

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Air Minum

1. Definisi Air Minum

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, dalam pasal 1 dijelaskan bahwa “Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum”.

2. Sumber Air Baku Untuk Air Minum

Menurut Djoko (2016) sumber air baku yang dapat digunakan untuk kebutuhan air minum terdiri dari mata air, air permukaan (sungai, danau, waduk, dll.), air tanah (sumur gali, sumur bor) maupun air hujan. Berdasarkan data dari BPS yang dipublikasikan melalui Indikator Perumahan dan Kesehatan Lingkungan 2020 sumber air minum yang digunakan adalah sebagai berikut:

a. Air Kemasan Bermerk

Air kemasan bermerk adalah air yang diproduksi dan didistribusikan oleh suatu perusahaan dalam kemasan botol (600 ml, 1,5 liter, 12 liter, 19 liter) dan kemasan gelas.

b. Air Isi Ulang

Air isi ulang adalah air yang diproduksi melalui proses penjernihan dan biasanya tidak memiliki merk.

c. Leding

Air leding adalah air yang diproduksi melalui proses penjernihan dan penyehatan sebelum dialirkan kepada konsumen. Sumber air ini diusahakan oleh PAM (Perusahaan Air Minum), PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum), atau BPAM (Badan Pengelola Air Minum), baik dikelola oleh pemerintah maupun swasta.

d. Sumur Bor/Pompa

Air sumur bor/pompa adalah air tanah yang cara pengambilannya dengan pompa tangan, pompa listrik, atau kincir angin, termasuk sumur artesis (sumur pantek).

e. Sumur Terlindung

Sumur terlindung adalah air yang berasal dari dalam tanah yang digali dan lingkaran sumur tersebut dilindungi oleh tembok paling sedikit 0,8 meter di atas tanah dan 3 meter ke bawah tanah, serta ada lantai semen sejauh 1 meter dari lingkaran sumur.

f. Sumur tak terlindung

Sumur tak terlindung adalah air yang berasal dari dalam tanah yang digali dan lingkaran sumur tersebut tidak dilindungi oleh tembok dan lantai semen sejauh 1 meter dari lingkaran sumur.

g. Mata air terlindung

Mata air terlindung adalah sumber air permukaan tanah dimana air timbul dengan sendirinya. Dikategorikan sebagai terlindung bila mata air tersebut terlindung dari air bekas pakai, bekas mandi, mencuci, atau lainnya.

h. Mata air tak terlindung

Mata air tak terlindung adalah sumber air permukaan tanah dimana air timbul dengan sendirinya. Dikategorikan sebagai tak terlindung bila mata air tersebut tidak terlindung atau tercemar dari air bekas pakai, bekas mandi, mencuci, atau lainnya.

i. Air permukaan

Air permukaan adalah air yang berada diatas permukaan tanah seperti sungai, danau, dan waduk, kolam, irigasi.

j. Air hujan

Air hujan adalah air yang berasal dari hujan.

k. Lainnya

Sumber air selain yang tersebut di atas, misalnya air laut yang disuling.

Klasifikasi air minum aman terdiri dari beberapa tingkatan pencapaian akses antara lain bersumber dari air minum layak, mudah diakses, tersedia setiap saat ketika dibutuhkan, dan memenuhi standar kualitas fisik, kimia, dan biologis air minum. Mulai tahun 2019, rumah tangga diklasifikasikan menggunakan air minum layak/*improved* jika sumber utama air yang

digunakan untuk minum berasal dari air leding, sumur bor atau sumur pompa, sumur terlindung, mata air terlindung, dan air hujan. Begitu pula ketika sumber air utama yang digunakan oleh rumah tangga berasal dari air kemasan bermerk atau air isi ulang (BPS,2019). Perbedaan klasifikasi ini dengan yang sebelumnya adalah tidak lagi memasukkan karakteristik jarak ke tempat pembuangan limbah/kotoran/tinja terdekat.

3. Syarat Kualitas Air Minum

Persyaratan kualitas air minum diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 Tahun 2010 Tentang Kualitas Air Minum. Dalam peraturan tersebut berisi tentang kualitas produk air minum yang aman ditinjau dari parameter fisik, kimia, mikrobiologi, dan radioaktifitas.

Pada parameter mikrobiologi yang berhubungan langsung dengan kesehatan ada dua organisme yang ditetapkan dalam Permenkes No. 492 Tahun 2010 sebagai parameter mikrobiologi, yaitu *Escherichia coli* dan total *Coliform*. Dua parameter ini sebenarnya hanya berupa indikator yang berfungsi sebagai penunjuk adanya berbagai mikroba lain seperti parasit (protozoa, metozoa, tungau), bakteri patogen, dan virus juga yang hidup.

Standar kualitas air minum yang ditetapkan dalam Permenkes No. 492 Tahun 2010 untuk total *Coliform* dan *Escherichia Coli* maksimum yang diperbolehkan adalah 0 per 100 ml sampel, artinya air untuk keperluan minum harus bebas dari segala jenis bakteri terutama bakteri patogen.

Tabel 2.1 Parameter Wajib Kualitas Air Minum

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
1.	Parameter yang berhubungan langsung dengan Kesehatan		
	a. Mikrobiologi		
	1) <i>E. Coli</i>	100 ml	0
	2) Total <i>Coliform</i>	100 ml	0
	b. Kimia an-organik		
	1) Arsen	mg/l	0,01
	2) Fluorida	mg/l	1,5
	3) Total Kromium	mg/l	0,05
	4) Kadmium	mg/l	0,003
	5) Nitrit	mg/l	3
	6) Nitrat	mg/l	50
	7) Sianida	mg/l	0,07
	8) Selenium	mg/l	0,01
	2.	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan	
a. Fisik			
1) Bau			Tidak berbau
2) Warna		TCU	15
3) TDS		mg/l	500
4) Kekeruhan		NTU	5
5) Rasa			Tidak berasa
6) Suhu		°C	Suhu udara \pm 3
b. Kimiawi			
1) Aluminium		mg/l	0,2
2) Besi		mg/l	0,3
3) Kesadahan		mg/l	500
4) Klorida		mg/l	250
5) Mangan		mg/l	0,4
6) Ph			6,5-8,5
7) Seng		mg/l	3
8) Sulfat		mg/l	250
9) Tembaga		mg/l	2
10) Ammonia		mg/l	1,5

Sumber: Permenkes No. 492 Tahun 2010

4. Bakteri *Coliform*

Bakteri merupakan salah satu penyebab terjadinya kontaminasi pada air minum, salah satunya bakteri *Coliform*. Bakteri *Coliform* merupakan salah satu parameter mikrobiologi yang mempengaruhi kualitas air minum. Bakteri *Coliform* sebagai suatu kelompok dicirikan sebagai kelompok bakteri gram negatif non spora berbentuk batang dan motil dan non motil yang dapat memfermentasikan laktosa dengan produksi asam dan gas ketika diinkubasi pada suhu 35-37°C dalam kurun waktu kurang dari 24 jam (Daoliang and Shuangyin, 2019). Bakteri *Coliform* secara umum memiliki sifat dapat tumbuh pada media agar sederhana, koloni sirkuler dengan diameter 1-3 mm, sedikit cembung, permukaan koloni halus, tidak berwarna, atau abu-abu dan jernih (Farida, 2009). Bakteri *Coliform* dapat ditemukan di lingkungan perairan, tanah, dan vegetasi serta hadir dalam jumlah besar dalam kotoran manusia ataupun hewan.

Bakteri *Coliform* dibagi menjadi 3 kelompok dengan masing-masing dari kelompok bakteri tersebut merupakan indikator kualitas air minum yang memiliki tingkat risiko menyebabkan penyakit yang berbeda (DOH, 2016). Ketiga kelompok bakteri *Coliform* tersebut adalah total *Coliform*, fekal *Coliform*, dan *Escherichia Coli*. Total *Coliform* adalah kumpulan besar dari berbagai jenis bakteri. Fekal *Coliform* adalah jenis total *Coliform* yang paling banyak berada di usus dan feses manusia maupun hewan dimana dalam air minum dianggap menunjukkan air tersebut telah terkontaminasi

oleh feses. *Escherichia Coli* merupakan spesies utama dalam kelompok fekal *Coliform*.

a. Total *Coliform*

Kelompok bakteri total *Coliform* seperti halnya jenis bakteri *Coliform* lainnya, bakteri total *Coliform* secara alamiah ditemukan di tanah. Bakteri total *Coliform* merupakan bakteri indikator kualitas higiene sanitasi air dan makanan yang umum digunakan karena densitasnya berbanding lurus dengan tingkat pencemaran air. Total *Coliform* tidak selalu mengindikasikan adanya kontaminasi fekal pada air tetapi ada atau tidaknya bakteri total *Coliform* pada air yang sudah diolah itu menentukan apakah proses pengolahan pada air telah bekerja dengan baik atau tidak (WSIS, 2007).

Total *Coliform* banyak ditemukan di lingkungan (seperti perairan, tanah dan vegetasi) serta umumnya tidak berbahaya dan tidak akan menyebabkan penyakit secara langsung bagi manusia. Jika saat pengujian laboratorium pada air minum terdapat total *Coliform* kemungkinan sumber kontaminasi berasal dari lingkungan sedangkan kontaminasi karena feses jarang terjadi. Keberadaan bakteri total *Coliform* dalam air mengindikasikan kemungkinan adanya mikroba yang bersifat enteropatogenik dan toksigenik yang berbahaya bagi kesehatan. Semakin tinggi tingkat kontaminasi bakteri total *Coliform* maka semakin tinggi pula risiko keberadaan mikroba patogen lainnya.

b. Sumber Kontaminasi Bakteri *Coliform*

Air bersih, tempat, tangan penjamah, peralatan penanganan, dan pakaian yang tidak bersih menjadi risiko yang berperan dalam meningkatkan risiko kontaminasi bakteri pada air minum (WHO, 2011). Air dapat terkontaminasi dari sumber air bakunya yang telah mengandung mikroorganisme seperti bakteri *Coliform*. Pencemaran air baku ini terjadi ketika ekskreta mengalir menuju suplai air tanah yang tidak terlindungi.

Pada air minum isi ulang terjadinya proses kontaminasi juga dapat disebabkan karena proses pengolahan air kurang sempurna. Hasil penelitian Herawati, et.al (2012) didapatkan adanya kandungan *Coliform* pada air minum menunjukkan bahwa efektifitas proses pengolahan bahan baku menjadi produk air minum mungkin juga mempengaruhi kualitas air yang dihasilkan. Proses yang dimaksud disini meliputi penampungan/penyimpanan bahan baku, penyaringan, desinfeksi/sterilisasi, dan higiene sanitasi tempat pengolahan air minum atau sistem distribusi pada pipa penyalur air minum, serta kondisi peralatan yang digunakan pada proses pengolahan tersebut.

Hal ini sesuai dengan penelitian dari Athena, et.al (2004) bahwa kurang baiknya proses dapat dilihat dengan cara membandingkan kandungan mikrobiologi sebelum pengolahan (air baku) dan air minum hasil pengolahan. Hasil penelitian Athena, et.al (2004) menunjukkan beberapa sampel air baku yang tidak memenuhi persyaratan kandungan

mikrobiologi *total coli* maupun *fecal coli* setelah melalui pengolahan kandungan bakteri tersebut mengalami penurunan yang bervariasi. Dari hasil penelitian ini juga didapat beberapa sampel air baku telah memenuhi persyaratan tetapi setelah melalui proses pengolahan, air minum hasil pengolahan terdeteksi adanya bakteri *total coli*, keadaan ini kemungkinan disebabkan oleh adanya kontaminasi pada saat proses pengolahan atau tercemarnya air minum pasca proses pengolahan (Athena, et.al, 2004).

c. Pemeriksaan Keberadaan Bakteri Total *Coliform*

Keberadaan bakteri total *Coliform* tidak dapat dideteksi oleh penglihatan, penciuman, atau rasa sehingga perlu dilakukan uji laboratorium menggunakan metode MPN. MPN adalah suatu metode enumerasi mikroorganisme yang menggunakan data dari hasil pertumbuhan mikroorganisme pada medium cair spesifik dalam seri tabung yang ditanam dari sampel padat atau cair yang ditanam berdasarkan jumlah sampel atau diencerkan menurut tingkat seri tabungnya sehingga dihasilkan kisaran jumlah mikroorganisme yang diuji dalam nilai MPN/satuan volume atau massa sampel (Aryanta, 2001).

Pemeriksaan keberadaan bakteri total *Coliform* dengan metode MPN terdiri dari 3 tahap yaitu uji penduga (*presumptive test*), uji konfirmasi (*confirmed test*), dan uji pelengkap (*completed test*).

1) Uji dugaan (*presumptive test*)

Tahap ini merupakan uji spesifik terhadap bakteri *Coliform*. Setiap sampel air membutuhkan 15 tabung reaksi yang masing-masing berisi 10 ml kaldu laktosa dan sebuah tabung durham yang terbalik disterilisasi terlebih dahulu. Selanjutnya 5 buah tabung berisi kaldu laktosa diisi 10 ml sampel, 5 lainnya diisi 1 ml sampel dan selebihnya diisi dengan 0.1 ml sampel. Seluruh tabung diinkubasi pada suhu $35 \pm 0.5^\circ \text{C}$ selama 24 ± 2 jam. Apabila terdapat bakteri *Coliform*, maka akan terbentuk gas yang terlihat di dalam tabung durham.

2) Uji konfirmasi (*confirmed test*)

Uji ini perlu dilakukan untuk memastikan bahwa pembentukan gas pada tabung durham benar-benar dihasilkan oleh aktifitas bakteri *Coliform*. Untuk itu biakan pada media kaldu laktosa yang memberikan hasil positif diinokulasi dengan jarum ose ke dalam tabung reaksi yang berisi media selektif cair *Brilliant Green Lactose Bile Broth* (BGLBB) yang dilengkapi dengan tabung durham. Kemudian biakan diinkubasi pada suhu dan waktu inkubasi yang sesuai dengan tujuan analisis (penentuan *Coliform*). Terbentuknya gas pada tabung durham menunjukkan uji konfirmasi ini positif.

3) Uji pelengkap (*completed test*)

Uji ini dilakukan terhadap biakan pada uji konfirmasi yang memberikan hasil positif. Dengan menggunakan jarum ose, biakan dengan hasil positif tersebut diinokulasikan pada media *Eosine Methylene Blue* (EMB) di cawan petri. Bakteri *Echerichia Coli* membentuk koloni berwarna gelap dengan kilauan metalik kehijauan. Selanjutnya dilakukan uji pewarnaan gram pada biakan yang berumur 24-48 jam. Apabila diperoleh bakteri berbentuk batang, gram negatif maka hasil pengujian dengan metode MPN ini positif.

Jumlah biakan pada media BGLBB yang memberikan hasil positif pada uji pelengkap untuk setiap seri tabung (dengan sampel 10 ml, 1 ml, 0.1 ml) dicatat. Dengan data tersebut, jumlah bakteri *Coliform* pada setiap 100 ml dapat dilihat dengan menggunakan Tabel MPN Index.

B. Depot Air Minum

1. Definisi Depot Air Minum

Depot air minum adalah usaha industri yang melakukan proses pengolahan air baku menjadi air minum dan menjual langsung kepada konsumen (Permenkes RI No. 736 Tahun 2010). Depot air minum adalah badan usaha yang mengelola air minum untuk keperluan masyarakat dalam bentuk curah dan tidak dikemas (Dirjen P2PL Kemenkes RI, 2010).

2. Peralatan Pengolahan Depot Air Minum

Menurut Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan RI No. 651 Tahun 2004 Tentang Persyaratan Teknis Depot Air Minum, Mesin dan peralatan pengolahan air minum adalah semua mesin dan peralatan yang digunakan dalam proses pengolahan. Untuk 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* kedalam 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 klor dan bahan organik.

3) *Micro filter*, fungsinya sebagai saringan halus berukuran maksimal 10 (sepuluh) micron, 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 kedalam wadah.

g. Galon isi ulang

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

3. **Higiene Sanitasi Depot Air Minum**

Istilah higiene dan sanitasi memiliki tujuan yang sama yaitu melindungi, memelihara, dan meningkatkan derajat kesehatan manusia. Akan tetapi dalam penerapannya, istilah higiene dan sanitasi memiliki perbedaan yaitu higiene lebih menitikberatkan pada faktor lingkungan. Pada dasarnya higiene sanitasi memiliki prinsip pengendalian terhadap 4 faktor

yaitu faktor tempat, peralatan, orang, dan bahan baku (Depkes, 2006). Higiene adalah upaya kesehatan dengan cara memelihara dan melindungi kebersihan individu subyeknya. Sedangkan sanitasi adalah suatu usaha pencegahan penyakit yang menitikberatkan pada kegiatan kesehatan lingkungan (Marsanti dan Widiarini, 2018). Higiene sanitasi adalah usaha yang dilakukan untuk mengendalikan faktor-faktor yang menjadi penyebab terjadinya kontaminasi air minum, penjamah, tempat dan peralatannya yang dapat menimbulkan penyakit atau gangguan Kesehatan lainnya (Kemenkes, 2010).

Menurut Kementerian Kesehatan RI (2010) higiene sanitasi depot air minum isi ulang meliputi:

a. Sanitasi Air Baku

Menurut Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan RI No. 651 Tahun 2004 Air baku adalah air yang belum diproses atau sudah diproses menjadi air bersih yang memenuhi persyaratan mutu sesuai Peraturan Menteri Kesehatan untuk diolah menjadi produk air minum. Air baku harus memenuhi persyaratan air bersih, sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan No. 416 Tahun 1990, untuk parameter total *Coliform* (MPN) kadar maksimum yang diperbolehkan yaitu 0 per 100 ml.

b. Sanitasi Tempat Produksi

Sanitasi tempat produksi mempunyai potensi untuk menyebabkan kontaminasi bakteri pada produk air minum yang dihasilkannya.

Salah satu syarat kesehatan untuk tempat produksi yang penting dan mempengaruhi kualitas higiene sanitasi adalah aspek lokasi, bangunan, dan sarana pelengkap.

1) Lokasi

- a) Lokasi depot air minum harus berada di daerah yang bebas dari pencemaran yaitu lokasi tersebut tidak berada di daerah tergenang air dan rawa, tempat pembuangan kotoran dan sampah, penumpukan barang bekas atau bahan B3.
- b) Lokasi depot air minum bebas dari vector atau binatang pembawa penyakit seperti lalat, tikus, dan kecoa. Hal ini karena vector dan tikus dapat memindahkan bakteri dari tempat telah terkontaminasi pada air melalui mulut, kaki, bulu, dan saluran pencernaannya. Jutaan mikroorganisme berbahaya dapat ditemukan dalam kotoran tikus, saat kotoran tersebut mengering dan jatuh terpisah atau dihancurkan maka partikelnya dapat terbawa ke dalam air baku ataupun air minum melalui pergerakan udara dalam ruang (Marriott and Gravani, 2006).

2) Bangunan

Aspek bangunan ini berhubungan dengan kualitas udara ruang yang dihasilkan dimana kontaminasi bakteri pada air minum juga bisa dihasilkan oleh mikroorganisme bawaan udara yang mengkontaminasi produk air minum sebelum, saat, dan setelah

proses produksi. Kontaminasi dihasilkan dari lingkungan udara instalasi pengolahan air minum yang tidak bersih atau kontaminasi lewat praktik sanitasi tempat yang tidak tepat (Marriott and Gravani, 2006).

Adapun persyaratan bangunan untuk tempat produksi depot air minum adalah (Kemenkes, 2010):

- a) Bangunan kuat, aman, mudah dibersihkan, dan mudah pemeliharaannya.
- b) Lantai kedap air, permukaan rata, halus, tidak licin, tidak retak, tidak menyerap debu, mudah dibersihkan, serta kemiringan cukup landai untuk memudahkan pembersihan dan tidak akan menimbulkan genangan air.
- c) Dinding kedap air, permukaan rata, halus, tidak licin, tidak retak, tidak menyerap debu, mudah dibersihkan, memiliki warna yang terang dan cerah, serta bebas dari pakaian yang menggantung.
- d) Atap dan langit-langit harus kuat, anti tikus, mudah dibersihkan, permukaan rata, berwarna terang, serta mempunyai ketinggian yang memungkinkan adanya pertukaran udara.
- e) Tata ruang terdiri atas ruang proses pengolahan, penyimpanan, dan ruang tunggu untuk konsumen.

- f) Pencahayaan cukup terang untuk bekerja, tidak menyilaukan dan tersebar secara merata yaitu 100-200 lux.
- g) Ventilasi menjamin peredaran/ pertukaran udara dengan baik sehingga suhu ruang sama dengan suhu luar.
- h) Kelembaban udara memberikan kenyamanan dalam melakukan pekerjaan.

3) Sarana Pelengkap

Sarana pelengkap yang harus ada di tempat produksi air minum isi ulang (Kemenkes, 2010):

- a) Memiliki akses kamar mandi dan jamban.
- b) Memiliki saluran pembuangan air limbah yang alirannya lancar dan tertutup.
- c) Memiliki tempat cuci tangan yang dilengkapi air mengalir dan sabun.
- d) Memiliki tempat sampah yang tertutup.

c. Sanitasi Peralatan Produksi

Peralatan sangat berperan dalam pengolahan air baku jadi air minum, kondisi peralatan yang tidak baik akan menyebabkan pengolahan yang tidak optimal (Suriadi, et.al., 2016). Proses pengolahan yang tidak optimal dapat menyebabkan adanya kontaminasi bakteri (Natalia, et.al., 2014). Peralatan produksi ini digunakan untuk proses filtrasi dan proses desinfeksi air minum. Syarat untuk sanitasi peralatan produksi depot air minum isi ulang adalah:

- 1) Peralatan dan perlengkapan yang dipergunakan untuk produksi air minum isi ulang terdiri dari pipa pengisian air baku, tandon air baku, pompa penghisap dan penyedot, filter, microfilter, galon air minum, kran pengisian air minum, kran pencucian galon, dan kran penghubung harus menggunakan peralatan yang terbuat dari bahan tara pangan (*food grade*) atau tidak menimbulkan racun, tidak menyerap bau dan rasa, tahan karat, tahan pencucian dan tahan desinfeksi ulang.
- 2) Terdapat lebih dari satu mikrofilter dengan ukuran berjenjang.
- 3) Melakukan system pencucian terbalik (*back washing*) pada filter dan secara berkala mengganti tabung filter.
- 4) Terdapat alat sterilisasi atau desinfektor berupa ultraviolet dan dalam keadaan menyala.
- 5) Mikrofilter dan desinfektor masih dalam masa pakai (tidak kadaluarsa).
- 6) Tandon air baku harus tertutup dan terlindung
- 7) Ada tempat pencucian, pembilasan, dan pengisian galon.
- 8) Tersedia tutup galon yang bersih.
- 9) Galon yang telah diisi air minum harus langsung diberikan kepada konsumen dan tidak boleh disimpan pada DAM lebih dari 1x24 jam.

d. Higiene Penjamah

Hygiene penjamah merupakan salah satu faktor yang dapat menyebabkan kontaminasi bakteri pada air minum. Pada proses pengolahan air di depot air minum isi ulang tidak seluruhnya dilakukan secara otomatis sehingga dapat mempengaruhi kualitas air yang dihasilkan karena manusia adalah makhluk berdarah panas, sehingga mikroorganisme dapat berproliferasi di dalam tubuh manusia dengan cepat khususnya jika tidak melakukan praktik hygiene (Marriott and Gravani, 2006).

Syarat untuk hygiene penjamah di depot air minum isi ulang adalah (Kemenkes, 2010):

- 1) Karyawan harus dalam keadaan sehat dan bebas dari penyakit menular seperti penyakit bawaan air yaitu diare serta tidak membawa kuman penyakit.
- 2) Menggunakan masker.
- 3) Bersikap hygiene sanitasi yaitu tidak menggaruk anggota badan saat melayani konsumen.
- 4) Selalu mencuci tangan dengan sabun dan air mengalir setiap melayani konsumen.
- 5) Menggunakan pakaian kerja yang bersih dan rapih untuk mencegah pencemaran.
- 6) Melakukan pemeriksaan Kesehatan secara berkala minimal 2 kali dalam setahun sebagai *screening* dari penyakit bawaan air.

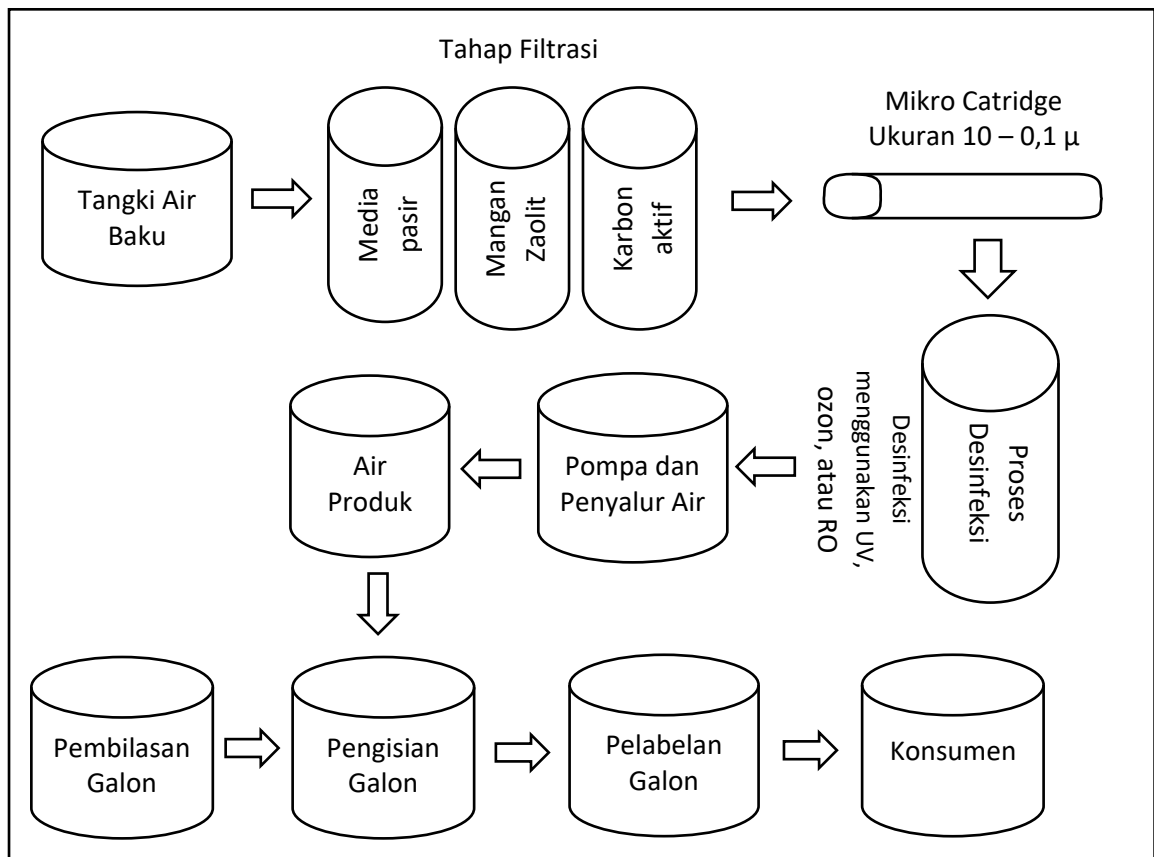
- 7) Penjamah harus memiliki surat keterangan telah mengikuti kursus hygiene sanitasi depot air minum.

Sanitasi efektif mengacu pada semua prosedur yang membantu untuk tercapainya tujuan ini (Marriott and Gravani, 2006). Sanitasi efektif dikembangkan setelah dilakukan analisis sumber dan titik kontaminasi. Salah satu jalan identifikasi sumber kontaminasi adalah dengan menggunakan pendekatan zonal pada monitoring lingkungan yang telah dikembangkan oleh Kraft Foods dan diadopsi perusahaan makanan dan minuman lainnya. Zona 1 mewakili wilayah paling kritis untuk dibersihkan dan disanitasi, yang termasuk dalam wilayah ini adalah wilayah dimana terjadi kontak langsung dengan air yaitu peralatan produksi dan kontainer air. Zona 2 adalah wilayah yang mana pekerja dapat datang dan melakukan kontak dekat dengan zona 1, misalnya saluran pembuangan bilasan galon. Sedangkan yang termasuk dalam zona 3 adalah dinding, lantai, dan item-item lainnya yang kontak dengan dinding, lantai alat pembersih, dan item lain di wilayah pemrosesan produk. Zona 4 melingkupi tempat masuk, tempat karyawan, toilet, dan tempat cuci tangan (adaptasi dari Marriott and Gravani, 2006).

4. Proses Produksi Air Minum Di Depot Air Minum

Menurut Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan RI No. 651 Tahun 2004 proses pengolahan adalah perlakuan terhadap air baku dengan beberapa tahapan proses sampai dengan menjadi air minum. Proses

pengolahan AMIU di DAM digambarkan dengan skema berikut (Kemenkes (2010)):



Gambar 2.1 Skema Proses Pengolahan Air Minum Isi Ulang Di Depot Air Minum

Tahapan proses pengolahan air minum isi ulang di Depot Air Minum adalah sebagai berikut (Kepmenperindag, 2004):

a. Penampungan Air Baku

Air baku yang diambil dari sumbernya ditampung dalam bak atau tangki penampung (*reservoir*). Bak penampung harus dibuat dari bahan tara pangan (*food grade*), harus bebas dari bahan-bahan yang dapat mencemari air dan tandon penyimpanan air baku tidak terkena sinar matahari secara langsung.

1) Kontaminasi Sumber Air Baku

Adanya sampel air baku yang tidak memenuhi persyaratan kemungkinan besar disebabkan oleh sumber air baku yang tercemar (Athena, et.al., 2004). Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Sekarwati, et.al., (2016) menunjukkan hasil laboratorium pemeriksaan air bersih di 8 DAMIU dengan parameter Total *Coliform* terdapat 7 DAMIU tidak memenuhi syarat karena sumber air baku yang digunakan berasal air sumur dengan kondisi sumur tua, berlumut, tidak tertutup, dinding sumur sedalam tiga meter dari permukaan tidak diplester yang memungkinkan terjadinya pencemaran dan lantai sumur radius satu tidak disemen, serta ada keretakan pada lantai yang memungkinkan terjadinya pencemaran air. Hal ini dapat disebabkan karena sumur gali mudah tercemar dari rembesan *septic tank* apabila jarak sumur gali dengan sumber pencemar berdekatan.

Ditemukannya bakteri yang terdapat di dalam air minum isi ulang di pengaruhi oleh beberapa faktor seperti sumber air baku, bahan dan peralatan, proses pengolahan, dan perilaku sanitasi (Mazda, et.al. 2021). Berdasarkan hasil analisis kualitas air minum pada sumur bor sebanyak 6 depot air minum yang menjadi sampel, didapati bahwa 4 DAMIU memenuhi syarat dan 2 DAMIU sangat tidak memenuhi syarat dikarenakan

terdapat golongan *Coliform* dan *Fecal Coli* ≥ 979 yang melebihi 0/100 ml yang merupakan syarat utama kualitas air minum.

2) Kualitas Bakteriologis Air Baku

Air baku yang tercemar/tidak memenuhi syarat merupakan faktor risiko untuk terjadinya pencemaran mikrobiologi air produk DAMIU. Hasil penelitian Rahayu, et.al (2013) diperoleh hasil *p-value* 0,0001 yang berarti ada hubungan yang signifikan antara kualitas mikrobiologi air baku dengan kualitas mikrobiologi air produk DAMIU. Nilai rasio prevalens kualitas air baku (MPN *Coliform*) sebesar 5,639 menunjukkan bahwa kualitas air minum produk DAMIU yang menggunakan air baku tidak memenuhi syarat (MPN *Coliform*) mempunyai risiko 5,6 kali dibandingkan dengan yang menggunakan air baku yang memenuhi syarat.

b. Proses Filtrasi

Proses filtrasi bertujuan untuk menghilangkan zat padat tersuspensi dari air melalui media berpori dengan menggunakan filter karbon aktif, pasir silika, dan mikro filter. Proses filtrasi ini terdiri dari 3 tahap yaitu saringan pertama dari pasir untuk menyaring partikel-partikel yang kasar. Bahan yang dipakai adalah butir-butir silika (SiO_2) dengan konsentrasi minimal 80%. Saringan kedua dari karbon aktif yang berasal dari batu bara atau batok kelapa berfungsi sebagai penyerap bau, rasa, warna, sisa khlor dan bahan organik

dengan daya serap terhadap Iodine (I_2) minimal 75%. Dan saringan ketiga menggunakan mikrofilter yang berfungsi sebagai saringan halus serta dibutuhkan sebagai ukuran mikrofilter (berjenjang) yaitu (10-0,4 mikron).

c. Desinfeksi

Proses desinfeksi merupakan proses untuk membunuh bakteri patogen penyebab penyakit yang penyebarannya melalui air. Desinfeksi merupakan benteng manusia terhadap paparan mikroorganisme patogen penyebab penyakit termasuk didalamnya virus, bakteri, parasit, protozoa (Said, 2007). Pada DAM proses desinfeksi ada 2 cara yaitu ozonisasi dan sinar ultraviolet (UV):

1) Desinfeksi Sinar Ultraviolet (UV)

Ultraviolet merupakan gelombang elektromagnetik yang Panjang gelombangnya antara 100 – 400 nm (1 nm = 0,0000001 mm). UV-A, berada antara panjang gelombang 200 – 290 nm dan memiliki tingkat daya bunuh yang paling tinggi terhadap protozoa, bakteri, dan virus.

Proses desinfeksi dengan UV, air akan dialirkan melalui tabung yang dipasang lampu ultraviolet berintensitas tinggi sehingga bakteri terbunuh oleh radiasi sinar UV. Intensitas lampu UV yang dipakai harus cukup, intensitas yang efektif sebesar 30.000 MW sec/cm² (Indirawati, 2009).

Dengan ukuran panjang gelombang 253,7 nm maka sinar ultraviolet dapat menembus dinding sel mikroorganisme yang akan dapat merusak Ribonucleic Acid (RNA) dan Deoxyribonucleic Acid (DNA) sehingga dapat menghambat pertumbuhan sel-sel baru serta juga menyebabkan kematian pada bakteri. RNA yang berperan pada proses sintesis protein yang dapat mengatur anabolisme, membentuk dan menghasilkan enzim yang digunakan untuk menyimpan makanan. DNA yang terdapat pada nukleus yang berisi kode genetika yang digunakan untuk reproduksi seluruh komponen pada sel.

Pencemaran pada saat pengolahan air baku menjadi air minum dapat terjadi apabila proses pengolahan air kurang sempurna yaitu proses filtrasi dan proses desinfeksi. Tidak optimalnya dalam proses desinfeksi terutama pada depot yang menggunakan sinar ultraviolet (Navratina, et.al., 2019).

Berdasarkan hasil penelitian Utami, Martini, Saraswati, Purwantisari (2017) menunjukkan bahwa kualitas mikrobiologi air baku yang tidak memenuhi syarat lebih banyak menghasilkan produk AMIU yang tidak memenuhi syarat pula, yaitu sebanyak 29 sampel. Berdasarkan hasil observasi menunjukkan bahwa semua depot menggunakan lampu UV sebagai alat desinfeksi. Hal ini menunjukkan bahwa alat yang digunakan dalam

pengolahan AMIU belum efektif dalam mematikan mikroba pada AMIU.

Efektifitas sinar ultraviolet terhadap daya bunuh bakteri dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain pada luas ruangan, panjang gelombang, usia pakai lampu, panjang lampu, lama waktu penyinaran, jarak sumber cahaya terhadap bakteri, dan juga jenis bakteri itu sendiri. Ada beberapa faktor lain yang dapat mempengaruhi kualitas desinfeksi seperti masa pemakaian lampu, panjang gelombang sinar UV, dan panjang lampu (Navratinova, et.al., 2019).

a) Masa pemakaian lampu UV

Faktor yang harus diperhatikan dalam masa pemakaian lampu sinar UV yaitu panjang gelombang sinar UV dan masa pakai lampu UV (*lifetime*). Lampu sinar UV akan efektif apabila selama masa pemakaian lampu sinar UV menghasilkan panjang gelombang sebesar 254 nm dan masa pakai lampu UV selama 9000 jam dalam masa pemakaian 3 tahun. Apabila sebelum 3 tahun masa pakai lampu melebihi 9000 jam maka panjang gelombang yang dihasilkan akan rendah sehingga kemampuan lampu sinar UV dalam membunuh bakteri akan ikut berkurang. Sebaliknya bila lebih dari 3 tahun tetapi masa pakai lampu UV kurang dari

9000 jam maka lampu tersebut tetap efektif dalam membunuh bakteri (Schalk Sven, 2005).

Hasil penelitian Harfika dan Hanifah (2021) didapat bahwa terdapat korelasi antara masa pemakaian lampu UV dengan kualitas bakteriologis (p value = 0,001) dengan nilai OR = 2,250. Hal ini mungkin terjadi disebabkan karena Panjang gelombang yang dihasilkan oleh lampu UV tergolong rendah sehingga kemampuan lampu sinar UV dalam melenyapkan segala macam bakteri akan jauh berkurang, rendahnya panjang gelombang yang dihasilkan salah satunya dikarenakan produksi air minum pada DAMIU perharinya melebihi rata-rata namun perlu diadakannya penelitian lebih lanjut.

b) Panjang lampu UV

Proses desinfeksi pada air minum isi ulang, lampu UV yang digunakan untuk pengolahan air minum biasanya berbentuk tabung tidak tembus cahaya yang didalamnya terdapat lampu UV sehingga disebut dengan ultraviolet *sleeves*. Panjang lampu UV berbeda-beda, ukuran lampu UV yang memenuhi syarat yaitu diantara 0,75 meter – 1,50 meter (Navratinova, et.al., 2019)

Berdasarkan hasil penelitian Navratinova, et.al (2019) menunjukkan bahwa semua DAMIU sudah memiliki ukuran

lampu UV yang memenuhi syarat yaitu diantara 0,75 meter – 1,50 meter.

c) Gelombang sinar UV

Lampu sinar UV akan efektif apabila selama masa pemakaian lampu sinar UV menghasilkan panjang gelombang sebesar 254 nm (Schalk Sven, 2005).

d) Waktu kontak lampu UV

Air baku yang melewati UV, secara langsung akan terpapar oleh sinar UV yang akan menyebabkan bakteri akan menyerap energi dari sinar UV yang kemudian akan membunuhnya, oleh karena itu UV harus hidup (*on*) selama jam kerja. UV yang dinyalakan hanya pada saat akan mengisi galon dapat menyebabkan umur lampu UV akan pendek karena hentakan daya listrik pada saat start awal (*on*), hal ini menyebabkan UV belum cukup mempunyai waktu kontak dengan air yang akan di proses. Panjang gelombang/penyinaran lampu UV baru akan stabil setelah dihidupkan selama 30 menit. Oleh karena itu, seharusnya ultraviolet tetap hidup (*on*) selama jam kerja (Rahayu, et.al., 2013).

Hasil penelitian Rahayu, et.al (2013) menunjukkan bahwa uji hubungan antara kualitas desinfeksi dengan kualitas mikrobiologi (MPN *Coliform*) air produk DAMIU dengan

menggunakan uji *chi-square*, diperoleh hasil *p-value* 0,0001 yang berarti ada hubungan yang signifikan antara kualitas desinfeksi dengan kualitas mikrobiologi (MPN *Coliform*) air produk DAMIU.

e) Lama waktu pengisian air

Kecepatan aliran air berkaitan dengan waktu kontak antara air baku dengan sinar UV, semakin lama air baku kontak dengan alat desinfeksi maka semakin tinggi kesempatan alat desinfektan menyinari air baku yang menyebabkan matinya mikroba (Pakpahan, et.al., 2015).

Idealnya, untuk Depot air minum isi ulang kapasitas ultraviolet minimal adalah Type 5 GPM atau daya lampu 30 Watt dan kecepatan air yang melewati UV tersebut adalah 19 liter (1 Galon) per 1 menit 15 detik (Suprihatin dan Adriyani, 2008).

Penggunaan ultraviolet yang tidak sesuai antara kapasitas dan kecepatan air yang melewati penyinaran ultraviolet, sehingga air terlalu cepat, maka bakterinya tidak mati (Kasim, Setiani, Wahyuningsih, 2014).

Hasil penelitian Pakpahan, et.al (2015) menunjukkan hasil pengukuran diperoleh *mean* kecepatan air, yaitu $1,41 \pm 0,566$ SD. Kecepatan air tertinggi adalah 3,4 menit dan terendah adalah 0,67 menit. Hasil analisis bivariat menunjukkan

kecepatan aliran air tidak berpengaruh terhadap cemaran mikroba. Hal ini dapat disebabkan pengukuran kecepatan aliran air dalam galon tidak dapat dilaksanakan pada semua DAM dalam penelitian ini. Pada saat penelitian, beberapa konsumen tidak sedang melakukan pengisian air minum isi ulang sehingga pengukuran dilakukan dengan cara mengisi air pada gelas ukur dalam satuan detik, kemudian dikonversi dalam satuan galon per menit. Pengukuran seperti ini dapat menimbulkan ketidaktepatan hasil pengukuran kecepatan aliran air bila dibandingkan dengan pengukuran dalam galon. Penelitian selanjutnya perlu melakukan pengukuran pada galon sambil menunggu kedatangan konsumen melakukan pengisian air minum isi ulang.

2) Ozonisasi (Ozon)

Berdasarkan Yudo dan Rahardjo (2005) proses sterilisasi yang relatif baru adalah mencampur gas ozon ke dalam air yang dikenal dengan nama ozonisasi. Ozon merupakan oksidator kuat yang mampu membunuh bakteri patogen, termasuk virus. Proses desinfeksi yang menggunakan ozon (O_3) berlangsung dalam tangki atau alat pencampur ozon lainnya dengan konsentrasi ozon minimum pada tangki pencampur adalah 0,6 ppm, sedangkan kadar ozon sesaat setelah pengisian minimum 0,1 ppm (Kepmenperindag, 2004). Efektivitas desinfeksi tergantung pada

konsentrasi ozon dan lama waktu paparan. Proses disinfeksi air umumnya memerlukan konsentrasi ozon sekitar 0,1-0,2 mg/L selama 30 menit, tergantung pada mikroorganisme target (Summerfelt, 2003).

Keuntungan penggunaan ozon adalah pipa, peralatan dan kemasan akan ikut disterilkan, sehingga produk yang dihasilkan akan lebih terjamin selama tidak ada kebocoran di kemasan ozon generator. Akan tetapi, karena ozon bersifat oksidator, apabila air baku mengandung Fe atau Mn maka air yang diproses akan berubah menjadi sedikit berwarna kekuningan atau kecoklatan karena terbentuknya partikel $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

d. Pencucian dan Pembilasan

Wadah yang dapat digunakan adalah wadah yang terbuat dari bahan tara pangan (*food grade*) dan bersih. Wadah yang akan diisi harus di sanitasi dengan menggunakan ozon (O_3) atau air ozon (air yang mengandung ozon). Bilamana dilakukan pencucian maka harus dilakukan dengan berbagai jenis deterjen tara pangan (*food grade*) dan air bersih dengan suhu berkisar $60-85^\circ\text{C}$, kemudian galon air minum dibilas terlebih dahulu dengan air minum atau air produk paling sedikit selama 10 detik untuk menghilangkan sisa-sisa deterjen yang dipergunakan untuk mencuci.

Proses pengolahan air di depot air minum isi ulang yang tidak seluruhnya dilakukan secara otomatis dapat mempengaruhi kualitas

air yang dihasilkan (Athena, et.al., 2004). Pada proses ini terjadi kontak antara badan galon dengan penjamah/pekerja.

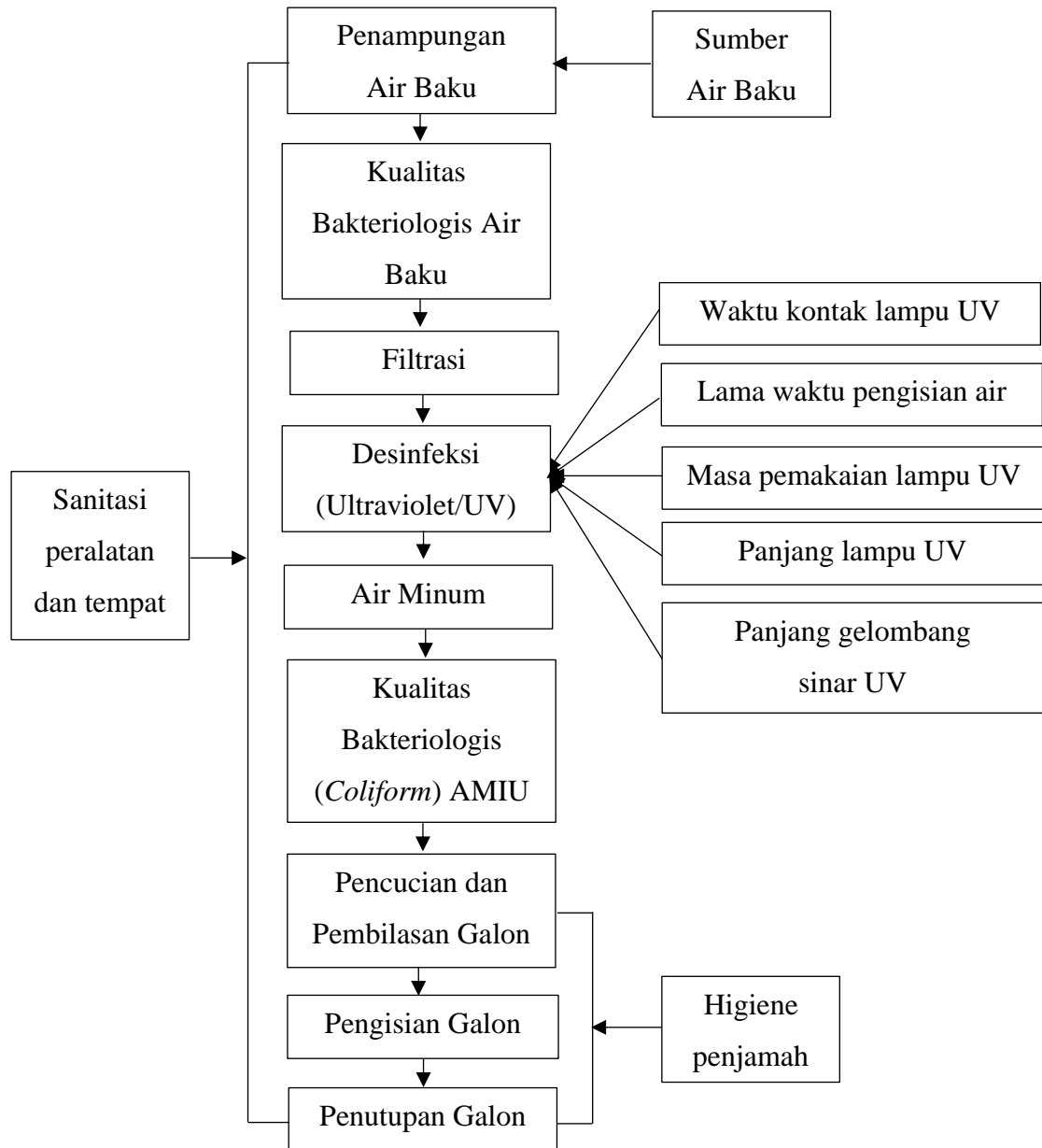
e. Pengisian

Pengisian wadah dilakukan dengan menggunakan alat dan mesin serta dilakukan dalam ruang pengisian yang bersih dan saniter. Tempat pengisian produk harus menggunakan pintu yang dapat menutup rapat. Pada proses pengisian tidak terjadi kontak langsung antara air produk dengan penjamah/pekerja.

f. Penutupan

Penutupan wadah dapat dilakukan dengan tutup yang dibawa konsumen atau yang disediakan oleh depot air minum. Penutupan ini dilakukan secara manual oleh tenaga manusia, sehingga pada proses ini terjadi kontak antara badan galon dengan penjamah/pekerja. Konsumen akan diberi tisu galon yang mengandung alkohol yang nantinya digunakan untuk membunuh bakteri pada bagian mulut galon.

C. Kerangka Teori



Gambar 2.2 Kerangka Teori

Sumber: (Kementerian Kesehatan RI, 2010), (Kepmenperindag, 2004), (Athena, et.al., 2004), (Navratinova, et.al., 2019), (Pakpahan, et.al., 2015).