

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Air Minum

1. Definisi Air

Air adalah zat atau materi atau unsur yang penting bagi semua bentuk kehidupan yang diketahui sampai saat ini di bumi, tetapi tidak di planet lain. Air menutupi hampir 71% permukaan bumi. Terdapat 1,4 triliun kilometer kubik (330 juta mil³) air tersedia di bumi (Kodoatie & Sjarief, 2005). Air sebagian besar terdapat di laut (air asin) dan pada lapisan-lapisan es (di kutub dan puncak-puncak gunung), akan tetapi juga dapat hadir sebagai awan, hujan, sungai, muka air tawar, danau, uap air, dan lautan es (Nainggolan *et al.*, 2019).

Air merupakan zat atau materi atau unsur yang penting bagi semua bentuk kehidupan di bumi. Air adalah sumber kehidupan pertama bagi manusia, selain bagi hewan dan tumbuhan tentunya. Air sangat dibutuhkan oleh tubuh sebagai nutrisi yang sangat vital. Air dibutuhkan tubuh untuk menjaga kesehatan dan keutuhan setiap sel dalam tubuh, menjaga tingkat cair aliran darah agar lebih mudah mengalir melalui pembuluh darah, mengatur suhu tubuh melalui proses berkeringat, menjaga kelembaban selaput-selaput lendir misalnya yang terdapat di paru-paru dan mulut (As`adi, 2014). Pada tubuh manusia rata-rata memiliki volume air sebesar 65% dari total berat badannya. Kebutuhan air minum setiap orang bervariasi

mulai dari 2,1 liter hingga 2,8 liter perhari, tergantung pada berat badan dan aktivitasnya (Bambang *et al.*, 2014).

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2019 Tentang Sumber Daya Air, dalam pasal 1 dijelaskan bahwa "Air adalah semua air yang terdapat pada, di atas, ataupun di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat".

2. Definisi Air Minum

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan, dalam lampiran Bab II poin A terkait Media Air dijelaskan bahwa, "Air minum adalah air yang melalui pengolahan atau tanpa pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Air minum digunakan untuk keperluan minum, masak, mencuci peralatan makan dan minum, mandi, mencuci bahan baku pangan yang akan dikonsumsi, peturasan, dan ibadah". Air minum harus aman diminum yang artinya bebas mikroba patogen dan zat berbahaya dan diterima dari segi warna, rasa, bau dan kekeruhannya (Soemirat Juli, 2004).

3. Air Minum Isi Ulang (AMIU)

Air minum isi ulang adalah salah satu jenis air minum yang dapat langsung diminum tanpa dimasak terlebih dahulu, karena telah mengalami proses pemurnian baik secara penyinaran *ultraviolet*, ozonisasi, ataupun keduanya. Pada era sekarang ini kesadaran masyarakat untuk mendapatkan

air yang memenuhi syarat kesehatan semakin meningkat. Seiring dengan hal tersebut maka dewasa ini semakin menjamur pula depot air minum isi ulang (DAMIU) yang menyediakan air siap minum (Bustomi *et al.*, 2018).

Usaha Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) dimulai sekitar tahun 1999. Pada tahun ini, Indonesia sedang mengalami krisis ekonomi, sehingga membuat masyarakat mencari alternatif untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari dengan biaya yang lebih murah. Meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap air mendorong tumbuhnya usaha DAMIU, dan harganya lebih murah dibandingkan AMDK (Ridha Alfian & Nilam Sari, 2021).

Seiring berjalannya waktu, pemenuhan kebutuhan akan air minum bagi masyarakat sangat bervariasi. Terdapat masyarakat yang mengambil air minum bersumber dari mata air, air sungai, air tanah yang menggunakan sumur dalam atau sumur dangkal serta air perpipaan yang di produksi oleh Perusahaan Umum Daerah Air Minum (PUDAM) setempat yang dikonsumsi setelah dimasak. Industrialisasi dalam penyediaan air minum ada untuk memenuhi kebutuhan air bagi kebutuhan manusia. Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) menjadi alternatif lain yang dijadikan sebagai salah satu sumber air minum. Air minum dalam kemasan dipilih oleh masyarakat karena dianggap lebih praktis dan higienis. Lama kelamaan masyarakat merasa bahwasannya air minum dalam kemasan dari berbagai merk harganya semakin mahal, sehingga konsumen menemukan alternatif lain yaitu dengan mengkonsumsi air minum yang diproduksi oleh depot air minum isi ulang (Mila *et al.*, 2020).

4. Sumber Air Baku untuk Air Minum

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air, dalam pasal 1 dijelaskan bahwa "Sumber Air adalah tempat atau wadah Air alami dan atau buatan yang terdapat pada, di atas, atau di bawah permukaan tanah". Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2005 Tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, bahwa yang dimaksud dengan air baku untuk air minum rumah tangga, yang selanjutnya disebut air baku adalah air yang berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah atau air hujan yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk minum. Adapun jenis air baku yang digunakan untuk air minum diantaranya yaitu:

a. Air Tanah/Sumur

Air yang berasal dari dalam tanah, yang diambil dengan cara pengeboran kemudian disedot menggunakan pompa air. Air ini mempunyai kondisi dan kandungan kontaminan yang bervariasi seperti kandungan mangan, besi, nitrat dan nitrit sehingga sulit sekali dikontrol. Selain itu air tersebut banyak terkontaminasi oleh bakteri *Escherichia coli* yang berasal dari kotoran hewan dan manusia (Wandriviel *et al.*, 2012).

b. Air PAM

Air yang diolah perusahaan air minum (PAM) bersumber dari air sungai maupun air tanah. Air ini diolah dengan maksud agar bakteri berbahaya terbunuh dan pada umumnya dengan menggunakan klorin.

Klorin adalah senyawa kimia yang juga berbahaya jika dikonsumsi oleh manusia karena hasil turunannya yaitu *trihalomethane* yang dapat menyebabkan penyakit kanker (Wandrivel *et al.*, 2012).

c. Mata air/Air Pegunungan

Mata air merupakan pemunculan air tanah ke permukaan tanah karena muka air tanah terpotong, sehingga di titik tersebut air tanah keluar sebagai mata air atau rembesan. Dilihat dari aspek kualitasnya, mata air dapat mempunyai kadar zat kimia yang sangat tinggi dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber pengobatan. Di sisi lain juga banyak mata air yang mempunyai kualitas yang sangat baik, sehingga banyak dimanfaatkan untuk air minum atau bahan baku air minum (Surmadji *et al.*, 2016).

Klasifikasi air minum aman terdiri dari beberapa tingkatan pencapaian akses antara lain bersumber dari air minum layak, jarak antara sumber air dengan tempat penampung kotoran/tinja, mudah diakses, tersedia setiap saat ketika dibutuhkan, dan memenuhi standar kualitas fisik, kimia, dan biologis air minum. Pada tahun 2022, rumah tangga diklasifikasikan menggunakan air minum layak/*improved* jika sumber utama air berasal dari air terlindungi yaitu berasal dari air leding, sumur bor atau sumur pompa, sumur terlindung, mata air terlindung, dan air hujan. Terdapat juga sumber utama air yang tidak "*suistanable*" yaitu berasal dari air kemasan bermerk dan air isi ulang. Terdapat indikator lainnya yaitu karakteristik jarak dari sumber air ke tempat penampungan limbah/kotoran/tinja terdekat (BPS, 2022).

5. Syarat Kualitas Air Minum

Persyaratan kualitas air minum diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan. Dalam peraturan tersebut berisi tentang kualitas produk air minum yang aman ditinjau dari parameter fisik, parameter mikrobiologi, parameter kimia serta radioaktif. Dalam Peraturan Menteri ini, parameter dibagi menjadl parameter utama dan parameter khusus, Penerapan tambahan parameter khusus menjadi tanggung jawab pemerintah daerah melalui kajian ilmiah.

Pada parameter mikrobiologi yang berhubungan langsung dengan kesehatan ada dua jenis parameter yang ditetapkan dalam Permenkes No. 2 Tahun 2023 sebagai parameter mikrobiologi, yaitu *Escherichia coli* dan *Total Coliform*. Dua jenis parameter ini hanya berupa indikator yang berfungsi sebagai penentu adanya mikroba lainnya seperti parasit (protozoa, metozoa, tungau), bakteri patogen, dan virus yang hidup.

Standar kualitas air minum yang ditetapkan dalam Permenkes No. 2 Tahun 2023 untuk *Escherichia coli* dan *Total Coliform* maksimum yang diperbolehkan adalah 0 per 100 ml sampel. Hal ini menunjukkan bahwa air untuk keperluan air minum harus bebas dari segala jenis bakteri terutama bakteri patogen.

Tabel 2.1
Parameter Wajib Kualitas Air Minum

No.	Jenis Parameter	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Satuan	Metode Pengujian
Mikrobiologi				
1.	<i>Escherichia coli</i>	0	CFU/ 100 ml	SNI/ APHA
2.	<i>Total Coliform</i>	0	CFU/ 100 ml	SNI/ APHA
Fisik				
3.	Suhu	Suhu Udara ± 3	$^{\circ}\text{C}$	SNI/ APHA
4.	<i>Total Dissolve Solid</i>	<300	mg/L	SNI/ APHA
5.	Kekeruhan	<3	NTU	SNI atau yang setara
6.	Warna	10	TCU	SNI / APHA
7.	Bau	Tidak Berbau	-	APHA
Kimia				
8.	pH	6,5 – 8,5	-	SNI/ APHA
9.	Nitrat (sebagai NO^3) (terlarut)	20	mg/ L	SNI/ APHA
10.	Nitri (sebagai NO^2) (terlarut)	3	mg/ L	SNI/ APHA
11.	Kromium valensi 6 (Cr^{6+}) (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 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.	Flouride (F) (terlarut)	1,5	mg/ L	SNI/ APHA
19.	Alumunium (Al) (terlarut)	0,2	mg/ L	SNI/ APHA

Sumber: Permenkes No. 2 Tahun 2023

B. Depot Air Minum

1. Definisi dan Peralatan Pengolahan Depot Air Minum

Depot air minum yang selanjutnya disebut DAM adalah usaha industri yang melakukan proses pengolahan air baku menjadi air minum dalam bentuk curah dan menjual langsung kepada konsumen (Permenkes, 2023).

Menurut Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan Republik Indonesia Nomor 651 Tentang Persyaratan Depot Air Minum dan Perdagangannya, peralatan pengolahan adalah semua mesin dan peralatan yang digunakan dalam proses pengolahan. Dalam mencapai kualitas air yang sesuai dengan standar kualitas air minum diperlukan proses penyaringan dan proses desinfeksi menggunakan peralatan yang sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh Departemen Perindustrian dan Perdagangan serta Departemen Kesehatan. Mesin dan peralatan dalam proses produksi di depot air minum terdiri dari:

a. *Storage tank*

Storage tank berfungsi untuk tempat penampungan air baku yang dapat menampung air sebanyak 3000 liter.

b. *Stainless water pump*

Stainless water pump berfungsi untuk memompa air baku dari *storage tank* ke dalam tabung filter.

c. Tabung filter

Tabung filter berfungsi sebagai unit pengolahan air (*water treatment*) atau untuk proses filtrasi dan bertujuan untuk menghilangkan zat padat tersuspensi dari air, yang terdiri dari:

- 1) *Prefilter* (saringan pasir = *sand filter*), fungsinya menyaring partikel-partikel yang kasar, dengan bahan dari pasir atau jenis lain yang efektif dengan fungsi yang sama.
- 2) Karbon filter, fungsinya sebagai penyerap bau, rasa, warna, sisa khlor dan bahan organik.
- 3) *Micro filter*, fungsinya sebagai saringan halus berukuran maksimal 10 (sepuluh) mikron, dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan tertentu.

d. *Flow meter*

Flow meter berfungsi untuk mengukur air yang mengalir ke galon isi ulang.

e. Alat sterilisasi

Fungsi alat sterilisasi adalah untuk membunuh kuman patogen. Alat sterilisasi yang digunakan bisa berupa ozon, sinar UV dengan panjang gelombang 254 nm, atau *Reverse Osmosis* (RO).

f. Alat pengisian

Mesin dan alat untuk memasukkan air minum ke dalam wadah.

g. Galon isi ulang

Galon isi ulang digunakan sebagai wadah penampung dari air isi ulang yang telah diolah.

2. Proses Produksi Depot Air Minum

Dalam buku Mengenal Air Minum Isi Ulang yang disusun oleh Ridha Alfian & Nilam Sari Tahun 2021, dijelaskan urutan proses produksi di Depot Air Minum Isi Ulang menurut Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan RI No. 651/MPP/Kep/10/2004 tentang Persyaratan Teknis Depot Air Minum dan Perdagangan, yaitu (Kepmenperindag, 2004):

a. Penampungan air baku dan syarat bak penampung

Air baku yang diambil dari sumbernya diangkut dengan menggunakan tangki dan selanjutnya ditampung dalam bak atau tangki penampung (*reservoir*). Bak penampung harus dibuat dari bahan tara pangan (*food grade*) seperti *stainless stell*, *poly carbonat*, harus bebas dari bahan-bahan yang dapat mencemari air. Tangki pengangkut mempunyai persyaratan yang terdiri atas:

- 1) Khusus digunakan untuk air minum
- 2) Mudah dibersihkan serta didesinfektan dan diberi pengaman
- 3) Harus mempunyai *manhole*
- 4) Pengisian dan pengeluaran air harus melalui keran
- 5) Selang dan pompa yang dipakai untuk bongkar muat air baku harus diberi penutup yang baik, disimpan dengan aman dan dilindungi dari kemungkinan kontaminasi.

Tangki galang, pompa dan sambungan harus terbuat dari bahan tara pangan (*food grade*) seperti *stainless stell* atau *poly carbonat*, tahan *korosid*, dan bahan kimia yang dapat mencemari air. Tangki pengangkut harus dibersihkan dan desinfeksi bagian luar minimal 3 (tiga) bulan sekali. Air baku harus diambil sampelnya, yang jumlahnya cukup mewakili untuk diperiksa terhadap standar mutu yang telah ditetapkan oleh Menteri Kesehatan.

b. Penyaringan bertahap terdiri dari:

- 1) Saringan berasal dari pasir atau saringan lain yang efektif dengan fungsi yang sama. Fungsi saringan pasir adalah menyaring partikel-partikel yang kasar. Bahan yang dipakai adalah butir-butir *silica* (SiO_2) minimal 80%.
- 2) Saringan karbon aktif yang berasal dari batu bara atau batok kelapa berfungsi sebagai penyerap bau, rasa, warna, sisa *khlor*, dan bahan organik. Daya serap terhadap *Iodine* minimal 75%.
- 3) Saringan/filter lainnya yang berfungsi sebagai saringan halus berukuran maksimal 10 (sepuluh) mikron.

c. Desinfeksi

Desinfeksi dimaksudkan untuk membunuh kuman *pathogen*. Proses desinfeksi dengan menggunakan ozon (O_3) berlangsung dalam tangki atau alat pencampuran ozon lainnya dengan konsentrasi ozon minimal 0,1 ppm dan residu ozon sesaat setelah pengisian berkisar antara 0,06 – 0,1 ppm. Tindakan desinfeksi selain menggunakan ozon,

dapat dilakukan dengan cara penyinaran *Ultra Violet* (UV) dengan panjang gelombang 254 nm atau kekuatan 25370 A dengan intensitas minimum 10.000 mw detik per cm².

Proses Desinfeksi pada Depot Air Minum Isi Ulang yang saat ini beredar di masyarakat terdiri dari proses ozonisasi, proses *ultraviolet* (UV), dan proses *reversed osmosis* (RO).

1) Ozonisasi

Ozon merupakan oksidan kuat yang mampu membunuh bakteri *pathogen*, termasuk virus. Keuntungan penggunaan ozon adalah pipa, peralatan dan kemasan akan ikut disanitasi sehingga produk yang dihasilkan akan lebih terjamin selama tidak ada kebocoran di kemasan, ozon merupakan bahan sanitasi air yang efektif disamping sangat aman (Sembiring, 2008). Proses Ozonasi adalah kandungan oksigen di udara, diambil dan dilewatkan melalui loncatan arus listrik sehingga secara alami akan berubah menjadi zat bernama ozon. Ozon ini kemudian disemprotkan ke dalam air. Segala macam makhluk hidup mikro yang terkandung dalam air ini tiba-tiba akan berada dalam lingkungan air yang penuh dengan ozon, sehingga sel-sel mereka menjadi rusak dan mati.

Daya rusak ozon terhadap kandungan makluk hidup mikro dalam air ini tentunya tergantung dari daya kelarutan ozon dalam air tersebut, yang tentunya tergantung dari kandungan oksigen dalam air tersebut karena pada dasarnya ozon hanya menempati tempat-

tempat kosong yang seharusnya diisi oksigen karena ozon sendiri cukup berbahaya bagi tubuh manusia bila masuk ke dalam tubuh, maka setelah membunuh makhluk hidup mikro, dilakukan proses pemberian sinar *ultraviolet* ke dalam air yang mengalir untuk merusak ozon dan mengurainya menjadi oksigen kembali yang terlarut dalam air (Pracoyo, 2004).

2) *Ultraviolet* (UV)

Salah satu metode pengolahan air adalah dengan penyinaran sinar *ultraviolet* dengan panjang gelombang pendek yang memiliki daya inti mikroba yang kuat. Cara kerjanya adalah dengan *absorbs* oleh asam nukleat tanpa menyebabkan terjadinya kerusakan pada permukaan sel. Air dialirkan melalui tabung dengan lampu *ultraviolet* berintensitas tinggi, sehingga bakteri terbunuh oleh radiasi sinar *ultraviolet*, harus diperhatikan bahwa intensitas lampu *ultraviolet* yang dipakai harus cukup, untuk sanitasi air yang efektif diperlukan intensitas sebesar 30.000 MW sec/cm² (*Micro Watt* per sentimeter persegi).

Radiasi sinar *ultraviolet* dapat membunuh semua jenis mikroba bila intensitas dan waktunya cukup, tidak ada residu atau hasil samping dari proses penyinaran dengan *ultraviolet*, namun agar efektif, lampu UV harus dibersihkan secara teratur dan harus diganti paling lama satu tahun. Air yang akan disinari dengan UV harus tetap melalui filter halus dan karbon aktif untuk menghilangkan

partikel tersuspensi, bahan organik, Fe atau Mn jika konsentrasinya cukup tinggi (Sembiring, 2008).

3) *Reversed Osmosis* (RO)

Menurut Syafran (dalam Sembiring, 2008) *Reversed Osmosis* (RO) adalah suatu proses pemurnian air melalui membran semipermeabel dengan tekanan tinggi (50-60 psi). Membran semipermeabel merupakan selaput penyaring skala molekul yang dapat ditembus oleh molekul air dengan mudah, akan tetapi tidak dapat atau sulit dilalui oleh molekul lain yang lebih besar dari molekul air. Membran RO menghasilkan air murni 99,99%. Diameternya lebih kecil dari 0,0001 mikron (500.000 kali lebih kecil dari sehelai rambut). Fungsinya adalah untuk menyaring mikroorganisme seperti bakteri maupun virus.

Analogi proses R.O adalah sebagai berikut: air yang akan disaring ditekan dengan tekanan tinggi melewati membran semipermeabel sehingga yang menembus hanya air murni sedang kandungan cemaran yang semakin tinggi kemudian dialirkan keluar atau dibuang. Membran semipermeabel secara alami memiliki sifat seolah-olah menyeragamkan konsentrasi larutan air yang berbeda-beda. Sistem pengolahan air sangat tergantung pada kualitas air baku yang akan diolah. Air baku yang buruk, seperti kandungan *khlorida* dan TDS yang tinggi membutuhkan pengolahan dengan sistem RO

sehingga TDS yang tinggi dapat diturunkan atau dihilangkan (Pracoyo, 2004).

d. Pembilasan, Pencucian dan Sterilisasi Wadah

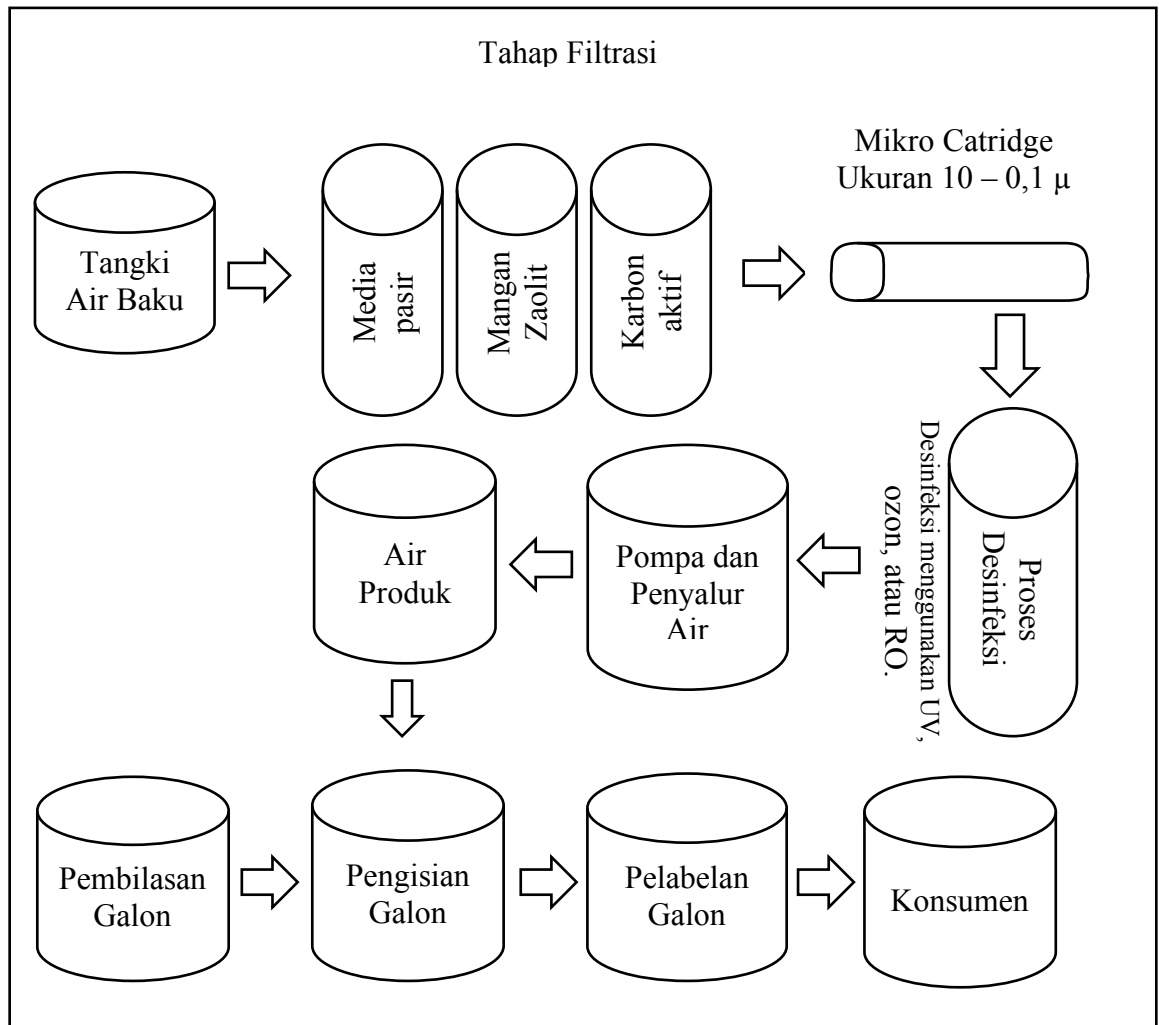
Wadah yang dapat digunakan adalah wadah yang terbuat dari bahan tara pangan (*food grade*) seperti *stainless stell*, *poly carbonat* atau *poly vinyl carbonat* dan bersih. Depot air minum wajib memeriksa wadah yang dibawa konsumen. Wadah yang akan diisi harus disterilisasi dengan menggunakan ozon (O₃) atau air ozon (air yang mengandung ozon). Dalam proses pencucian harus dilakukan dengan menggunakan berbagai jenis deterjen tara pangan (*food grade*) dan air bersih dengan suhu berkisar 60 – 850 C, kemudian dibilas dengan air minum atau air produk secukupnya untuk menghilangkan sisa – sisa deterjen yang dipergunakan untuk mencuci.

e. Pengisian

Pengisian wadah dilakukan dengan menggunakan alat dan mesin serta dilakukan dalam tempat pengisian yang higienis.

f. Penutupan

Penutupan wadah dapat dilakukan dengan tutup yang dibawa konsumen atau yang disediakan oleh depot air minum.



Gambar 2.1

Alur Proses Pengolahan Air Minum Isi Ulang Depot Air Minum
Sumber: Kepmenperindag, 2004

3. Higiene Sanitasi Depot Air Minum

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 2014 Tentang Higiene Sanitasi Depot Air Minum pada Pasal 1 menyebutkan, Higiene Sanitasi adalah upaya untuk mengendalikan faktor risiko terjadinya kontaminasi yang berasal dari tempat, peralatan dan penjamah terhadap air minum agar aman dikonsumsi. Persyaratan higiene sanitasi dalam pengelolaan air minum paling sedikit meliputi aspek:

a. Tempat

Aspek tempat paling sedikit meliputi:

- 1) Lokasi berada di daerah yang bebas dari pencemaran lingkungan dan penularan penyakit;
- 2) Bangunan kuat, aman, mudah dibersihkan, dan mudah pemeliharaannya;
- 3) Lantai kedap air, permukaan rata, halus, tidak licin, tidak retak, tidak menyerap debu, dan mudah dibersihkan, serta kemiringan cukup landai untuk memudahkan pembersihan dan tidak terjadi genangan air;
- 4) Dinding kedap air, permukaan rata, halus, tidak licin, tidak retak, tidak menyerap debu, dan mudah dibersihkan, serta warna yang terang dan cerah;
- 5) Atap dan langit-langit harus kuat, anti tikus, mudah dibersihkan, tidak menyerap debu, permukaan rata, dan berwarna terang, serta mempunyai ketinggian yang memungkinkan adanya pertukaran udara yang cukup atau lebih tinggi dari ukuran tandon air;
- 6) Memiliki pintu dari bahan yang kuat dan tahan lama, berwarna terang, mudah dibersihkan, dan berfungsi dengan baik;
- 7) Pencahayaan cukup terang untuk bekerja, tidak menyilaukan dan tersebar secara merata;

- 8) Ventilasi harus dapat memberikan ruang pertukaran/peredaran udara dengan baik;
- 9) Kelembaban udara dapat mendukung kenyamanan dalam melakukan pekerjaan/aktivitas;
- 10) Memiliki akses fasilitas sanitasi dasar, seperti jamban, saluran pembuangan air limbah yang alirannya lancar dan tertutup, tempat sampah yang tertutup serta tempat cuci tangan yang dilengkapi air mengalir dan sabun; dan
- 11) Bebas dari vektor dan binatang pembawa penyakit seperti lalat, tikus dan kecoa.

b. Peralatan

Aspek peralatan paling sedikit meliputi:

- 1) Peralatan dan perlengkapan yang digunakan antara lain pipa pengisian air baku, tandon air baku, pompa penghisap dan penyedot, filter, mikrofilter, wadah/galon air baku atau air minum, kran pengisian air minum, kran pencucian/pembilasan wadah/galon, kran penghubung, dan peralatan desinfeksi harus terbuat dari bahan tara pangan (*food grade*) atau tidak menimbulkan racun, tidak menyerap bau dan rasa, tahan karat, tahan pencucian dan tahan disinfeksi ulang;
- 2) Mikrofilter dan desinfektor tidak kadaluarsa;
- 3) Tandon air baku harus tertutup dan terlindung;

- 4) Wadah/galon untuk air baku atau air minum sebelum dilakukan pengisian harus dibersihkan dengan cara dibilas terlebih dahulu dengan air produksi paling sedikit selama 10 (sepuluh) detik dan setelah pengisian diberi tutup yang bersih; dan
- 5) Wadah/galon yang telah diisi air minum harus langsung diberikan kepada konsumen dan tidak boleh disimpan pada DAM lebih dari 1x24 jam.

Terdapat penambahan terkait aspek peralatan pada Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2023, yaitu :

- 1) Tersedia peralatan sterilisasi/disinfeksi air (contoh: *ultraviolet*, ozonisasi atau *reverse osmosis*) yang berfungsi dengan baik;
- 2) Masa pakai peralatan sterilisasi sesuai dengan standar masa waktunya.

c. Penjamah

Aspek Penjamah paling sedikit meliputi:

- 1) Sehat dan bebas dari penyakit menular serta tidak menjadi pembawa kuman patogen (*carrier*); dan
- 2) Berperilaku higienis dan saniter setiap melayani konsumen, antara lain selalu mencuci tangan dengan sabun dan air yang mengalir setiap melayani konsumen, menggunakan pakaian kerja yang bersih dan rapi, dan tidak merokok setiap melayani konsumen.

d. Air Baku dan Air Minum

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 2014 Tentang Higiene Sanitasi Depot Air Minum, air baku masuk ke dalam aspek higiene sanitasi depot air minum. Air baku adalah air yang berasal dari sumber air permukaan, air tanah, air hujan dan air laut yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum. Air minum adalah air minum rumah tangga yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum (PP RI, 2015).

Air baku dan air minum harus memenuhi persyaratan air bersih, sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2023, untuk parameter *Escherichia coli* dan *Total Coliform* kadar maksimum yang diperbolehkan yaitu 0 per 100 ml.

Aspek air baku dan air minum meliputi:

- 1) Bahan baku memenuhi persyaratan fisik, mikrobiologi dan kimia standar;
- 2) Pengangkutan air baku memiliki surat jaminan pasok air baku;
- 3) Kendaraan tangki air terbuat dari bahan yang tidak dapat melepaskan zat-zat beracun ke dalam air/harus tara pangan;
- 4) Ada bukti tertulis/sertifikat sumber air;
- 5) Pengangkutan air baku paling lama 12 jam sampai ke depot air minum dan selama perjalanan dilakukan desinfeksi;

- 6) Kualitas Air minum yang dihasilkan memenuhi persyaratan fisik, mikrobiologi dan kimia standar yang sesuai standar baku.

4. Laik Higiene Sanitasi

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 2014 tentang Higiene Sanitasi Depot Air Minum, Sertifikat Laik Higiene Sanitasi adalah bukti tertulis yang dikeluarkan oleh dinas kesehatan kabupaten/kota atau kantor kesehatan pelabuhan yang menerangkan bahwa DAM telah memenuhi standar baku mutu atau persyaratan kualitas air minum dan persyaratan higiene sanitasi. Sertifikat laik higiene sanitasi berlaku untuk 1 (satu) tempat usaha depot air minum dan harus dipasang di tempat yang terlihat dan mudah dibaca oleh konsumen. Depot air minum dikatakan laik higiene sanitasi apabila nilai yang didapat dari penilaian Uji Laik Higiene Sanitasi minimal 70% termasuk hasil laboratorium memenuhi syarat (Permenkes, 2014).

C. Persyaratan Kualitas Mikrobiologi Air Minum

Mikrobiologi merupakan cabang ilmu biologi yang mempelajari mikroorganisme. Definisi mikroorganisme atau mikroba adalah organisme yang berukuran kecil atau organisme bersel tunggal yang hanya dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop. Kelompok mikroba antara lain protozoa, alga, jamur, bakteri dan virus (Rini & Rohmah, 2020).

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan, indikator kualitas air minum dari

segi mikrobiologis terdiri dari parameter *Escherichia coli* dan *Total Coliform* yang persyaratannya harus nol. Adanya bakteri *Coliform* dalam air menunjukkan air terkontaminasi oleh tinja bersifat patogen di dalam usus, sehingga tidak layak untuk dikonsumsi (Dinas Kesehatan Gunung Kidul, 2019). Bahaya bakteri *Coliform* apabila masuk ke dalam pencernaan dapat menimbulkan berbagai penyakit seperti diare, tifus dan disentri basiler (Kumalasari & Prihandiwati, 2018). Bakteri *Coliform* dapat menghasilkan berbagai macam zat racun seperti *indol* dan *skatol* yang dapat menyebabkan penyakit dan dapat menghasilkan zat etionin yang dapat menyebabkan kanker (Kumalasari & Prihandiwati, 2018).

Bakteri *coliform* (*Total Coliform*) merupakan kelompok bakteri yang dapat dijadikan indikator atau tolak ukur biologis pada kualitas lingkungan (Widyaningsih Supriharyono & Widyorini, 2016). Bakteri *coliform* terbagi menjadi dua subkelompok, yaitu fekal *coliform* dan non-fekal *coliform*. Fekal *coliform* berasal dari saluran pencernaan organisme berdarah panas, sedangkan non-fekal *coliform* berasal dari jasad tumbuhan atau hewan yang mati (Knechtges, 2012). Bakteri *Escherichia coli* menjadi salah satu spesies utama dalam subkelompok fekal *coliform*. Bakteri *E.coli* digunakan sebagai indikasi yang lebih kuat dibandingkan *total coliform*, karena sifatnya yang lebih spesifik.

1. Bakteri *Escherichia coli*

Escherichia coli merupakan bakteri gram negatif berbentuk batang dengan ukuran berkisar antara 1.0-1.5 μm x 2.0-6.0 μm , tidak motil atau

motil dengan flagela serta dapat tumbuh dengan atau tanpa oksigen, bersifat fakultatif anaerobik dan dapat tahan pada media yang miskin nutrisi. Karakteristik biokimia *E.coli* lainnya adalah kemampuannya untuk memproduksi indol, kurang mampu memfermentasi sitrat, bersifat negatif pada analisis *urease* (Rahayu *et al.*, 2018).

Bakteri *E.coli* umum hidup di dalam saluran pencernaan manusia atau hewan. Fisiologi *E.coli* yaitu memiliki kemampuan untuk bertahan hidup pada kondisi lingkungan yang sulit. *Escherichia coli* tumbuh dengan baik di air tawar, air laut, atau di tanah. Pada kondisi tersebut *E.coli* terpapar lingkungan abiotik dan biotik (Anderson *et al.*, 2005). *Escherichia coli* juga merupakan bakteri indikator kualitas air minum karena keberadaannya di dalam air mengindikasikan bahwa air tersebut terkontaminasi oleh feses, yang kemungkinan juga mengandung mikroorganisme enterik patogen lainnya. Bakteri *E.coli* yang ada di dalam air umumnya *E.coli* non-patogen tetapi terkadang ditemukan pula *strain* patogen seperti enterotoksigenik dan *E.coli* yang memproduksi *shiga-toxin* (*Enterohemoragik*) (Rahayu *et al.*, 2018).

Escherichia coli merupakan bakteri komensal, patogen intestinal dan pathogen ekstraintestinal yang dapat menyebabkan infeksi *traktus* urinarius, meningitis, dan *septicemia*. Infeksi ditandai dengan manifestasi klinis yang luas mulai dari tanpa menunjukkan gejala klinis atau asimtomatis sampai terlihat adanya diare berdarah atau tanpa berdarah. Penyakit diare merupakan penyebab kesakitan dan kematian di negara

berkembang. *Eschericia coli* menghasilkan toksin yang berefek racun terhadap mukosa usus dan dapat menyebabkan gangguan *gastrointestinal* atau disebut *enterotoksin* (Rini & Rohmah, 2020).

E.coli dapat dipindahsebarakan melalui air yang tercemar tinja atau air seni orang yang menderita infeksi pencernaan, sehingga dapat menular pada orang lain. *E.coli* keluar dari tubuh bersama tinja dalam jumlah besar serta mampu bertahan sampai beberapa minggu. Kelangsungan hidup dan replikasi *E.coli* di lingkungan membentuk *coliform*. *E.coli* tidak tahan terhadap keadaan kering atau desinfektan biasa. Bakteri ini akan mati pada suhu 600C selama 30 menit (Widyaningsih Supriharyono & Widyorini, 2016).

2. Bakteri *Total Coliform*

Cullimore (2007) mengkategorikan bakteri *coliform* ke dalam dua golongan, yaitu, *total coliform* yang merupakan gabungan dari keseluruhan bakteri *coliform*, serta *fecal coliform* yang merupakan bagian dari *Total Coliform* yang memiliki sifat sebagai bakteri patogen dalam air. Bakteri *Total Coliform* adalah kelompok bakteri berbentuk batang, gram negatif, bakteri pembentuk *non-spora* yang menghasilkan gas dan asam ketika memfermentasi laktosa ketika diinkubasi selama 24 jam pada suhu 35°-37 ° C.

Total coliform adalah suatu kelompok bakteri yang digunakan sebagai indikator adanya polusi kotoran. *Total coliform* yang berada di dalam makanan atau minuman menunjukkan kemungkinan adanya mikroba

yang bersifat *enteropatogenik* dan atau *toksigenik* yang berbahaya bagi kesehatan. *Total koliform* dibagi menjadi dua golongan, yaitu *coliform fekal*, seperti *E.coli* yang berasal dari tinja manusia, hewan berdarah panas, dan *coliform nonfekal*, seperti *Aerobacter* dan *Klebsiella* yang bukan berasal dari tinja manusia, tetapi berasal dari hewan atau tanaman yang telah mati. Air olahan DAM harus bebas dari kandungan *total coliform* dan *E.coli* (Sudirman Pakpahan *et al.*, 2015).

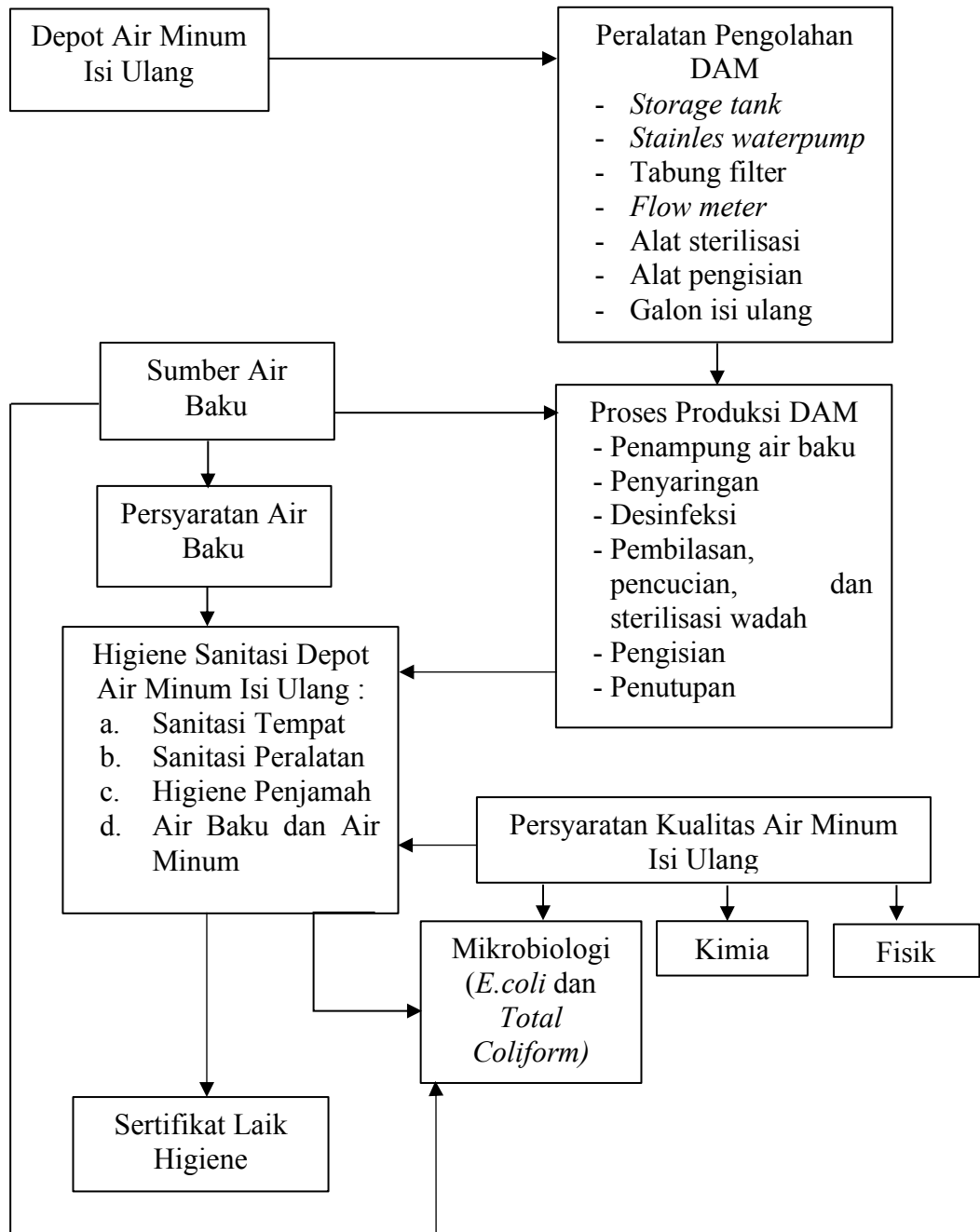
3. Pemeriksaan Keberadaan Bakteri *Escherichia coli* dan *Total Coliform*

Keberadaan bakteri *Total Coliform* tidak dapat dideteksi oleh penglihatan, penciuman, atau rasa sehingga perlu dilakukan uji laboratorium menggunakan metode MPN. *Most Probable Number* (MPN) adalah suatu metode pemeriksaan bakteri *Coliform* dan *Escherichia coli* pada sampel air dan bahan makanan yang menggunakan data dari hasil pertumbuhan mikroorganisme pada medium cair spesifik *Lactosa Broth* (LB) dan *Briliant Green Lactosa Bile Broth* (BGLBB) yang diencerkan menurut tingkat seri tabungnya sehingga dihasilkan kisaran jumlah mikroorganisme yang diuji dalam nilai MPN/satuan volume atau massa sampel (Kurniawan *et al.*, 2021).

Metode MPN terdiri dari dua tahap, yaitu uji pendugaan (*presumptive test*), dan uji konfirmasi (*confirmed test*). Dalam uji tahap pertama, keberadaan *coliform* masih dalam tingkat probabilitas rendah; masih dalam dugaan. Uji ini mendeteksi sifat fermentatif *coliform* dalam sampel. Karena beberapa jenis bakteri selain *coliform* juga memiliki sifat fermentatif,

diperlukan uji konfirmasi untuk mengetes kembali kebenaran adanya *coliform* dengan bantuan medium selektif diferensial.

D. Kerangka Teori



Gambar 2.2
Kerangka Teori

Sumber: (Permenkes, 2014), (Kepmenperindag, 2004), (Permenkes, 2023), (PP RI, 2015).