

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air**

Air adalah salah satu sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan manusia, hewan, dan tumbuhan. Semua makhluk hidup membutuhkan air yang bersih dan bebas bakteri patogen untuk bertahan hidup (Herlina *et al.*, 2023).

Salah satu kebutuhan dasar manusia adalah air, dan di era modern, air minum isi ulang dalam kemasan tersedia dengan mudah. Kualitas air minum isi ulang dalam kemasan dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk apakah layak atau memenuhi standar yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan (Masriatini *et al.*, 2021).

Salah satu komponen yang sangat penting untuk kehidupan sehari-hari adalah air. Air adalah kebutuhan manusia, selain digunakan untuk menjaga kebersihan, setiap individu membutuhkan takaran cairan yang berbeda. Mengonsumsi air minum harian yang disarankan untuk orang dewasa adalah 8 gelas atau 2300 mililiter atau 2 liter. Lebih dari 2 miliar orang di seluruh dunia masih bergantung pada air yang tidak aman, dan 4,2 miliar menggunakan fasilitas sanitasi yang membiarkan kotoran mereka bocor tanpa diolah ke lingkungan, menurut World Health Organization (WHO). Selain itu, menurut Program Pemantauan WHO untuk Pasokan Air, Sanitasi, dan Kebersihan, 2,2 miliar orang masih kekurangan air yang dikelola dengan aman dan 4,2 miliar orang tidak memiliki sanitasi yang dikelola dengan aman (Malini, 2020).

Air adalah zat yang paling penting bagi kehidupan manusia dan merupakan salah satu sumber utama untuk meningkatkan kesehatan masyarakat. Jumlah air bukan satu-satunya faktor yang penting saat menggunakan air mutu air juga sangat penting untuk menentukan apakah air itu higienis atau layak untuk dikonsumsi. Air yang aman untuk dikonsumsi adalah air yang tidak mengandung bakteri berbahaya (C *et al.*, 2020).

Orang memerlukan air minum dalam jumlah yang cukup dan berkualitas baik setiap hari. Air minum masyarakat dapat diperoleh dari berbagai sumber, air sungai, air tanah, air sumur dan air perpipaan (PDAM), dan depot air minum isi

ulang. Depot air minum isi ulang tersedia di banyak tempat, tetapi tidak semua di antaranya memenuhi standar kualitas dan standar nasional karena kemajuan teknologi dan aktivitas manusia yang padat. Depot air minum isi ulang dapat ditemukan di berbagai wilayah. Namun, sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492 Tahun 2010 (Regia *et al.*, 2023).

Karena sifatnya yang karsinogenik, senyawa ini sangat berbahaya. Adanya rasa dan warna pada air minum menunjukkan bahwa ada zat berbahaya di dalamnya. Adanya padatan tersuspensi, baik organik maupun anorganik, ditunjukkan oleh kekeruhan air (Masriatini *et al.*, 2021).

### **2.1.1 Air minum**

Air minum adalah air yang digunakan untuk kebutuhan konsumsi manusia dan harus memenuhi persyaratan kualitas fisik, kimia, dan mikrobiologis agar tidak menimbulkan dampak buruk terhadap kesehatan. Air ini dapat berasal dari berbagai sumber seperti air tanah, air permukaan, atau air hujan, yang telah melalui proses pengolahan maupun tidak, asalkan sesuai dengan standar mutu yang ditetapkan. Menurut Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2020), air minum harus memenuhi standar kualitas air minum yang mencakup parameter seperti kejernihan, tidak berbau, tidak berasa, dan bebas dari mikroorganisme patogen. Standar ini ditujukan untuk melindungi masyarakat dari risiko penyakit yang ditularkan melalui air. Oleh karena itu, ketersediaan air minum yang aman dan layak merupakan salah satu aspek penting dalam upaya peningkatan kesehatan masyarakat dan pencegahan penyakit.

Karena tingginya kebutuhan masyarakat akan air minum, berbagai macam produk air minum muncul. Air Minum Isi Ulang adalah produk air minum yang paling populer di masyarakat karena lebih praktis dan murah (Mila, Nabilah, & Puspikawati, 2020). Namun, banyak produk Air Minum Isi Ulang yang tidak memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Kualitas air minum harus memenuhi persyaratan fisika, kimia, mikrobiologi, dan radioaktif menurut Peraturan Menteri Kesehatan (PERMENKES) No.2 Tahun 2023 (Lestari *et al.*, 2022).

Semakin tingginya tingkat pencemaran air, baik dari limbah rumah tangga maupun limbah industri, merupakan masalah utama yang harus dihadapi dalam pengolahan air. Akibatnya, upaya baru terus dilakukan untuk mendapatkan

sumber air, khususnya untuk memenuhi persyaratan air minum yang telah ditetapkan. Standar air minum Indonesia sebagian besar mengikuti standar WHO, tetapi beberapa disesuaikan dengan keadaan di negara ini.

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan (PERMENKES) No.2 Tahun 2023, air minum harus memenuhi kriteria berikut:

a. Syarat Fisik

**Tabel 2. 1** Syarat Fisik

<b>Parameter</b>	<b>Satuan</b>	<b>Kadar maksimal yang diperbolehkan</b>
Bau		<b>Tidak berbau</b>
Warna	TCU	<b>15</b>
Kekeruhan	NTU	<b>5</b>
Rasa		<b>Tidak berasa</b>

Sumber Peraturan Menteri Kesehatan (PERMENKES) No.2 Tahun 2023

b. Syarat Kimia

**Tabel 2. 2** Syarat Kimia

<b>Parameter</b>	<b>Satuan</b>	<b>Kadar maksimal yang diperbolehkan</b>
Aluminium	mg/l	<b>0,2</b>
Besi	mg/l	<b>0,3</b>
Kesadahan	mg/l	<b>500</b>
Klorida	mg/l	<b>250</b>
Mangan	mg/l	<b>0,4</b>
Ph	mg/l	<b>6,5 – 8,5</b>
Seng	mg/l	<b>3</b>
Sulfat	mg/l	<b>250</b>
Tembaga	mg/l	<b>2</b>
Ammonia	mg/l	<b>1,5</b>

Sumber Peraturan Menteri Kesehatan (PERMENKES) No.2 Tahun 2023

c. Syarat Mikrobiologi

**Tabel 2. 3** Syarat Mikrobiologi

<b>Parameter</b>	<b>Satuan</b>	<b>Kadar maksimum yang diperbolehkan</b>
<i>Escherichia coli</i>	Jumlah per 100 ml sampel	<b>0</b>
<i>Coliform</i>	Jumlah per 100 ml sampel	<b>0</b>

### Sumber Peraturan Menteri Kesehatan (PERMENKES) No.2 Tahun 2023

Air yang tidak memenuhi standar akan menyebabkan berbagai macam penyakit karena bakteri patogen sangat menyukai air sebagai media penularan. Penyakit yang terkait dengan air di berbagai negara berkembang dikelompokkan menjadi empat kategori berdasarkan mekanisme penularannya:

- a. Penyakit yang dihantarkan oleh air: ini adalah penyakit yang disebabkan oleh konsumsi air yang terkontaminasi oleh feses manusia, hewan, atau urin yang mengandung patogen, yang menyebabkan infeksi saluran pencernaan seperti diare, demam, tifoid, hepatitis, polio, legionella, dan leptospirosis.
- b. Penyakit yang dibilas dengan air adalah penyakit yang disebabkan oleh kekurangan air untuk kegiatan rumah tangga dan kebersihan perorangan, yang dapat menyebabkan diare, infeksi cacing yang ditransmisikan, penyakit kulit dan mata (ringworm), dan kutu.
- c. Penyakit berbasis air, juga disebut sebagai penyakit berbasis air, adalah penyakit yang disebabkan oleh patogen parasit yang tinggal di dalam air dan menyebabkan penyakit seperti schistosomiasis dan dracunculiasis. Infeksi yang ditularkan oleh serangga yang bergantung pada air: penyakit yang disebabkan oleh serangga yang menggigit dan berkembang biak di air, seperti nyamuk, yang menyebabkan malaria dan demam kuning (Regia *et al.*, 2020)

### **2.2 Depot air minum**

Beberapa depot air minum isi ulang (DAMIU) tidak memenuhi persyaratan kualitas air minum yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan (PERMENKES) No.2 Tahun 2023. Kualitas air dalam proses pengolahan air minum isi ulang tidak sesuai dengan standar kualitas air minum (Dewi *et al.*, 2021).

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Wandrivel R, Suharti N, dan Lestari Y, beberapa masalah yang sering terjadi pada air minum isi ulang dapat disebabkan oleh beberapa hal.

1. Proses tidak memenuhi standar mutu yang berlaku. Air minum isi ulang yang dijual di depot pinggir jalan biasanya hanya melewati proses sederhana, sehingga tidak memenuhi standar yang ditetapkan oleh Permenkes Indonesia. Ini meningkatkan kemungkinan air tercemar oleh

kuman atau bakteri berbahaya, yang pada akhirnya dapat menyebabkan banyak masalah kesehatan.

2. Kualitas air tidak dapat dijamin. Rasa air minum isi ulang tidak sama dengan air yang direbus hingga matang atau air kemasan yang melalui proses yang berbeda di pabrik. Kebersihan dan tingkat keasaman (pH) yang tidak terkontrol adalah beberapa faktor yang menyebabkan perbedaan rasa ini.
3. Sumber air yang tidak jelas. Perlu diperhatikan bahwa sebagian besar depot air minum isi ulang tidak menunjukkan sumber air mana yang mereka gunakan.
4. Lokasi yang tidak sesuai dengan rencana. Beberapa depot air isi ulang berada di tepi jalan. Ini menyebabkan alat-alat yang digunakan untuk memproses air minum isi ulang terpapar polusi, seperti asap kendaraan bermotor dan debu. Pada akhirnya, air minum isi ulang yang dibeli di depot juga rentan terpapar zat berbahaya

### **2.2.2 Proses Pengolahan Air Minum Di Depot**

Depot air minum isi ulang yang tersedia di masyarakat saat ini melakukan berbagai proses pengolahan, termasuk proses ultraviolet (UV), ozonisasi, dan reversed osmosis (RO) (Regia *et al.*, 2021).

#### **a. Ultraviolet (UV)**

Menghasilkan penyinaran sinar ultraviolet (UV) yang dapat menyerap dengan bantuan asam nukleat, menyebabkan kematian bakteri. Intensitas lampu UV yang digunakan harus 30.000 MW sec/cm<sup>2</sup> agar sanitasi air berhasil (Regia *et al.*, 2021).

#### **b. Ozonisasi**

Ozonisasi mensanitasi air dengan aman dan efektif. Selain itu, metode ozon dapat membersihkan pipa, kemasan, dan peralatan di depot. Metode ini bekerja dengan mengambil kandungan oksigen kemudian dilewatkan arus listrik hingga berubah menjadi zat ozon. Bakteri dan mikroorganisme yang hidup dalam air yang sudah dipenuhi ozon akan rusak dan mati (Regia *et al.*, 2021).

#### **c. Reversed Osmosis (RO)**

Metode RO menyaring mikroorganisme atau bakteri yang terkandung dalam

air. Saat air melewati membran semipermeabel, tekanan tinggi digunakan untuk menyingkirkan cemaran. Membran semipermeabel adalah selaput penyaring yang tidak dapat dilalui oleh molekul yang lebih besar dari molekul air (Regia *et al.*, 2021).

### **2.2.3 Bahaya Pencemaran Air Minum Isi Ulang**

#### **1. Infeksi Saluran Cerna**

Jika peralatan yang ada di depot air isi ulang, termasuk botol atau galon yang digunakan sebagai wadah, tidak dibersihkan dengan baik dan benar, kemungkinan bakteri *Escherichia coli* untuk mengkontaminasi menjadi semakin tinggi. Hal ini dapat meningkatkan resiko terjadinya infeksi saluran cerna, yang bergejala mual, muntah atau diare.

#### **2. Keracunan**

Seperti yang disebutkan di atas, air yang digunakan oleh depot air minum isi ulang biasanya tidak jelas keberadaannya, sehingga kualitas air minum tidak benar-benar terjamin dan mungkin mengandung bakteri atau virus berbahaya, meningkatkan risiko keracunan.

#### **3. Penyakit tambahan**

Air di depot air minum isi ulang sering terpapar matahari. Jika air tercemar, bakteri atau mikroba lain semakin mudah berkembang, yang pada akhirnya akan menyebabkan tifus, disentri, hepatitis, dan penyakit lainnya

### **2.3 Bakteri *Coliform***

Bakteri *coliform* adalah bakteri batang Gram Negatif yang bersusun tunggal dan memfermentasi laktosa. Karena jumlah koloninya berkorelasi positif dengan keberadaan bakteri patogen, bakteri ini dianggap sebagai indikator patogen pada manusia dan hewan. Sedangkan bakteri non *coliform* adalah golongan bakteri yang tidak mampu memfermentasi laktosa.

Urutan klasifikasi bakteri *Coliform* adalah sebagai berikut.

Domain : *Bacteria*  
Phylum : *Proteobacteria*  
Class : *Gammaproteobacteria*  
Order : *Euterobacteriales*  
Family : *Euterobacteriaceae*



**Gambar 2. 1** Koloni Bakteri *Coliform* (Forster & Pinedo, 2020)

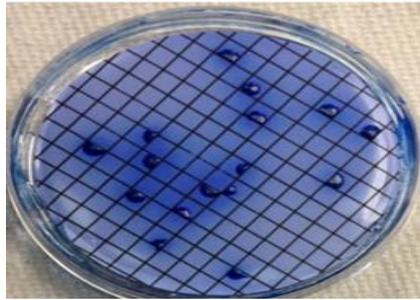
Contoh bakteri *coliform* antara lain *E.coli*, *Klebsiella sp.*, dan *Enterobacter sp.* Sedangkan bakteri non *coliform* antara lain *Salmonella sp.*, *Proteus sp.*, dan *Shigella sp.* Penularan bakteri *coliform* dan non *coliform* bisa melalui oral, hidung, udara dan kontak langsung. Penularan melalui konsumsi air minum tidak higienis juga menjadi faktor dalam penularan bakteri *coliform* dan non *coliform* (Hadiansyah, 2021)

Empat genera *Enterobacteriaceae* terdiri dari bakteri *coliform*: *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter cloacae*, *E. coli*, *Klebsiella pneumoniae*, dan *Citrobacter freundii*. Bakteri *coliform* non fecal berasal dari bahan hewan atau tumbuhan yang sudah mati. Bakteri *coliform* yang berasal dari usus hewan yang berdarah panas disebut fecal *coliform*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Kehadiran bakteri *coliform* dalam air minum atau makanan lain dapat menunjukkan bahwa ada patogen enteric. Karena jenis mikroorganisme ini sudah memiliki korelasi positif dengan bakteri patogen, bakteri *coliform* dapat berfungsi sebagai penanda kualitas air minum yang terkontaminasi patogen. Bakteri *Coliform* dapat menyebar melalui air minum yang tidak bersih. Suhu, oksigen, dan pH adalah beberapa faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri *coliform*. Suhu rendah menyebabkan fase adaptasi bakteri menjadi lebih panjang, sehingga pertumbuhan bakteri akan lebih lambat. Total *coliform* dihitung dari jumlah bakteri yang dihasilkan setelah masa inkubasi dan disebut fecal *coliform*. Pada masa inkubasi, *coliform* dapat membentuk gas dan asam saat membentuk laktosa (Sitorus, 2024).

## 2.4 Bakteri *Escherichia coli*

Family *Enterobacteriaceae* memiliki bakteri *Escherichia coli* yang alami di saluran pencernaan manusia dan hewan. *Theodor Escherich* adalah orang pertama yang mengidentifikasi *Escherichia coli* dari tinja seorang anak kecil pada tahun 1885. Pada tahun 1920, bakteri itu diberi nama *Escherichia coli* (Bria *et al.*, 2022) Klasifikasi bakteri *Escherichia coli* adalah sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Bacteria</i>
Divisi	: <i>Proteobacteria</i>
Classis	: <i>Gammaproteobacteria</i>
Ordo	: <i>Euterobacteriales</i>
Family	: <i>Euterobacteriaceae</i>
Genus	: <i>Escherichia</i>
Spesies	: <i>Escherichia coli</i>



**Gambar 2.2** Koloni Bakteri *E.coli* (Khanafer, Alawadhi & Radwan, 2021)

Bakteri *E.coli* dapat menyebar ke makhluk hidup di lingkungan melalui kotoran hewan, kotoran manusia, air limbah, dan lumpur limbah yang dievakuasi dari instalasi pengolahan air limbah. Menurut beberapa penelitian, *E.coli* dapat bertahan lama di lingkungan dan bergabung dengan mikroba asli (Dewi *et al.*, 2022).

Kondisi lingkungan dipengaruhi oleh faktor abiotik seperti suhu, air dan ketersediaan hara, pH, dan radiasi matahari, serta faktor biotik seperti kemampuan *E.coli* untuk memperoleh nutrisi dan kompetisi dengan mikroorganisme lain. *E.coli* juga dapat bertahan hidup di berbagai tempat, seperti air limbah, tanah, air, tanaman, buah dan sayuran, daging setengah matang, dan susu yang tidak dipasteurisasi (Dewi *et al.*, 2022).

Bakteri *E.coli* paling sering ditemukan di saluran pencernaan manusia dan hewan vertebrata. Mereka juga dapat terkontaminasi saat hewan dibunuh. Bakteri

ini juga dapat ditemukan di tanah, air, dan makanan karena tinja yang tercemar. Ada dua jenis *E.coli* secara komprehensif: komensal dan patogen. Ini karena usus vertebrata (mamalia dan burung) dianggap sebagai habitat primer bakteri *E.coli* sebagai komensal. Kualitas air minum yang dikonsumsi harus diperhatikan untuk mencegah efek negatif bakteri *E. coli* (Dewi *et al.*, 2022).

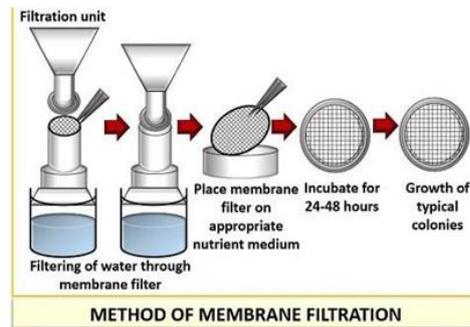
## **2.5 Alat Membran filter**

Alat membran, juga dikenal sebagai kertas membran, adalah film berpori mikro dengan berbagai tingkat ukuran pori. Dengan berfungsi sebagai penghalang fisik, kertas membran mengumpulkan partikel dan bakteri di permukaan membran (Sharma *et al.*, 2022). Teknik membran memisahkan dua bagian aliran fluida atau lebih yang melintasi membran. Membran berfungsi sebagai penghalang atau penghalang antara dua fase (Keselamatan *et al.*, 2023).

Selain itu, membran berfungsi untuk memisahkan bahan berdasarkan ukuran zat terlarut. Untuk melakukannya, partikel yang memiliki ukuran lebih besar atau lebih kecil tertahan di pori-pori membran. Saat ini, proses membran digunakan untuk mengolah air dan kontaminan dari air minum. Bakteri yang ada pada air minum biasanya dihilangkan melalui filter membran, yang berukuran 0,22  $\mu\text{m}$  (Masriatini *et al.*, 2021).

Salah satu cara untuk mengetahui berapa banyak mikroorganisme yang ada di dalam air adalah filtrasi membran, yang dapat memisahkan partikel seukuran sel bakteri dari jumlah cairan. Membran terbuat dari bahan selulosa, dan pori-porinya berukuran makroskopis dan lebih kecil daripada ukuran umum sel mikrob. Sel-sel dalam sampel tetap di tempatnya karena pori-pori ini. Prinsip dasar dari metode filtrasi membran seperti (Masriatini *et al.*, 2021).

Pada Gambar 2.3, yang menunjukkan langkah-langkah yang digunakan untuk menyaring sampel hingga sel-sel di permukaan kertas membran filter menempel. Untuk menjaga proses pertumbuhan bakteri tetap aseptis, kertas membran filter kemudian dimasukkan ke dalam cawan petri yang berisi media. Setelah masa inkubasi selesai, koloni akan tumbuh pada media. Hal ini disebabkan nutrisi pada media dapat terserap dan berdifusi ke dalam kertas membran filter, sehingga koloni dapat dihitung dengan mata telanjang (Sitorus *et al.*, 2024).



**Gambar 2. 3** Skematik Metode Membran (Supriya, n.d., diakses 19 oktober 2022)

Metode filtrasi membran umumnya digunakan untuk menguji air yang memiliki jumlah cemaran yang sedikit dan kekeruhan yang rendah dengan volume air yang besar. Ini cocok untuk sampel air yang bervolume besar karena hasilnya yang akurat tentang jumlah mikroba. Ini berbeda dengan metode yang lain, seperti plat penyebaran dan pour, yang memiliki batas volume sampel yang lebih sedikit. Kelebihan metode filtrasi membran adalah dapat dilakukan dalam waktu yang singkat dan berulang kali penyaringan dengan melipatgandakan cabang corong (Herlina, 2023).

#### **Media CCA (Chromogenic Coliform Agar)**

Media CCA (Chromogenic Coliform Agar) adalah media yang sangat baik untuk mengidentifikasi bakteri *E.Coli* dan *Coliform* dalam sampel air minum isi ulang. Metode filtrasi membran menggunakan media ini untuk menghitung jumlah mikroorganisme dalam sampel (Regia, 2020).