

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air Minum Isi Ulang**

Air adalah unsur paling penting bagi semua organisme hidup, termasuk manusia, hewan, dan tumbuhan. Air, dengan rumus kimia  $H_2O$ , adalah cairan tak berwarna, tak berbau, dan tak berasa yang terdiri dari hidrogen dan oksigen (Muzayana & Hariani, 2019). Manusia memanfaatkan sumber daya air untuk berbagai keperluan, mulai dari kebutuhan dasar hingga kebutuhan tambahan. Air berfungsi sebagai cairan yang dapat diminum dan memenuhi kebutuhan metabolisme tubuh. Air minum adalah air yang memenuhi standar kesehatan dan aman untuk dikonsumsi langsung oleh manusia tanpa menimbulkan resiko kesehatan. Air minum isi ulang saat ini banyak digunakan oleh masyarakat. (BPS, 2024). Air minum isi ulang adalah air baku yang diolah melalui beberapa proses sebelum dikonsumsi. Air minum isi ulang diproses untuk menghilangkan kotoran fisik, kimia, dan mikrobiologi dari air baku melalui sejumlah prosedur pengolahan untuk mendapatkan air minum dengan mutu yang baik. Secara umum, pengelolaan air minum isi ulang oleh produsen bertujuan untuk menghilangkan rasa, warna, bau, bahan kimia berbahaya, dan mikroba (Hafizah et al., 2022).

DAMIU umumnya menggunakan air baku dari sumur bor, sungai, dan perusahaan daerah air minum (PDAM) yang perlu diolah sebelum dapat dikonsumsi (Darlan et al., 2022). Sebelum air minum isi ulang dimasukkan kembali ke dalam jerigen pelanggan, air tersebut melalui tiga langkah dasar pengolahan, yaitu filtrasi, disinfeksi, dan pengisian. Filtrasi bertujuan untuk menghilangkan kontaminan dan bau yang ada dalam air. Dalam proses filtrasi, filter biasanya dianggap sebagai saringan yang menahan material tersuspensi di antara media filter. Ozon, yang menguraikan bahan organik seperti asam humat, dan sinar UV yang membunuh bakteri tanpa meninggalkan radiasi, adalah dua metode yang digunakan untuk menghilangkan sebagian besar patogen dan kuman berbahaya dari air melalui disinfeksi. Langkah terakhir adalah pengisian yang melibatkan pencucian galon, pembilasan dan pengisian

air olahan ke dalam galon (Zamzami et al., 2024). Sedangkan AMDK bersumber dari air tanah dengan kedalaman ratusan meter dan diolah langsung di pabrik dengan metode yang lebih lengkap dan terstandar seperti filtrasi mikro, ultrafiltrasi dan revers osmosis kemudian dikemas secara higienis yang membuat mutu fisik, kimia dan mikrobiologinya lebih stabil dan terjamin keamanannya (Widiani, 2024).

## 2.2 Syarat Mutu Air Minum

Kualitas air minum mencakup unsur mikrobiologi, fisik, dan kimia, sebagaimana diuraikan dalam Peraturan Menteri Kesehatan Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang kesehatan lingkungan. Prinsip kebersihan dan higienitas harus diperhatikan saat pengolahan, pengemasan, dan penyajian. Air minum isi ulang harus diuji parameter mikrobiologi setiap 3 bulan dan parameter lengkap setiap 6 bulan di laboratorium yang telah terakreditasi atau yang telah diajukan pemerintah daerah (Suhestry et al., 2023).

Syarat mutu air minum menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang kesehatan lingkungan dijabarkan pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Parameter Wajib Air Minum

No	Jenis Parameter	Kadar Maksimum Yang Diperbolehkan	Satuan	Metode Pengujian
<b>Mikrobiologi</b>				
1.	<i>Escherichia Coli</i>	0	CFU / 100 ml	SNI / APHA
2.	<i>Total coliform</i>	0	CFU / 100 ml	SNI / APHA
<b>Fisik</b>				
3.	suhu	Suhu udara +- 3	C	SNI / APHA
4.	Total Dissolve Solid	<300	Mg/L	SNI / APHA
5.	Kekeruhan	<3	NTU	SNI atau yang setara
6.	Warna	10	TCU	SNI / APHA
7.	bau	Tidak berbau	-	APHA
<b>Kimia</b>				
8.	pH	6,5-8,5	-	
9.	Nitrat sebagai NO <sub>3</sub> (terlarut)	20	Mg/L	SNI/APHA

10.	Nitrit (sebagai NO <sub>2</sub> ) (terlarut)	3	Mg/L	SNI/APHA
11.	Kromium valensi 6 (Cr <sup>6+</sup> ) (terlarut)	0,01	Mg/L	SNI/APHA
12.	Besi (Fe) (terlarut)	0,2	Mg/L	SNI/APHA
13.	Mangan (Mn) (terlarut)	0,1	Mg/L	SNI/APHA
14.	Sisa khlor (terlarut)	0,2-0,5 dengan waktu kontak 30 menit	Mg/L	SNI/APHA
15.	Arsen (As) (terlarut)	0,01	Mg/L	SNI/APHA
16.	Kadmium (Cd) terlarut	0,003	Mg/L	SNI/APHA
17.	Timbal (Pb) terlarut	0,01	Mg/L	SNI/APHA
18.	Fluoride (F) terlarut	1,5	Mg/L	SNI/APHA
19.	Aluminium (Al) (terlarut)	0,2	Mg/L	SNI/APHA

### 2.3 Pencemaran Mikroba Pada Air Minum Isi Ulang

Secara umum, terdapat tiga jenis pencemaran air, yaitu pencemaran kimia, mikrobiologi, dan fisik. Pencemaran fisik didefinisikan sebagai perubahan warna, bau, dan kekeruhan yang disebabkan oleh partikel tersuspensi seperti kotoran atau bahan organik. Ketika zat berbahaya seperti deterjen, insektisida atau logam berat masuk ke dalam air dapat mengubah komposisi kimianya dan menyebabkan pencemaran kimia. Pencemaran mikrobiologi disebabkan oleh masuknya mikroorganisme berbahaya seperti bakteri *Coliform* dan *Escherichia Coli* yang dapat menyebabkan berbagai penyakit jika air tersebut diminum langsung tanpa diolah (Elvi, 2017).

Pencemaran mikrobiologi pada air minum isi ulang adalah kondisi air minum isi ulang terkontaminasi mikroorganisme berbahaya yang berasal dari sumber limbah manusia atau hewan masuk ke dalam pasokan air. Air minum isi ulang dapat tercemar secara mikrobiologi jika sumber air baku tercemar oleh sampah rumah tangga atau lingkungan. Peningkatan kontaminasi pada air minum isi ulang juga dapat terjadi jika prosedur pengolahan tidak higienis, seperti ketika tangki penyimpanan air baku, filter, dan katup pengisian tidak dibersihkan secara rutin. Kontaminasi silang dapat terjadi akibat kondisi depot yang kurang bersih. Karyawan yang mengabaikan kebersihan pribadi mereka sebelum melakukan pengisian air minum isi ulang menjadi faktor penting

terjadinya pencemaran pada air minum isi ulang (Ulfa et al. (2023). 4 dari 5 sampel air minum isi ulang yang diuji oleh Nugraheni et al. (2023) ditemukan terkontaminasi oleh bakteri *Escherichia Coli* dan bakteri *Coliform*. 2 dari 5 sampel air minum yang diperiksa oleh Matlubah (2024) dikonfirmasi terkontaminasi oleh bakteri *Coliform* dan *Escherichia Coli*.

#### **2.4 Bakteri *Coliform***

Bakteri *Coliform* merupakan bakteri uniseluler, berbentuk batang dan dapat memfermentasi laktosa. *Escherichia Coli*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, dan *Citrobacter* termasuk dalam genus bakteri yang diklasifikasikan dalam kelompok bakteri *Coliform*. Bakteri *Coliform* seperti spesies *Citrobacter spp.*, *Enterobacter spp.*, dan *Klebsiella spp.*, dapat ditemukan pada lingkungan, seperti tanah, vegetasi atau permukaan air, bakteri-bakteri ini termasuk dalam kategori bakteri *Coliform* non-fekal, dan keberadaannya tidak selalu terkait dengan kontaminasi tinja (Sabaaturohma et al., 2020). Dampak yang diakibatkan dari air yang terkontaminasi *Coliform* terbagi menjadi dua yakni dalam waktu singkat akan menyebabkan tidak enak badan, diare, mual, dan dehidrasi. Sementara dalam waktu panjang menyebabkan demam tifus, meningitis, diare berdarah bahkan gagal ginjal akut (Kartini, 2024).

Bakteri *Coliform* dan *Escherichia Coli* berfungsi sebagai indikator mikrobiologis kualitas air minum, karena menandakan adanya pencemaran tinja (Hardjanti et al., 2024). Peraturan Kementerian Kesehatan tidak mencakup semua jenis bakteri lainnya, karena *Coliform* dan *Escherichia Coli* mewakili resiko membahayakan kesehatan yang paling signifikan bagi masyarakat ketika tinja mencemari air. Meskipun demikian, pengujian langsung untuk mikroorganisme lain bukan tidak penting, namun cenderung menghasilkan hasil negatif palsu karena jumlah patogen yang rendah dan kondisi lingkungan yang tidak stabil (Zarić et al., 2023). Bakteri *Coliform* dan *Escherichia Coli* dapat menyebabkan komplikasi kesehatan, terutama pada bayi atau orang yang memiliki sistem kekebalan tubuh yang lemah, termasuk diare, infeksi saluran kemih, dan infeksi saluran pencernaan. Infeksi akibat bakteri *Coliform* dapat terjadi demam, dehidrasi, mual, muntah, dan

ketidaknyamanan perut. Dehidrasi berat merupakan masalah serius bagi anak-anak dan lansia yang terpapar bakteri *Coliform* dan *Escherichia Coli* melalui makanan atau minuman, yang dalam situasi tertentu dapat berakibat fatal jika penanganannya terlambat (Kartini, 2024).

## **2.5 Bakteri *Escherichia Coli***

Bakteri *Escherichia Coli* merupakan bakteri kelompok bakteri *Coliform* fekal, berbentuk batang, tidak membentuk spora, bersifat motil (mampu bergerak) dan dapat memfermentasi laktosa. Bakteri *Escherichia Coli* merupakan bakteri patogen yang bersifat gram negatif dan memiliki panjang sekitar 2  $\mu\text{m}$ , diameter 0,7  $\mu\text{m}$ , dan lebar 0,4 – 0,7  $\mu\text{m}$ . Bakteri *Escherichia Coli* dapat bertahan dalam kondisi anaerob fakultatif dan hidup sebagai flora normal di dalam usus manusia, umumnya ditemukan di usus bagian bawah pada inang berdarah panas. Jika bakteri *Escherichia Coli* menyebar ke organ atau jaringan lain, dapat menyebabkan penyakit seperti meningitis, diare, pneumonia, infeksi saluran kemih, dan infeksi saluran pencernaan (Kurahman et al., 2022; Zerine et al., 2025).

## **2.5 Pemeriksaan Bakteri *Coliform* dan *Escherichia Coli***

Bakteri *Coliform* dan *Escherichia Coli* dapat dideteksi dengan beberapa metode seperti membran filter, Most Probable Number (MPN) dan petrifilm. Dari beberapa metode tersebut terdapat kekurangan dan kelebihan masing-masing. Berikut penjelasan dari masing-masing metode :

1. Pada metode membran filter sampel cair disaring melalui membran filter berpori kecil yang dapat menjebak mikroorganisme. Membran filter mampu mengisolasi koloni. Mikroorganisme yang tertahan pada permukaan membran dipindahkan ke media kultur dan diinkubasi pada suhu tertentu. Kelebihan teknik membran filter adalah dapat menganalisa sampel dengan jumlah yang besar dalam waktu yang cepat, tetapi kurang efektif digunakan digunakan untuk pengujian air dengan tingkat kekeruhan yang tinggi (Azkhayati et al., 2023).
2. MPN adalah metodologi estimasi kuantitatif yang menggunakan pengenceran berurutan dalam serangkaian tabung untuk menentukan

jumlah mikroorganisme dalam sampel berdasarkan data pertumbuhan mikroba dalam media cair tertentu. Analisis probabilitas digunakan dalam teknik MPN pada prosedur uji tabung ganda. Analisis probabilitas dalam MPN kurang presisi dan seringkali terjadi bias statistik. Metode MPN hanya memberikan jumlah perkiraan bakteri yang diteliti, bukan jumlah yang sebenarnya. Selain itu metode MPN membutuhkan waktu yang lama untuk proses analisis. Karena membutuhkan waktu, peralatan, dan material yang cukup besar, metode ini tidak disarankan untuk analisis di lapangan. Metode MPN memiliki keunggulan karena dapat diterapkan pada semua jenis air, bahkan air keruh (Azkhayati et al., 2023).

3. Petrifilm adalah lapisan tipis yang mudah digunakan untuk mengukur koloni bakteri *aerobic* dalam sampel makanan atau minuman. Petrifilm menyederhanakan prosedur pengujian mikrobiologi dengan menggabungkan media kultur dan indikator warna dalam satu wadah, sehingga menghilangkan kebutuhan persiapan media secara manual. Sampel ditempatkan diatas media ini, lalu ditutup sebelum diinkubasi untuk pertumbuhan mikroba. Keuntungan dari metode petrifilm adalah media siap digunakan, dapat digunakan untuk pengujian lingkungan langsung, dan lebih tipis sehingga memudahkan penyimpanan. Metode ini kurang tepat untuk identifikasi mikroba yang presisi karena tidak dapat memberikan ciri-ciri tertentu dari bakteri yang sedang berkembang, tidak cocok digunakan untuk sampel yang memiliki kandungan zat yang dapat merusak media dan bahan relatif lebih mahal dari metode pengujian lainnya (Hartati, 2018).

## 2.6 Metode Membran Filter

Pada pengujian bakteri *Coliform* dan *Escherichia Coli* pada air minum isi ulang salah satunya dapat menggunakan metode membran filter. Metode membran filter dipilih karena pengujian relative cepat dan efisien, serta hasil yang diperoleh mudah untuk diamati serta dihitung langsung pada permukaan membran. Membran filter sebagai alternatif untuk melakukan pengujian bakteri *Coliform* dan *Escherichia Coli* pada air. Membran filter terdiri dari film

mikropori dengan berbagai tingkat ukuran diameter pori. Membran terbuat dari bahan selulosa dan memiliki ukuran pori makroskopis dan lebih kecil dari ukuran rata-rata sel mikroba (Eka, 2025). Prinsip membrane filter dalam penyaringan air adalah menangkap mikroorganisme dengan cara menyaring air melalui membrane selulosa. Air yang mengandung partikel yang lebih besar dari ukuran pori membran akan ditangkap ketika air melewati permukaan atas membran filter (Nugraheni et al., 2023).

Prosedur metode membran filter menurut SNI ISO 9308-1:2014 *Water quality-Enumeration of Escherichia coli and coliform bacteria-part 1: membrane filtration method for waters with low bacterial background flora* adalah dengan sterilisasi peralatan terlebih dahulu, lalu sampel disaring sebanyak 100ml dengan penyaring membran filter. Setelah itu, membran filter ditempatkan di atas media CCA. Media CCA dapat diganti dengan media *Compact Dry EC* untuk pertumbuhan bakteri dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu 36°C. Bakteri *Coliform* menunjukkan koloni berwarna ungu, sedangkan bakteri *Escherichia Coli* memiliki koloni berwarna biru. Enzim b-glukuronidase, yang diproduksi oleh koloni bakteri *Escherichia Coli*, bereaksi dengan senyawa x-gluc yang akan menghasilkan koloni berwarna biru, sedangkan *Coliform* menunjukkan koloni bakteri berwarna ungu karena menghasilkan enzim b-galaktosidase yang memecah senyawa magenta-gal (R-Biopharm,2025). *Compact Dry* merupakan media kromogenik siap pakai yang dapat digunakan langsung sebagai pengganti media konvensional untuk enumerasi mikroorganisme pada sampel makanan atau minuman.

Dibandingkan dengan metode MPN dan petrifilm, metode membran filter memiliki keunggulan yaitu sensitivitas yang tinggi dan dapat memeriksa air dengan volume lebih banyak. Metode membran filter menggunakan peralatan dan material yang lebih efisien sehingga mempercepat prosedur. Kekurangan dari metode membran filter yaitu tidak dapat digunakan untuk pemeriksaan air dengan tingkat kekeruhan yang tinggi, karena partikel padat pada air dapat menyumbat pori-pori membran dan adanya kemungkinan terdapat berbagai jenis mikroorganisme selain bakteri *Coliform* dan *Escherichia Coli* yang tertahan pada membran selama proses filtrasi. Jumlah

mikroorganisme yang terlalu banyak dapat mempengaruhi hasil akhir, yaitu menyebabkan pertumbuhan koloni bakteri menjadi berlebihan (Azkhiyati dkk, 2023).

Peralatan pada teknik filtrasi membrane antara lain :

1. Corong (funnel) sebagai penampung sampel sementara sebelum tersaring.
2. Tutup corong (lid) untuk mencegah kontaminasi dari udara.
3. Dasar corong (filter base) juga dikenal sebagai alas filter, untuk menopang corong dan menampung kertas filter membran.
4. Kertas membran filter, yaitu kertas membran berpori untuk menyaring mikroorganisme.
5. Penjepit (clamp) untuk menjepit kertas membran di antara corong dan filter base.
6. Labu penampung sebagai tempat untuk menampung cairan yang telah disaring.
7. Pompa vakum adalah alat penghisap yang menurunkan tekanan udara (Pradika, 2018).

## **2.7 Compact Dry**

*Compact Dry* merupakan media pengujian yang dirancang khusus untuk mendeteksi kontaminasi mikroba secara cepat dan mudah. Media *Compact Dry* merupakan media selektif yang berukuran 20 cm<sup>3</sup>, yang mendukung pertumbuhan koloni bakteri dengan warna yang khas. Media *Compact Dry* dilengkapi dengan penutup yang dirancang untuk mengurangi resiko kontaminasi atau tumpahan. Ada beberapa tipe Compact DRY yaitu *Compact Dry EC*, *Compact Dry RTB*, *Compact Dry ETC*, *Compact Dry BC*, *Compact Dry Dry X-SA*, *Compact Dry SL*, *Compact Dry LS*, *Compact Dry LM*, *Compact Dry VP*, Dan *Compact Dry PA*. Media *Compact Dry EC* digunakan untuk mendeteksi bakteri *Coliform* Dan *Escherichia Coli* dengan warna koloni dari *Escherichia Coli* adalah biru, dan warna ungu sebagai *Coliform* (Nissui Pharmaceutical, 2021). Compact dry telah bersertifikat AOAC PTM, MicroVal dan AFNOR sebagai metode alternatif.