kurang dari 25, lalu dirata2

Pengenceran	Cawan I	Cawan II	Jumlah Koloni rata-rata
10^{-2}	---	---	---
10^{-3}	225	255	240
10^{-4}	21	40	30,5

Nilai TPC = $\frac{(240 \times \frac{1}{10^{-3}}) + (30,5 \times \frac{1}{10^{-4}})}{2}$
 = $\frac{240000 + 305000}{2}$
 = 272.500
 Pembulatan = 270.000
 = $2,7 \times 10^5$ cfu/ml

Lampiran 2. Lembar Ceklis *Hygiene* Sanitasi DAM Permenkes No. 43 (2014)

- | | |
|---|--------------------------------|
| 1. Nama DAM | : DAMIU A |
| 2. Nama Pemilik/Penanggung jawab | : - |
| 3. Alamat DAM | : Kec. Lowokwaru, Kota Malang |
| 4. Tanggal/Bulan/Tahun Mulai Beroperasi | : 2000 |
| 5. Lokasi/tempat Sumber Air Baku | : Di dalam rumah, dekat toilet |
| 6. Jarak dari Sumber Air Baku | : ... km |
| 7. Luas Bangunan | : ... m ² |

Objek	Tanda (✓)	Nilai	U R A I A N
I. Tempat			
1.	X	2	Lokasi bebas dari pencemaran dan penularan penyakit
2.	√	2	Bangunan kuat, aman, mudah dibersihkan dan mudah pemeliharaannya
3.	√	2	Lantai kedap air, permukaan rata, halus, tidak licin, tidak retak, tidak menyerap debu, dan mudah dibersihkan, serta kemiringan cukup landai
4.	√	2	Dinding kedap air, permukaan rata, halus, tidak licin, tidak retak, tidak menyerap debu, dan mudah dibersihkan, serta warna yang terang dan cerah
5.	√	2	Atap dan langit-langit harus kuat, anti tikus, mudah dibersihkan, tidak menyerap debu, permukaan rata, dan berwarna terang, serta mempunyai ketinggian cukup
6.	X	2	Tata ruang terdiri atas ruang proses pengolahan, penyimpanan, pembagian/penyediaan, dan ruang tunggu pengunjung/konsumen
7.	√	2	Pencahayaan cukup terang untuk bekerja, tidak menyilaukan dan tersebar secara merata

8.	√	2	Ventilasi menjamin peredaran/pertukaran udara dengan baik
9.	X	2	Kelembaban udara dapat memberikan mendukung kenyamanan dalam melakukan pekerjaan/aktivitas
10.	√	2	Memiliki akses kamar mandi dan jamban
11.	X	2	Terdapat saluran pembuangan air limbah yang alirannya lancar dan tertutup

Objek	Tanda (✓)	Nilai	U R A I A N
12.	X	2	Terdapat tempat sampah yang tertutup
13.	√	2	Terdapat tempat cuci tangan yang dilengkapi air mengalir dan sabun
14.	√	2	Bebas dari tikus, lalat dan kecoa
II. Peralatan			
15.	√	3	Peralatan yang digunakan terbuat dari bahan tara pangan
16.	X	3	Mikrofilter dan peralatan desinfeksi masih dalam masa pakai/tidak kadaluarsa
17.	√	2	Tandon air baku harus tertutup dan terlindung
18.	√	2	Wadah/botol galon sebelum pengisian dilakukan pembersihan
19.	√	2	Wadah/galon yang telah diisi air minum harus langsung diberikan kepada konsumen dan tidak boleh disimpan pada DAM lebih dari 1x24 jam
20.	√	3	Melakukan sistem pencucian terbalik (<i>back washing</i>) secara berkala mengganti tabung <i>macro</i> filter.
21.	√	3	Terdapat lebih dari satu mikro filter (μ) dengan ukuran berjenjang
22.	√	5	Terdapat peralatan sterilisasi, berupa ultra violet dan atau ozonisasi dan atau peralatan disinfeksi lainnya yang berfungsi dan digunakan secara benar
23.	√	2	Ada fasilitas pencucian dan pembilasan botol (galon)
24.	X	2	Ada fasilitas pengisian botol (galon) dalam ruangan tertutup
25.	√	2	Tersedia tutup botol baru yang bersih

III. Penjamah			
26.	X	3	Sehat dan bebas dari penyakit menular
27.	X	3	Tidak menjadi pembawa kuman penyakit
28.	X	2	Berperilaku higiene dan sanitasi setiap melayani konsumen
29.	X	2	Selalui mencuci tangan dengan sabun dan air mengalir setiap melayani konsumen
30.	X	2	Menggunakan pakaian kerja yang bersih dan rapi
31.	X	3	Melakukan pemeriksaan kesehatan secara berkala minimal 1 (satu) kali dalam setahun
32.	X	3	Operator/penanggung jawab/pemilik memiliki sertifikat telah mengikuti kursus higiene sanitasi depot air minum
IV. Air Baku dan Air Minum			
33.	X	5	Bahan baku memenuhi persyaratan fisik, mikrobiologi, dan kimia standar
34.	X	2	Pengangkutan air baku memiliki surat jaminan pasok air baku
Objek	Tanda (✓)	Nilai	U R A I A N
35.	✓	3	Kendaraan tangki air terbuat dari bahan yang tidak dapat melepaskan zat-zat beracun ke dalam air/harus tara pangan
36.	X	2	Ada bukti tertulis/sertifikat sumber air
37.	✓	3	Pengangkutan air baku paling lama 12 jam sampai ke depot air minum dan selama perjalanan dilakukan desinfeksi
38.	X	10	Kualitas air minum yang dihasilkan memenuhi persyaratan fisik, mikrobiologi dan kimia standar yang sesuai standar baku mutu atau persyaratan kualitas air minum
	49	100	

- | | |
|----------------------------------|-----------|
| 1. Nama DAM | : DAMIU B |
| 2. Nama Pemilik/Penanggung jawab | : - |

- | | |
|---|------------------------------------|
| 3. Alamat DAM | : Kec. Lowokwaru, Kota Malang |
| 4. Tanggal/Bulan/Tahun Mulai Beroperasi | : 2007 |
| 5. Lokasi/tempat Sumber Air Baku | : Di dalam rumah, jauh dari toilet |
| 6. Jarak dari Sumber Air Baku | : ... km |
| 7. Luas Bangunan | :... m ² |

Objek	Tanda (✓)	Nilai	U R A I A N
I. Tempat			
1.	X	2	Lokasi bebas dari pencemaran dan penularan penyakit
2.	√	2	Bangunan kuat, aman, mudah dibersihkan dan mudah pemeliharaannya
3.	√	2	Lantai kedap air, permukaan rata, halus, tidak licin, tidak retak, tidak menyerap debu, dan mudah dibersihkan, serta kemiringan cukup landai
4.	√	2	Dinding kedap air, permukaan rata, halus, tidak licin, tidak retak, tidak menyerap debu, dan mudah dibersihkan, serta warna yang terang dan cerah
5.	√	2	Atap dan langit-langit harus kuat, anti tikus, mudah dibersihkan, tidak menyerap debu, permukaan rata, dan berwarna terang, serta mempunyai ketinggian cukup
6.	√	2	Tata ruang terdiri atas ruang proses pengolahan, penyimpanan, pembagian/penyediaan, dan ruang tunggu pengunjung/konsumen
7.	√	2	Pencahayaan cukup terang untuk bekerja, tidak menyilaukan dan tersebar secara merata
8.	√	2	Ventilasi menjamin peredaran/pertukaran udara dengan baik
9.	√	2	Kelembaban udara dapat memberikan mendukung kenyamanan dalam melakukan pekerjaan/aktivitas
10.	√	2	Memiliki akses kamar mandi dan jamban

11.	√	2	Terdapat saluran pembuangan air limbah yang alirannya lancar dan tertutup
-----	---	---	---

Objek	Tanda (✓)	Nilai	U R A I A N
12.	√	2	Terdapat tempat sampah yang tertutup
13.	√	2	Terdapat tempat cuci tangan yang dilengkapi air mengalir dan sabun
14.	√	2	Bebas dari tikus, lalat dan kecoa
II. Peralatan			
15.	√	3	Peralatan yang digunakan terbuat dari bahan tara pangan
16.	√	3	Mikrofilter dan peralatan desinfeksi masih dalam masa pakai/tidak kadaluarsa
17.	√	2	Tandon air baku harus tertutup dan terlindung
18.	√	2	Wadah/botol galon sebelum pengisian dilakukan pembersihan
19.	√	2	Wadah/galon yang telah diisi air minum harus langsung diberikan kepada konsumen dan tidak boleh disimpan pada DAM lebih dari 1x24 jam
20.	√	3	Melakukan sistem pencucian terbalik (<i>back washing</i>) secara berkala mengganti tabung <i>macro</i> filter.
21.	√	3	Terdapat lebih dari satu mikro filter (μ) dengan ukuran berjenjang
22.	√	5	Terdapat peralatan sterilisasi, berupa ultra violet dan atau ozonisasi dan atau peralatan disinfeksi lainnya yang berfungsi dan digunakan secara benar
23.	√	2	Ada fasilitas pencucian dan pembilasan botol (galon)
24.	√	2	Ada fasilitas pengisian botol (galon) dalam ruangan tertutup
25.	√	2	Tersedia tutup botol baru yang bersih
III. Penjamah			
26.	X	3	Sehat dan bebas dari penyakit menular
27.	X	3	Tidak menjadi pembawa kuman penyakit
28.	X	2	Berperilaku higiene dan sanitasi setiap melayani konsumen

29.	X	2	Selalui mencuci tangan dengan sabun dan air mengalir setiap melayani konsumen
30.	√	2	Menggunakan pakaian kerja yang bersih dan rapi
31.	X	3	Melakukan pemeriksaan kesehatan secara berkala minimal 1 (satu) kali dalam setahun
32.	√	3	Operator/penanggung jawab/pemilik memiliki sertifikat telah mengikuti kursus higiene sanitasi depot air minum
IV. Air Baku dan Air Minum			
33.	√	5	Bahan baku memenuhi persyaratan fisik, mikrobiologi, dan kimia standar
34.	√	2	Pengangkutan air baku memiliki surat jaminan pasok air baku
Objek	Tanda (✓)	Nilai	U R A I A N
35.	√	3	Kendaraan tangki air terbuat dari bahan yang tidak dapat melepaskan zat-zat beracun ke dalam air/harus tara pangan
36.	√	2	Ada bukti tertulis/sertifikat sumber air
37.	√	3	Pengangkutan air baku paling lama 12 jam sampai ke depot air minum dan selama perjalanan dilakukan desinfeksi
38.	X	10	Kualitas air minum yang dihasilkan memenuhi persyaratan fisik, mikrobiologi dan kimia standar yang sesuai standar baku mutu atau persyaratan kualitas air minum
	74	100	

1. Nama DAM : **DAMIU C**
2. Nama Pemilik/Penanggung jawab : -
3. Alamat DAM : Kec. Lowokwaru, Kota Malang
4. Tanggal/Bulan/Tahun Mulai Beroperasi : 2015
5. Lokasi/tempat Sumber Air Baku : Di dalam rumah, jauh dari toilet
6. Jarak dari Sumber Air Baku : ... km

7. Luas Bangunan

:... m²

Objek	Tanda (✓)	Nilai	U R A I A N
I. Tempat			
1.	X	2	Lokasi bebas dari pencemaran dan penularan penyakit
2.	✓	2	Bangunan kuat, aman, mudah dibersihkan dan mudah pemeliharaannya
3.	✓	2	Lantai kedap air, permukaan rata, halus, tidak licin, tidak retak, tidak menyerap debu, dan mudah dibersihkan, serta kemiringan cukup landai
4.	✓	2	Dinding kedap air, permukaan rata, halus, tidak licin, tidak retak, tidak menyerap debu, dan mudah dibersihkan, serta warna yang terang dan cerah
5.	✓	2	Atap dan langit-langit harus kuat, anti tikus, mudah dibersihkan, tidak menyerap debu, permukaan rata, dan berwarna terang, serta mempunyai ketinggian cukup
6.	✓	2	Tata ruang terdiri atas ruang proses pengolahan, penyimpanan, pembagian/penyediaan, dan ruang tunggu pengunjung/konsumen
7.	✓	2	Pencahayaan cukup terang untuk bekerja, tidak menyilaukan dan tersebar secara merata
8.	✓	2	Ventilasi menjamin peredaran/pertukaran udara dengan baik
9.	✓	2	Kelembaban udara dapat memberikan mendukung kenyamanan dalam melakukan pekerjaan/aktivitas
10.	✓	2	Memiliki akses kamar mandi dan jamban
11.	✓	2	Terdapat saluran pembuangan air limbah yang alirannya lancar dan tertutup
Objek	Tanda (✓)	Nilai	U R A I A N
12.	✓	2	Terdapat tempat sampah yang tertutup

13.	√	2	Terdapat tempat cuci tangan yang dilengkapi air mengalir dan sabun
14.	√	2	Bebas dari tikus, lalat dan kecoa
II. Peralatan			
15.	√	3	Peralatan yang digunakan terbuat dari bahan tara pangan
16.	X	3	Mikrofilter dan peralatan desinfeksi masih dalam masa pakai/tidak kadaluarsa
17.	√	2	Tandon air baku harus tertutup dan terlindung
18.	√	2	Wadah/botol galon sebelum pengisian dilakukan pembersihan
19.	√	2	Wadah/galon yang telah diisi air minum harus langsung diberikan kepada konsumen dan tidak boleh disimpan pada DAM lebih dari 1x24 jam
20.	√	3	Melakukan sistem pencucian terbalik (<i>back washing</i>) secara berkala mengganti tabung <i>macro filter</i> .
21.	√	3	Terdapat lebih dari satu mikro filter (μ) dengan ukuran berjenjang
22.	√	5	Terdapat peralatan sterilisasi, berupa ultra violet dan atau ozonisasi dan atau peralatan disinfeksi lainnya yang berfungsi dan digunakan secara benar
23.	√	2	Ada fasilitas pencucian dan pembilasan botol (galon)
24.	√	2	Ada fasilitas pengisian botol (galon) dalam ruangan tertutup
25.	√	2	Tersedia tutup botol baru yang bersih
III. Penjamah			
26.	X	3	Sehat dan bebas dari penyakit menular
27.	X	3	Tidak menjadi pembawa kuman penyakit
28.	X	2	Berperilaku higiene dan sanitasi setiap melayani konsumen
29.	X	2	Selalui mencuci tangan dengan sabun dan air mengalir setiap melayani konsumen
30.	X	2	Menggunakan pakaian kerja yang bersih dan rapi
31.	X	3	Melakukan pemeriksaan kesehatan secara berkala minimal 1 (satu) kali dalam setahun

32.	X	3	Operator/penanggung jawab/pemilik memiliki sertifikat telah mengikuti kursus higiene sanitasi depot air minum
IV. Air Baku dan Air Minum			
33.	X	5	Bahan baku memenuhi persyaratan fisik, mikrobiologi, dan kimia standar
34.	X	2	Pengangkutan air baku memiliki surat jaminan pasok air baku
Objek	Tanda (✓)	Nilai	U R A I A N
35.	X	3	Kendaraan tangki air terbuat dari bahan yang tidak dapat melepaskan zat-zat beracun ke dalam air/harus tara pangan
36.	X	2	Ada bukti tertulis/sertifikat sumber air
37.	✓	3	Pengangkutan air baku paling lama 12 jam sampai ke depot air minum dan selama perjalanan dilakukan desinfeksi
38.	X	10	Kualitas air minum yang dihasilkan memenuhi persyaratan fisik, mikrobiologi dan kimia standar yang sesuai standar baku mutu atau persyaratan kualitas air minum
	55	100	

Lampiran 3. Contoh Sertifikat Laik *Hygiene* Sanitasi (Ditjenpas, 2021)

PEMERINTAH KABUPATEN PAMEKASAN
DINAS KESEHATAN
 JL. STADION 140 ☎ (0324) 322969 FAX. (0324) 326245
 PAMEKASAN 69321

SERTIFIKAT
LAIK HYGIENE SANITASI DEPOT AIR MINUM
NOMOR: 19 /432.302/ STDAM/ KESLING/2021

Berdasarkan pertimbangan :

- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.736/MENKES/PER/VI/2010 tentang Tata Laksana Pengawasan Kualitas Air Minum
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 43 Tahun 2014 Tentang Hygiene Sanitasi Depot Air Minum
- Telah Memenuhi kelengkapan persyaratan administrasi dan hasil uji kelaikan hygiene sanitasi depot air minum.

Diberikan Laik Hygiene Sanitasi Depot Air Minum, kepada :

- Nama Perusahaan : **" LAPAS KHUSUS NARKOTIKA KELAS II a"**
- Nama Penanggungjawab : Bpk. Setiawan Rachman, AMd. IP,S.Sos, MH
- Alamat Perusahaan : Jl. Pembina No 2 Kecamatan Pamekasan
Kabupaten Pamekasan
- Berlaku sampai dengan : 28 Juni 2024

Dengan ketentuan sebagai berikut :

- Laik Hygiene Sanitasi berlaku selama 3 (tiga) Tahun dan dapat diperbaharui kecuali terjadi perubahan/mutasi, atau tidak memenuhi persyaratan hygiene sanitasi berdasarkan peraturan perundangan yang berlaku.

Dikeluarkan : Pamekasan
 Pada Tanggal : 28 Juni 2021

PILKEPALA DINAS KESEHATAN
KABUPATEN PAMEKASAN

dr. ACHMAD MARSUKI, MM
 Pembina
 NIP. 19641024 199703 1 002

Lampiran 4. Nilai MPN Tabel menggunakan 3 tabung

Jumlah	Tabung	Positif	MPN per gram/ ml
1:10	1:100	1:1000	
0	0	0	<3
0	0	1	3
0	1	0	3
1	0	0	4
1	0	1	7
1	1	0	7
1	1	1	11
1	2	0	11
2	0	0	9
2	0	1	14
2	1	0	15
2	1	1	20
2	2	0	21
2	2	1	28
3	0	0	23
3	0	1	39
3	0	2	64
3	1	0	43
3	1	1	75
3	1	2	120
3	2	0	93
3	2	1	150
3	2	2	210
3	3	0	240
3	3	1	460
3	3	2	1.100
3	3	3	>2.400

Lampiran 5. Hasil pengujian ALT yang menunjukkan kualitas air sampel A, B, dan C terhadap cemaran bakteri

SAMPEL A					
Pengenceran	Simplo (cawan I)	Duplo (cawan II)	Pelaporan ALT (cfu/ ml)	SNI 3553: 2015 (cfu/ ml)	Ket.
10^{-2}	103*	67*			
10^{-3}	20	1	$8,5 \times 10^3$	$1,0 \times 10^5$	MS
10^{-4}	27	8			

SAMPEL B					
Pengenceran	Simplo (cawan I)	Duplo (cawan II)	Pelaporan ALT (cfu/ ml)	SNI 3553: 2015 (cfu/ ml)	Ket.
10^{-2}	15	1			
10^{-3}	1	77*	$2,14 \times 10^5$	$1,0 \times 10^5$	TMS
10^{-4}	30*	5			

SAMPEL C					
Pengenceran	Simplo (cawan I)	Duplo (cawan II)	Pelaporan ALT (cfu/ ml)	SNI 3553: 2015 (cfu/ ml)	Ket.
10^{-2}	53*	55*			
10^{-3}	33*	15	$3,9 \times 10^4$	$1,0 \times 10^5$	MS
10^{-4}	-	5			

Keterangan: (*) berarti dapat dihitung
 MS berarti Memenuhi Syarat
 TMS berarti Tidak Memenuhi Syarat

Lampiran 6. Hasil perhitungan ALT yang menunjukkan kualitas air sampel A, B, dan C terhadap cemaran bakteri

SAHPEL A		
PENGECERAN	CAWAN I (simplo)	CAWAN II (dolo)
10^{-2}	(103)	(67)
10^{-3}	20	1
10^{-4}	27	8

Ket: ○ → memenuhi syarat hitung (30-300) koloni:

$$\begin{aligned}
 > 10^{-2} &= \frac{(103 + 67)}{2} \times 10^{-2} \\
 &= \frac{170}{2} \times 10^{-2} \\
 &= 85 \times \frac{1}{10^2} \\
 \text{ml. koloni} &= 85 \times 100 \\
 &= 8.500 \\
 \text{ALT} &= 8,5 \times 10^3 \text{ cfu/ml} //
 \end{aligned}$$

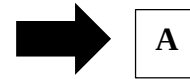
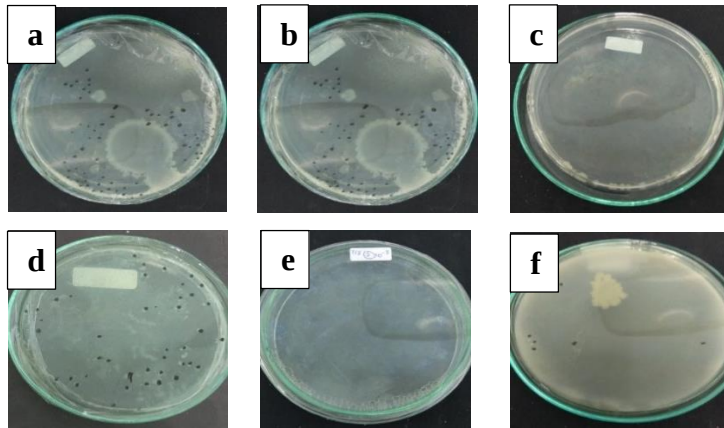
SAHPEL B		
PENGECERAN	CAWAN I	CAWAN II
10^{-2}	15	1
10^{-3}	1	(77)
10^{-4}	(30)	5

$$\begin{aligned}
 > 10^{-2} &= \frac{(78.000 + 35.000)}{2} \\
 &= 214.000 \\
 \text{ALT} &= 2,14 \times 10^5 \text{ cfu/ml} //
 \end{aligned}$$

SAHPEL C		
PENGECERAN	CAWAN I	CAWAN II
10^{-2}	(53)	(55)
10^{-3}	(33)	15
10^{-4}	-	5

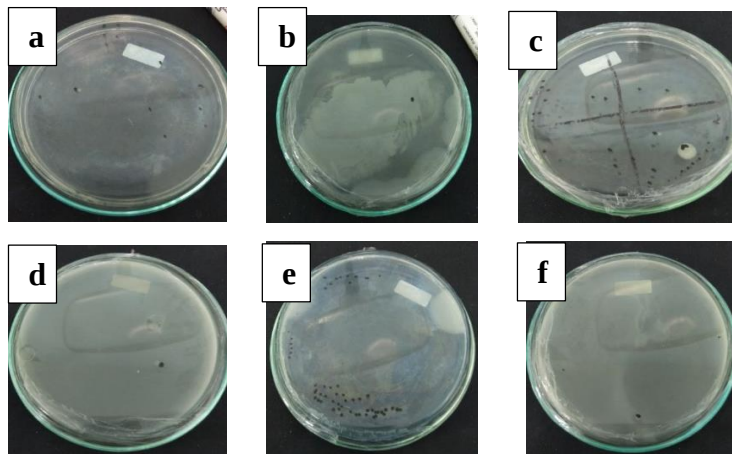
$$\begin{aligned}
 > 10^{-2} &= \frac{54.000 + 24.000}{2} \\
 &= 39.000 \\
 \text{ALT} &= 3,9 \times 10^4 \text{ cfu/ml} //
 \end{aligned}$$

Lampiran 7. Dokumentasi hasil pengujian ALT yang menunjukkan kualitas air sampel A, B, dan C terhadap cemaran bakteri



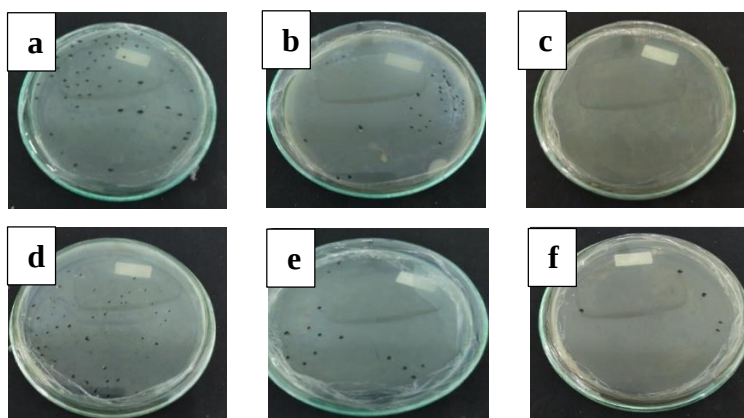
A

Keterangan: (a) faktor pengenceran 10^{-2} simple, (b) 10^{-3} simple, (c) 10^{-4} simple, (d) 10^{-2} duplo, (e) 10^{-3} duplo, dan (f) 10^{-4} duplo



B

Keterangan: (a) faktor pengenceran 10^{-2} simple, (b) 10^{-3} simple, (c) 10^{-4} simple, (d) 10^{-2} duplo, (e) 10^{-3} duplo, dan (f) 10^{-4} duplo



C

Keterangan: (a) faktor pengenceran 10^{-2} simple, (b) 10^{-3} simple, (c) 10^{-4} simple, (d) 10^{-2} duplo, (e) 10^{-3} duplo, dan (f) 10^{-4} duplo

Lampiran 8. Hasil pengujian tahap 1 MPN pada sampel air DAMIU A, B, dan C sekitar UIN Malang yang menunjukkan keberadaan bakteri *coliform*

SAMPLA A						
Pengulangan	Tabung			Nilai MPN Tabel/ 100 ml	Standar <i>coliform</i> (MPN/ 100 ml)	Ket
	10 ml	1 ml	0,1 ml			
A1, A2, A3	√√√					
B1, B2, B3		√√√		> 2.400	0	TMS
C1, C2, C3			√√√			
SAMPLA B						
Pengulangan	Tabung			Nilai MPN Tabel/ 100 ml	Standar <i>coliform</i> (MPN/ 100 ML)	Ket.
	10 ml	1 ml	0,1 ml			
A1, A2, A3	√√√					
B1, B2, B3		XXX		23	0	TMS
C1, C2, C3			XXX			
SAMPLA C						
Pengulangan	Tabung			Nilai MPN Tabel/ 100 ml	Standar <i>coliform</i> (MP/ 100 ml)	Ket.
	10 ml	1 ml	0,1 ml			
A1, A2, A3	√√√					
B1, B2, B3		√√√		240	0	TMS
C1, C2, C3			XXX			

Keterangan: MS berarti Memenuhi Syarat
TMS berarti Tidak Memenuhi Syarat

Lampiran 9. Hasil pengujian tahap 2 MPN 37°C dan 44°C sampel air DAMIU A, B, dan C sekitar UIN Malang yang menunjukkan keberadaan bakteri *coliform fecal*

SAMPEL A						
Pengulangan	Tabung			Nilai MPN Tabel/ 100 ml	Standar <i>coliform</i> (MPN/ 100 ml)	Ket
	10 ml	1 ml	0,1 ml			
A1, A2, A3	√√√					
B1, B2, B3		√√√		> 2.400	0	TMS
C1, C2, C3			√√√			
A1, A2, A3*	XXX					
B1, B2, B3*		XXX		4	0	TMS
C1, C2, C3*			X√X			
SAMPEL B						
Pengulangan	Tabung			Nilai MPN Tabel/ 100 ml	Standar <i>coliform</i> (MPN/ 100 ml)	Ket
	10 ml	1 ml	0,1 ml			
A1, A2, A3	√√√					
B1, B2, B3		XXX		23	0	TMS
C1, C2, C3			XXX			
A1, A2, A3*	√XX					
B1, B2, B3*		XXX		4	0	TMS
C1, C2, C3*			XXX			
SAMPEL C						
Pengulangan	Tabung			Nilai MPN Tabel/ 100 ml	Standar <i>coliform</i> (MPN/ 100 ml)	Ket
	10 ml	1 ml	0,1 ml			
A1, A2, A3	XXX					
B1, B2, B3		XX√		3	0	TMS
C1, C2, C3			XXX			
A1, A2, A3*	√√√					
B1, B2, B3*		√√X		93	0	TMS
C1, C2, C3*			XXX			

Keterangan: * berarti 44°C

TMS berarti Tidak Memenuhi Syarat

Lampiran 10. Hasil perhitungan MPN yang menunjukkan kualitas air sampel A, B, dan C terhadap cemaran bakteri *coliform fecal*

MPN

SAHPEL A					
PENGULANGAN	PENGECERAN			MPN TABEL (gr/ml)	STANDAR PERMUKES 492 (2010)
	10 ⁻¹ (10ml)	10 ⁻² (1ml)	10 ⁻³ (0,1ml)		
A ₁ , A ₂ , A ₃ B ₁ , B ₂ , B ₃ C ₁ , C ₂ , C ₃	3	3	3	>2.400	0/100 ml
A ₁ , A ₂ , A ₃ * B ₁ , B ₂ , B ₃ * C ₁ , C ₂ , C ₃ *	0	0	1	3	0/100 ml

> 37°C

$$= 2.400 \times \frac{1}{10^{-3}}$$

$$= 2.400 \times 1.000$$

$$= 2.400.000 \text{ MPN/gr/ml}$$

> 44°C

$$= 3 \times \frac{1}{10^{-1}}$$

$$= 3 \text{ MPN/gr/ml}$$

SAHPEL B					
PENGULANGAN	PENGECERAN			MPN TABEL (gr/ml)	STANDAR PERMUKES 492 (2000)
	10 ⁻¹ (10ml)	10 ⁻² (1ml)	10 ⁻³ (0,1ml)		
A ₁ , A ₂ , A ₃ B ₁ , B ₂ , B ₃ C ₁ , C ₂ , C ₃	3	0	0	23	0/100 ml
A ₁ , A ₂ , A ₃ * B ₁ , B ₂ , B ₃ * C ₁ , C ₂ , C ₃ *	1	0	0	4	0/100 ml

> 37°C

$$= 23 \times \frac{1}{10^{-1}}$$

$$= 23 \text{ MPN/gr/ml}$$

> 44°C

$$= 4 \times \frac{1}{10^{-1}}$$

$$= 4 \text{ MPN/gr/ml}$$

Keterangan : * menunjukkan 44°C

SAHPEL C					
PENGULANGAN	PENGECERAN			MPN TABEL (gr/ml)	STANDAR PERMUKES 492 (2010)
	10 ⁻¹ (10ml)	10 ⁻² (1ml)	10 ⁻³ (0,1ml)		
A ₁ , A ₂ , A ₃ B ₁ , B ₂ , B ₃ C ₁ , C ₂ , C ₃	0	1	0	3	0/100 ml
A ₁ , A ₂ , A ₃ * B ₁ , B ₂ , B ₃ * C ₁ , C ₂ , C ₃ *	3	2	0	93	0/100 ml

> 37°C

$$= 3 \times \frac{1}{10^{-1}}$$

$$= 3 \times 10$$

$$= 30 \text{ MPN/gr/ml}$$

> 44°C

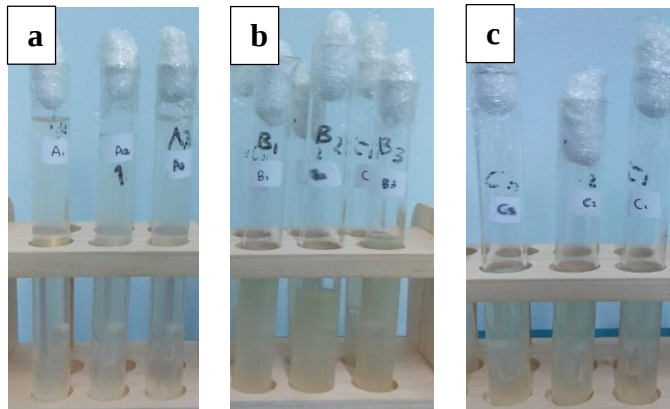
$$= 93 \times \frac{1}{10^{-1}}$$

$$= 93 \times 100$$

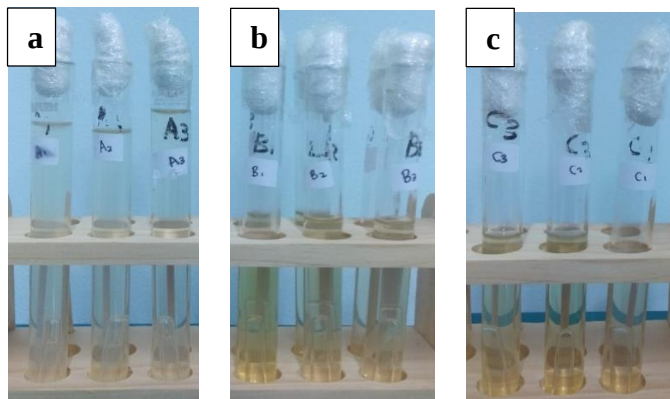
$$= 9.300 \text{ MPN/gr/ml}$$

Keterangan : * menunjukkan 44°C

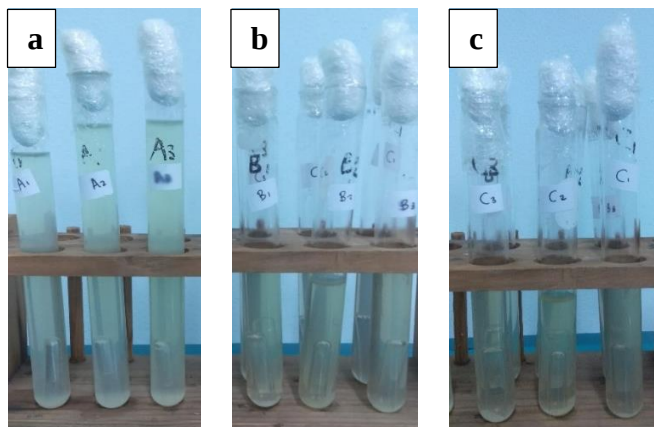
Lampiran 11. Dokumentasi hasil pengujian MPN yang menunjukkan kualitas air sampel A, B, dan C terhadap cemaran bakteri *coliform fecal*



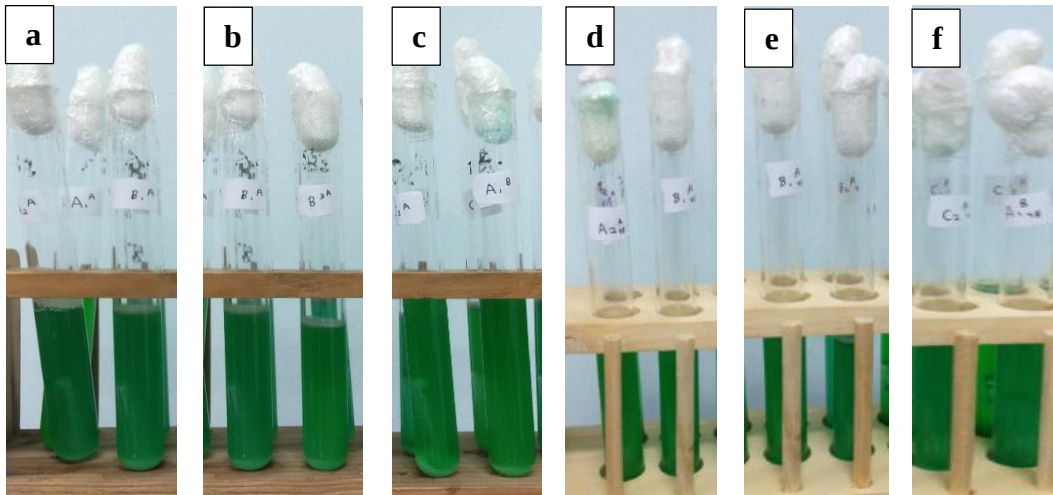
Keterangan: Hasil uji MPN tahap 1 sampel A. (a) tabung A1, A2, A3 (b) tabung B1, B2, B3, dan (c) tabung C1, C2, C3 (dokumentasi pribadi)



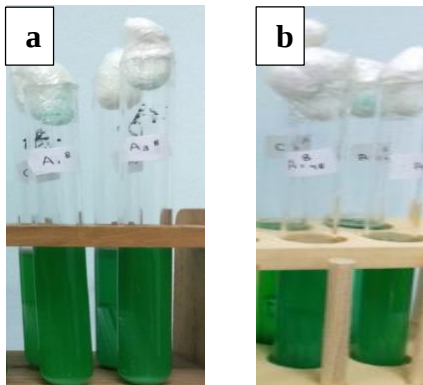
Keterangan: Hasil uji MPN tahap 1 sampel B (a) tabung A1, A2, A3 (b) tabung B1, B2, B3, dan (c) tabung C1, C2, C3 (dokumentasi pribadi)



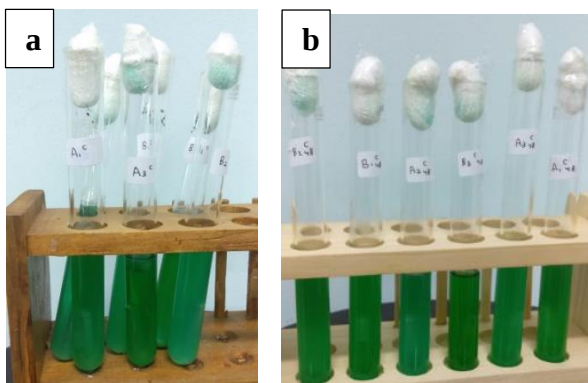
Keterangan: Hasil uji MPN tahap 1 sampel C (a) tabung A1, A2, A3 (b) tabung B1, B2, B3, dan (c) tabung C1, C2, C3 (dokumentasi pribadi)



Keterangan: Hasil uji MPN tahap 2 sampel A (a) tabung A1, A2, A3 37°C (b) tabung B1, B2, B3 37°C (c) tabung C1, C2, C3 37°C, (d) tabung A1, A2, A3 44°C, (e) tabung B1, B2, B3 44°C, dan (f) tabung C1, C2, C3 44°C (dokumentasi pribadi)

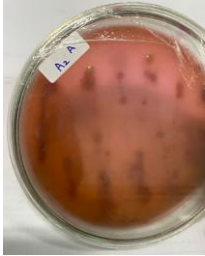
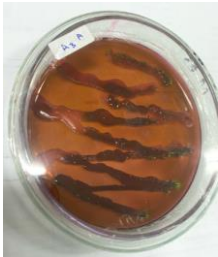
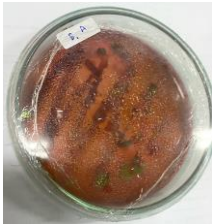
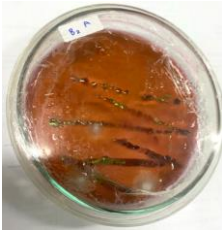


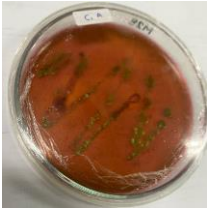
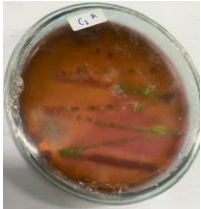
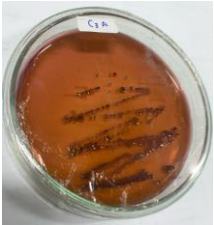
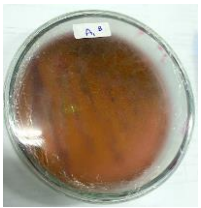
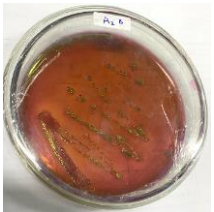
Keterangan: Hasil uji MPN tahap 2 sampel B (a) tabung A1, A2, A3 37°C, dan (b) tabung A1, A2, A3 44°C (dokumentasi pribadi)

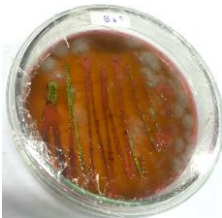
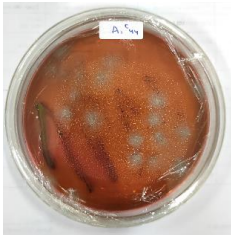
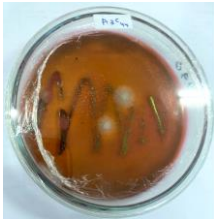


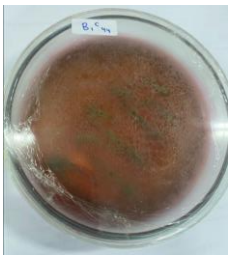
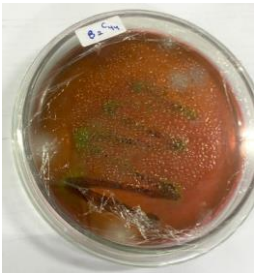
Keterangan: Hasil uji MPN tahap 2 sampel C (a) tabung A1, A2, A3, B1, B2, B3 37°C, dan (b) tabung A1, A2, A3, B1, B2, B3 44°C (dokumentasi pribadi)

Keterangan: Tabel Hasil Pengujian tahap 3 MPN 37°C dan 44°C pada sampel air DAMIU A, B, dan C sekitar UIN Malang yang menunjukkan keberadaan bakteri *Escherichia coli*

Cawan	Foto Pengamatan	Deskripsi
	37°C & 44°C	
A 1 A		Berwarna hijau metalik
A 2 A		Berwarna hijau metalik
A 3 A		Berwarna hijau metalik
B 1 A		Berwarna hijau metalik
B 2 A*		Berwarna hijau metalik, namun terkontaminasi jamur

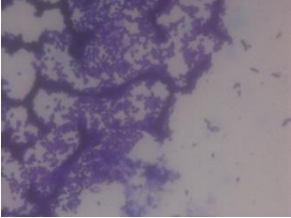
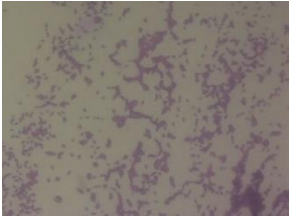
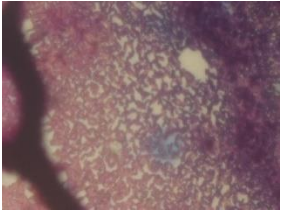
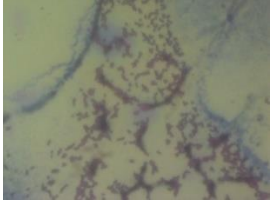
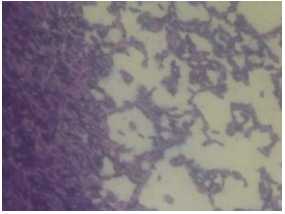
C 1 A		Berwarna hijau metalik
C 2 A*		Berwarna hijau metalik, namun terkontaminasi jamur
C 3 A		Berwarna hijau metalik
C 2 A 44°C*		Berwarna hijau metalik, namun terkontaminasi jamur
A 1 B		Berwarna hijau metalik
A 2 B		Berwarna hijau metalik

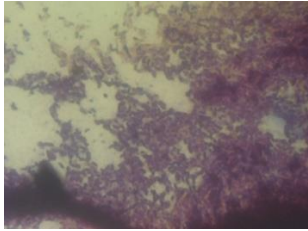
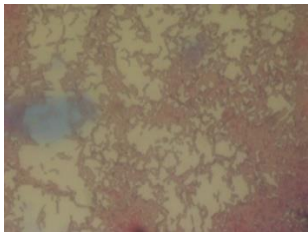
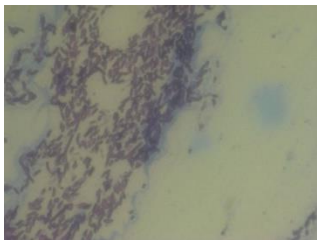
A 3 B*		Berwarna hijau metalik, namun terkontaminasi jamur
A 1 B 44°C*		Berwarna hijau metalik, namun terkontaminasi jamur
B 3 C*		Berwarna hijau metalik, namun terkontaminasi jamur
A 1 C 44°C*		Berwarna hijau metalik, namun terkontaminasi jamur
A 2 C 44°C*		Berwarna hijau metalik, namun terkontaminasi jamur
A 3 C 44°C*		Berwarna hijau metalik, namun terkontaminasi jamur

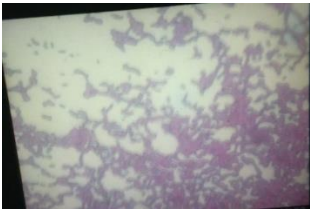
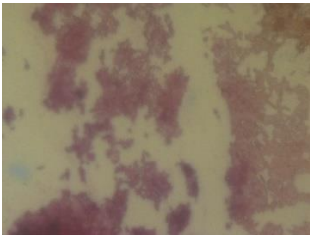
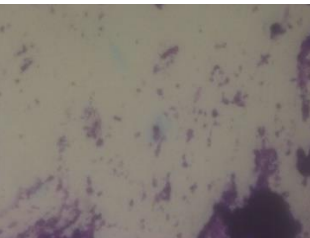
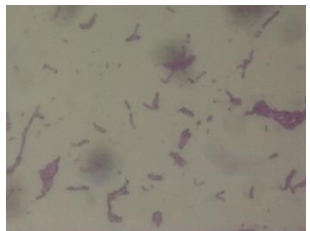
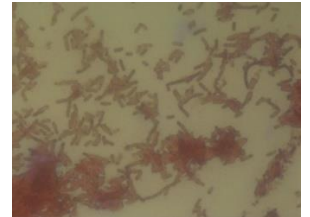
B 1 C 44°C		Berwarna hijau metalik
B 2 C 44°C*		Berwarna hijau metalik, namun terkontaminasi jamur

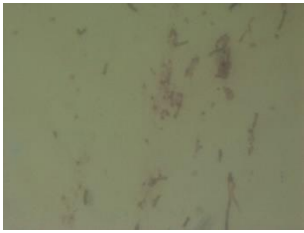
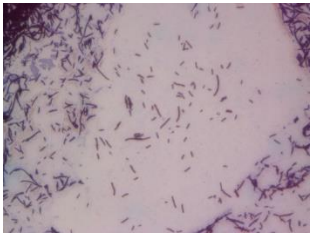
Keterangan: * berarti terkontaminasi

Lampiran 12. Hasil uji pewarnaan Gram yang menunjukkan karakteristik mikroskopis *Escherichia coli* pada 19 isolat positif

NO.	ISOLAT	GAMBAR PREPARAT	CIRI MORFOLOGI	PERBESARAN
1.	A 1 A (37°C)*		- Warna ungu - Bentuk basil	100x
2.	A 2 A (37°C)		- Warna merah - Bentuk basil	100x
3.	A 3 A (37°C)		- Warna merah - Bentuk basil	100x
4.	B 1 A (37°C)		- Warna merah - Bentuk basil	100x
5.	B 2 A (37°C)*		- Warna ungu - Bentuk basil	100x

6.	C 1 A (37°C)*		- Warna ungu - Bentuk basil	100x
7.	C 2 A (37°C)*		- Warna ungu - Bentuk basil	100x
8.	C 3 A (37°C)		- Warna merah - Bentuk basil	100x
9.	A 1 B (37°C)		- Warna merah - Bentuk basil	100x
10.	A 2 B (37°C)*		- Warna ungu - Bentuk basil	100x
11.	A 3 B (37°C)*		- Warna ungu - Bentuk basil	100x

12.	B 3 C (37°C)		- Warna merah - Bentuk basil	100x
13.	C 2 A (44°C)		- Warna merah - Bentuk basil	100x
14.	A 1 B (44°C)		- Warna merah - Bentuk basil	100x
15.	A 1 C (44°C)*		- Warna ungu - Bentuk basil	100x
16.	A 2 C (44°C)		- Warna merah - Bentuk basil	100x
17.	A 3 C (44°C)		- Warna merah - Bentuk basil	100x

18.	B 1 C (44°C)		- Warna merah - Bentuk basil	100x
19.	B 2 C (44°C)*		- Warna ungu - Bentuk basil	40x



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
Jalan Gajayana Nomor 50, Telepon (0341) 551354, Fax (0341) 572533
Website: <http://www.uin-malang.ac.id> Email: info@uin-malang.ac.id

JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI

IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 200602110157
Nama : ADINDA FADYAH MUMTAZ
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Jurusan : BIOLOGI
Dosen Pembimbing 1 : TYAS NYONITA PUNJUNGSARI.S.Pd., M.Sc
Dosen Pembimbing 2 : Dr. H. AHMAD BARIZI, M.A
Judul Skripsi : ANALISIS MIKROBIOLOGIS TOTAL CEMARAN BAKTERI *Coliform* DAN *Escherichia coli* TERHADAP KUALITAS AIR DI TIGA DEPOT AIR MINUM ISI ULANG SEKITAR KAMPUS SATU UIN MALANG

IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	24 Juli 2023	TYAS NYONITA PUNJUNGSARI.S.Pd., M.Sc	Konsultasi mengenai judul dan gambaran dari tugas akhir.	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
2	25 Oktober 2023	TYAS NYONITA PUNJUNGSARI.S.Pd., M.Sc	Konsultasi BAB I dan BAB III proposal, serta gambaran BAB II.	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
3	14 November 2023	TYAS NYONITA PUNJUNGSARI.S.Pd., M.Sc	Konsultasi revisi BAB I dan BAB III proposal, serta BAB II.	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
4	21 November 2023	Dr. H. AHMAD BARIZI, M.A	Konsultasi integrasi & penanda tangan lembar pengesahan	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
5	27 November 2023	TYAS NYONITA PUNJUNGSARI.S.Pd., M.Sc	Bimbingan keseluruhan skripsi (ACC) & penanda tangan lembar persetujuan, dll	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
6	28 November 2023	TYAS NYONITA PUNJUNGSARI.S.Pd., M.Sc	Bimbingan keseluruhan proposal (ACC) & penanda tangan lembar persetujuan, dll.	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
7	15 April 2024	TYAS NYONITA PUNJUNGSARI.S.Pd., M.Sc	Konsultasi data hasil penelitian & BAB IV	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
8	22 Mei 2024	TYAS NYONITA PUNJUNGSARI.S.Pd., M.Sc	Konsultasi BAB 1 s/d BAB IV	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
9	27 Mei 2024	TYAS NYONITA PUNJUNGSARI.S.Pd., M.Sc	Bimbingan keseluruhan proposal (ACC) & penanda tangan lembar persetujuan, dll.	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
10	28 Mei 2024	Dr. H. AHMAD BARIZI, M.A	Konsultasi ayat integrasi BAB IV & penanda tangan lembar pengesahan	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui,
untuk mengajukan ujian skripsi

Dosen Pembimbing 2


Dr. H. AHMAD BARIZI, M.A
NIP. 19731212 149803 1 008

Malang, 2024

Dosen Pembimbing 1


TYAS NYONITA PUNJUNGSARI, M.Sc
NIP. 199920507201903 2 02



/ Kaprodi,

Dr. EKA SANDI SAVITRI
NIP. 19741018 200312 2 002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JURUSAN BIOLOGI
Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp/ Faks. (0341) 558933
Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: biologi@uin-malang.ac.id

Form Checklist Plagiasi Skripsi

Nama : ADINDA FADIYAH MUMTAZ
NIM : 200602110157
Judul : ANALISIS MIKROBIOLOGIS TOTAL CEMARAN BAKTERI *Coliform*
DAN *Escherichia coli* TERHADAP KUALITAS AIR DI TIGA DEPOT AIR
MINUM ISI ULANG SEKITAR KAMPUS SATU UIN MALANG

No	Tim Cek Plagiasi	Tgl Cek	Skor Plagiasi	TTD
1	Azizatur Rohmah, M.Sc			
2	Berry Fakhry Hanifa, M.Sc			
3	Bayu Agung Prahardika, M.Si	4-06-24	296	

Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi,



Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002