

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Hasil Penelitian Terdahulu**

1. Dari penelitian Riska Epina Hayu (2018). Penelitian ini dilaksanakan di Kelurahan Pesisir, Kecamatan Lima Puluh, Kota Pekanbaru pada bulan Maret-Agustus 2017. Jenis penelitiannya adalah diskriptif dengan jumlah populasi dan sampel tujuh DAMIU. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari segi Higene Sanitasi Tempat DAMIU, tempat sampah tertutup dan sarana cuci tangan dengan air mengalir dan sabun seluruh DAMIU sampel tidak ada (0%), Sarana pembuangan dan Bebas dari tikus lalat dan kecoa 43%, serta lantai kedap air 57%. Dari segi Higene Sanitasi Peralatan DAMIU semua memenuhi syarat 100%. Dari segi Higene Sanitasi Operator DAMIU berperilaku hygiene 57%, mencuci tangan serta memiliki sertifikat kursus hygiene sanitasi 0%. Dari segi Analisis Kualitas Bakteriologis AMIU terdapat 1 DAMIU yang sampel airnya positif *Escherichia coli*
2. Dari Penelitian Muhammad Saputra (2020). Penelitian ini menggunakan metode survei analitik dengan pendekatan cross sectional. Populasi sebanyak 78 buah. penelitian ini menggunakan sampel dengan teknik teknik purposive sampling sebanyak 66 orang pemilik DAMIU. Jenis data berupa kuesioner yang dianalisis dengan uji Chi Square dengan tingkat signifikansi sebesar 95% (0,05). Hasil penelitian menunjukkan 45 orang (68,2%) memiliki DAMIU dengan kualitas air baik, 46 orang (69,7%) memiliki kebersihan diri baik, 46 orang (69,7%) Sumber air yang menggunakan air PDAM, 49 orang (74,2%) Standar operasional prosedur pengerjaannya sudah sesuai. Ada pengaruh kebersihan diri penjamah, sumber air, Standar Operasional Prosedur Pengerjaan dengan kualitas air didalam penelitian ini. Diharapkan dengan adanya penelitian ini pemilik Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) agar dapat memperhatikan kualitas air yang diproduksi, sehingga kualitas air dapat terjaga begitu pula dengan kesehatan para konsumen.

3. Dari Penelitian Fina Arumsari (2022) Air minum isi ulang menjadi pilihan populer bagi masyarakat karena harganya yang lebih terjangkau dibandingkan dengan air kemasan bermerek. Namun, pengelolaan yang tidak baik pada usaha depot air minum isi ulang dapat menghasilkan air yang tidak memenuhi standar kesehatan sesuai Permenkes RI Nomor 492 Tahun 2010. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis hubungan antara sanitasi dan higiene di depot air minum dengan keberadaan bakteri *Escherichia coli* pada air minum isi ulang di Kecamatan Mondokan Kabupaten Sragen. Metode penelitian yang digunakan adalah observasional dengan pendekatan cross sectional. Populasi dalam penelitian adalah 27 depot air minum di Kecamatan Mondokan Kabupaten Sragen dengan 45 responden yang terlibat dalam pengelolaan depot air minum. Sampel yang digunakan dalam penelitian adalah total population sampling. Data diambil menggunakan instrumen Most Probable Number (MPN) untuk memeriksa keberadaan bakteri *Escherichia coli*, serta observasi dan wawancara untuk mengumpulkan informasi tentang sanitasi tempat, sanitasi peralatan, dan higiene penjamah. Data kemudian dianalisis menggunakan uji fisher exact test. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 22,2% air minum isi ulang mengandung bakteri *Escherichia coli* yang melebihi batas standar. Hasil juga menunjukkan bahwa sanitasi tempat sebesar 40,7%, sanitasi peralatan sebesar 22,2%, dan higiene penjamah sebesar 62,2% masuk dalam kategori kurang baik. Analisis menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan antara sanitasi tempat dan sanitasi peralatan dengan keberadaan bakteri *Escherichia coli*, sementara higiene penjamah mempengaruhi keberadaan bakteri tersebut. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa higiene penjamah di depot air minum merupakan faktor penting yang harus diperhatikan untuk menjaga kualitas air minum isi ulang yang sehat dan aman di Kecamatan Mondokan Kabupaten Sragen

Pada penelitian terdahulu terdapat beberapa penelitian yang mempunyai kesamaan dengan penelitian yang akan diteliti. Penelitian terdahulu digunakan sebagai dukungan empiris terhadap rencana

penelitian yang akan diteliti dan penelitian terdahulu dapat digunakan sebagai perbandingan. Berikut penelitian terdahulu yang berhubungan dengan penelitian yang akan diteliti :

Tabel II. 1  
Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul	Persamaan	Perbedaan
1.	Riska Epina Hayu	Higiene Sanitasi dan Uji <i>Escherichia Coli</i> Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) di Kelurahan Pesisir, Kecamatan Lima Puluh, Kota Pekan Baru	variabel Penilaian tempat, peralatan dan penjamah serta Variabel kandungan <i>E. coli</i>	Variabel Penilaian higiene sanitasi DAM dengan Sub variabel tempat, peralatan dan penjamah
2.	Muhammad Saputra	Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Air di Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) di Wilayah Kerja Puskesmas Bahaur Hilir Kabupaten Pulang Pisau Tahun 2020.	Aspek penjamah dan air baku dijadikan bahan penelitian yang dibandingkan dengan kualitas air DAMIU	Instrumen yang digunakan adalah kuesioner yang diadopsi dari penelitian Mufriyananda (2011) sedangkan pada penelitian ini <i>check list</i> menggunakan format dari Permenkes 43 Tahun 2014
3.	Fina Arumsari	Hubungan Higiene Sanitasi Depot Air Minum dengan Keberadaan Bakteri <i>Escherichia coli</i> pada Air Minum Isi Ulang di	Aspek Tempat, Peralatan dan higiene penjamah dijadikan bahan penelitian yang dibandingkan dengan kualitas air DAM	Penelitian Fina Arumsari berdasarkan aspek Tempat, Peralatan dan higiene penjamah dijadikan bahan penelitian yang dibandingkan dengan kualitas air DAM sedangkan Penelitian ini

---

Kecamatan  
Mondokan  
Kabupaten  
Sragen

mendeskripsikan  
higiene sanitasi  
DAM pada aspek  
tempat, peralatan,  
penjamah dan  
kualitas air DAM

---

## **B. Landasan Teori**

### **1. Air Minum**

#### **a. Definisi Air Minum**

Di dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum, disebutkan bahwa air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan (Kemenkes, 2010).

Air minum yang aman bagi kesehatan harus memenuhi syarat mikrobiologis, kimia, dan radioaktif yang diatur dalam parameter wajib dan parameter tambahan yang telah ditetapkan.. Jika semua parameter tersebut terpenuhi, maka air tersebut dapat dianggap aman untuk dikonsumsi dan tidak membahayakan kesehatan manusia.

#### **b. Jenis Air Minum**

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 tahun 2010 tentang Syarat-Syarat Dan Pengawasan Kualitas Air Minum, jenis air minum adalah air yang di distribusikan melalui pipa untuk keperluan rumah tangga, air yang di distribusikan melalui tangki, air kemasan, dan air yang digunakan untuk produksi bahan makanan yang disajikan kepada masyarakat. Jenis air minum tersebut harus memenuhi syarat kesehatan air minum (Kemenkes, 2010).

#### **c. Sumber Air Baku Untuk Air Minum**

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 16 tahun 2005 tentang Pengembangan System 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 (Pemerintah RI, 2005) :

1) Air Tanah/ Sumur

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

2) Air PAM

Air yang diolah Perusahaan Air Minum (PAM) yang bersumber dari air sungai maupun air tanah. Air ini diolah dengan maksud agar bakteri berbahaya terbunuh dan pada umumnya dengan menggunakan klorin. Akan tetapi klorin adalah senyawa kimia yang juga berbahaya jika dikonsumsi oleh manusia karena hasil turunannya yaitu *trihalomethane* yang dapat menyebabkan penyakit kanker.

3) Mata air/ Air Pegunungan

Air yang keluar dari mata air tanah adalah bersih. Air ini mengalami penyaringan oleh batuan sehingga bersifat jernih dan bersih. Air yang bersumber dari pegunungan/ mata air bersifat tawar atau tidak berasa, karena mengandung banyak garam karbonat. Garam karbonat bersumber dari batuan-batuan yang dilewati oleh air, seperti mineral kalsium (Ca) dan phosphor (P).

**d. Persyaratan Kualitas Air Minum**

Untuk menjamin bahwa suatu system penyediaan air minum adalah aman, higienis dan baik serta dapat diminum tanpa kemungkinan dapat menginfeksi para pemakai air maka harus terpenuhi suatu persyaratan kualitas.

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan

No.492/Menkes/Per/IV/2010, air minum dapat diklasifikasikan sebagai air yang aman untuk dikonsumsi jika telah melalui proses pengolahan atau tidak, dan memenuhi persyaratan kesehatan yang telah ditetapkan dalam parameter wajib dan parameter tambahan. Persyaratan air minum harus memenuhi standar fisik, mikrobiologi, kimia, dan radioaktif yang diatur oleh peraturan tersebut. Parameter wajib dan parameter tambahan dapat dipelajari untuk memahami persyaratan air minum yang diatur dalam peraturan tersebut.

#### 1) Parameter Wajib

Parameter wajib adalah persyaratan kualitas air minum yang harus dipenuhi dan patuhi oleh semua pemasok air minum. Parameter wajib berisi parameter terkait langsung dengan kesehatan dan secara tidak langsung dengan parameter kesehatan.

Parameter wajib untuk kualitas air minum adalah sebagai berikut :

Tabel II.2

Parameter Yang Berhubungan Langsung Dengan Kesehatan

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan
1.	Parameter Mikrobiologi		
	1. <i>E. Coli</i>	100 ml/sampel	0
	2. Total Bakteri <i>Coliform</i>	100 ml/sampel	0
2.	Kimia an-organik		
	1. <i>Arsen</i>	mg/l	0,01
	2. <i>Flouride</i>	mg/l	1,5
	3. <i>Total Kromium</i>	mg/l	0,05
	4. <i>Kalsium</i>	mg/l	0,003
	5. <i>Nitrit</i>	mg/l	3
	6. <i>Nitrat</i>	mg/l	50
	7. <i>Sianida</i>	mg/l	0,07
	8. <i>Selenium</i>	mg/l	0,01

Sumber: Permenkes No.492/Menkes/Per/IV/2010

Tabel II.3

Parameter Yang Tidak Langsung Berhubungan Dengan Kesehatan

No.	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan
1.	Parameter Fisik		
	1. Bau		Tidak Berbau
	2. Warna	TCU	15
	3. Total zat padat Terlarut (TDS)	mg/l	500
	4. Kekeruhan	NTU	5
	5. Rasa		Tidak Berasa
	6. Suhu	°C	Suhu udara ±3
2.	Parameter Kimiawi		
	1. <i>Alumunium</i>	mg/l	0,2
	2. Besi	mg/l	0,3
	3. Kesadahan	mg/l	500
	4. <i>Khlorida</i>	mg/l	250
	5. <i>Mangan</i>	mg/l	0,4
	6. <i>Ph</i>	mg/l	6,5-8,5
	7. <i>Seng</i>	mg/l	3
	8. <i>Sulfat</i>	mg/l	250
	9. <i>Tembaga</i>	mg/l	2
	10. <i>Amonia</i>	mg/l	1,5

Sumber: Permenkes No.492/Menkes/Per/IV/2010

## 2) Parameter tambahan

Selain parameter wajib yang harus dipenuhi oleh semua air minum, ada parameter lain yang terkait dengan kebutuhan air minum. Pemerintah daerah dapat menetapkan parameter tambahan sesuai dengan kondisi kualitas lingkungan daerahnya sendiri dengan mengacu pada parameter tambahan yang diatur dalam peraturan ini. Parameter tambahan ini terdiri dari:

- a) Parameter kimia yang meliputi persyaratan bahan anorganik, bahan organik, pestisida, disinfektan dan produk sampingannya.
- b. Parameter radioaktivitas meliputi konsentrasi aktivitas alfa bruto maksimum 0,1 Bq/L dan konsentrasi aktivitas beta bruto maksimum 1 Bq.

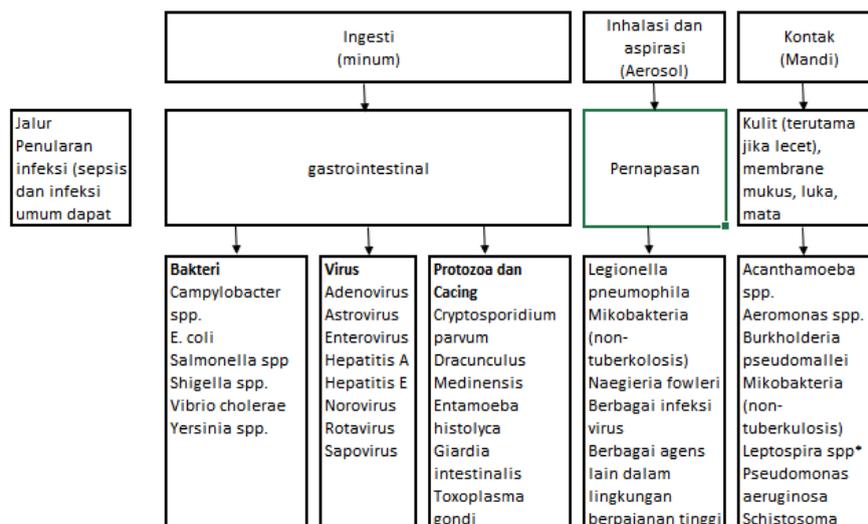
#### e. Mikroba Pencemar Air Minum

Penyebab penyakit infeksi yang disebarkan melalui jalur tinja mulut mudah mencemari air konsumsi penduduk. Mikroba tersebut antara lain virus, bakteri, protozoa, cacing dan parasite lainnya yang merupakan penyebab penyakit perut menular yang dikeluarkan melalui tinja atau karier penyakit. Sistem MCK (Mandi Cuci Kakus) yang tidak memenuhi syarat sangat mudah menjadi sumber pencemaran air minum atau air konsumsi yang berbahaya bagi kesehatan (Waluyo, 2009).

Berbagai bakteri usus pathogen seperti *Salmonella typhi*, *Salmonella paratyphi*, *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *Vibrio choleare*, *Vibrio El Tor*, *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter jejuni*, *Campylobacter coli*, *ETEC (Enteropathogenic E. Coli)*, *EIEC (Enteroinvasive E. Coli)*, *EHEC (Enterohemorrhagic E. Coli)*, merupakan bakteri patogen primer penyebab penyakit perut menular.

Disamping bakteri, berbagai jenis virus seperti *Adenovirus*, *Enterovirus (Poliovirus, Echovirus, Coxsackie virus)*, *Hepatitis virus*, *Reovirus*, *Rotavirus*, *Rhiovirus*, *Norwalk virus* dapat dikeluarkan bersama tinja sehingga dapat mencemari air minum penduduk. Berbagai protozoa dan cacing yang keluar bersama tinja seperti *Giardia intestinalis*, *Giardia lamblia*, *Balantidium coli*, *Entamoeba histolytica*, *Ascaris lumbricoides*, *Enterobius vermicularis*, *Trichiuris trichiura*, *Schistosoma intestinalis*, *Dracunculus medinensis* dapat mencemari air minum atau air kesehatan penduduk (Waluyo, 2009).

Gangguan pada keamanan pasokan air dapat mengakibatkan kontaminasi skala besar dan berpotensi menimbulkan KLB penyakit. Patogen yang mungkin dapat ditularkan melalui air minum yang terkontaminasi sangat banyak (Palupi Widyastuti, 2011)



Gambar II. 1 Jalur Penularan dan Contoh Patogen Bawaan Air (Palupi Widyastuti,2011)

Jalur penularan infeksi dapat terjadi melalui ingesti (minum), inhalasi dan aspirasi (aerosol) dan kontak tubuh (mandi). Infeksi gastrointestinal yang disebabkan oleh bakteri, virus, protozoa dan cacing yang masuk kedalam tubuh melalui jalur ingesti. Infeksi pernapasan yang disebabkan oleh *Legionella pneumophila*, Mikrobakteria (non-tuberculosis), *Naegleria fowleri* dan berbagai infeksi virus dan agens lain dalam lingkungan berpajanan tinggi yang masuk kedalam tubuh melalui inhalasi dan aspirasi. Infeksi kulit (terutama jika lecet), membrane mucus, luka dan mata yang disebabkan oleh *Acanthamoeba spp*, *Aeromonas spp*, *Burkholderia pseudomallei*, Mikrobakteria (non-tuberculosis), *Leptospira spp*, *Pseudomonas aeruginosa* dan *Schistosoma mansoni* yang masuk kedalam tubuh melalui kontak tubuh.

Kontaminasi bakteri *E.coli* dan bakteri *Coliform* menjadi perhatian yang penting dalam setiap uji sampel air minum. Hal ini disebabkan bakteri *E.coli* dan bakteri *Coliform* digunakan sebagai bakteri indikator sanitasi. Bakteri indikator sanitasi merupakan bakteri yang keberadaanya menunjukkan bahwa air ataupun makanan tersebut pernah tercemar oleh kotoran manusia.

1) *Escherichia coli*

a) Definisi dan morfologi bakteri *Escherichia coli*

*E. coli* merupakan salah satu spesies yang habitat aslinya berada di saluran pencernaan manusia dan hewan. Theodor Escherich adalah orang pertama yang mengisolasi *E. coli* dari kotoran bayi pada tahun 1885. Bakteri ini berbentuk batang, berukuran 0,4-0,7 x 1,0-3,0  $\mu\text{m}$ , juga gram negatif, dapat hidup sendiri-sendiri atau berkelompok, kebanyakan bergerak, tidak membentuk spora dan bersifat fakultatif anaerob. Struktur sel *E. coli* dikelilingi oleh membran sel yang dibentuk oleh sitoplasma yang mengandung nukleoprotein. Membran sel *E. coli* ditutupi oleh dinding sel yang dilapisi kapsul. *E. coli* flagella dan pili memanjang dari permukaan sel. Tiga struktur antigen permukaan penting digunakan untuk membedakan serotipe kelas *E. coli* memiliki dinding sel, kapsul dan flagela.

b) Sifat – sifat *Escherichia coli*

Bakteri *E. coli* dapat membentuk koloni pada saluran pencernaan manusia maupun hewan dalam beberapa jam setelah kelahiran. Faktor predisposisi pembentukan koloni ini adalah mikroflora dalam tubuh masih sedikit, rendahnya kekebalan tubuh, faktor stres, pakan, dan infeksi agen patogen lain. Kebanyakan *E. coli* memiliki virulensi yang rendah dan bersifat oportunistik (Sari 2019). *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 koliform. *E. coli* tidak tahan terhadap keadaan kering atau desinfektan biasa. Bakteri ini akan mati pada suhu 60 °C selama 30 menit. *E. coli* bersifat patogen karena dapat menyebabkan infeksi pada manusia dan hewan. Seorang bakteriolog yaitu Theodor Escherich, mengidentifikasi *E. coli* dari babi yang menderita enteritis. Enteritis merupakan peradangan usus

yang bisa menyebabkan sakit perut, mual, muntah, dan diare baik manusia maupun hewan. *E. coli* merupakan bakteri yang bisa hidup pada lingkungan yang berbeda. Bakteri ini dapat ditemukan di tanah, air, tanaman, hewan, dan manusia. Spesies terpenting dari genus *Escherichia* ialah *E. coli*. *E. Coli* merupakan famili Enterobacteriaceae yang termasuk bakteri enterik. Bakteri enterik ialah bakteri yang bisa bertahan di dalam saluran pencernaan termasuk sruktur saluran pencernaan .

*E. coli* merupakan bakteri Gram negatif dan tidak berbentuk spora. *E. coli* bersifat katalase positif, oksidasi negatif, dan fermentatif. *E. coli* termasuk bakteri mesofilik dengan suhu pertumbuhannya dari 7 °C sampai 50 °C dan suhu optimumsekitar 37 °C. *E. coli* dapat tumbuh pada pH 4-9 dengan aktivitas air 0.935. Laju pertumbuhan *E. coli* yaitu 25 jam/generasi pada suhu 8 °C.

c) Klasifikasi bakteri *escherichia coli*

Domain : *Bakteri*  
Kingdom : *Morena*  
Devisi : *Eubacteria*  
Class..... : *Proteobacteria*  
Ordo : *Enterobacteriales*  
Family : *Enterobacteriaceae*  
Genus : *Escherichia*  
Species : *Escherichia coli*

d) Prevalensi *Escherichia Coli* Patogen Pada Pangan

Kasus keracunan makanan di Indonesia dan dunia internasional selalu terkait dengan konsumsi makanan atau air yang terkontaminasi mikroba patogen atau senyawa beracun. *Escherichia coli* patogen merupakan salah satu mikroba yang sering diduga menyebabkan keracunan dengan gejala diare.

Kasus keracunan makanan dapat disebabkan oleh bahan baku yang terkontaminasi sejak awal dan tidak dihilangkan selama pemrosesan, atau dapat pula akibat kontaminasi silang setelah pemrosesan atau penanganan yang tidak tepat selama distribusi. Bahan baku yang terkontaminasi *E. coli* patogen merupakan faktor penyebab keberadaan *E. coli*. *E. coli* dalam produk akhir, terutama bila pengobatan gagal menghilangkan kontaminan ini.

e) Pengendalian Pertumbuhan *Escherichia Coli*

1. Pengendalian bahan baku

Bahan baku merupakan salah satu sumber kontaminasi *E. coli* yang selanjutnya dibawa ke produk akhir. Persiapan dan penanganan bahan baku yang kurang baik dapat memicu terjadinya kontaminasi *E. coli* patogen. Tindakan untuk mengendalikan pertumbuhan *E. proliferasi coli* patogen dalam bahan baku untuk melindungi bahaya yang dapat ditimbulkan oleh bakteri ini

2. Pengendalian Proses Pengolahan

Beberapa proses pengolahan makanan/ minuman yang dapat mengurangi atau menghilangkan bakteri.. Beberapa metode pengolahan secara fisik, kimia, dan mikrobiologi diketahui telah mampu menghilangkan atau mengurangi cemaran *E. coli* patogen pada makanan/ minuman.

➤ Pemanasan

Pengolahan pada suhu tinggi (proses termal) merupakan salah satu metode yang paling umum untuk menonaktifkan *E. coli* patogen dalam makanan. Efisiensi proses pemanasan sangat penting untuk memastikan keamanan produk dan validasi setiap proses pemanasan harus dilakukan untuk

memastikan konsistensi pemanasan dan suhu yang benar. Validasi proses pemanasan produk harus dilakukan sebelum diproses lebih lanjut, dengan mempertimbangkan semua variabel yang dapat mempengaruhi proses pemanasan.

➤ *High Pressure Processing (HPP)*

Pemrosesan tekanan tinggi, atau lebih dikenal dengan high pressure processing (HPP), adalah metode pemrosesan makanan pada tekanan tinggi (hingga 600 MPa atau 87.000 pound/in<sup>2</sup> (psi) atau sekitar 6.000 atm). Ini dilakukan dengan atau tanpa penambahan panas untuk menonaktifkan mikroba atau mengubah sifat makanan untuk mencapai kualitas yang diinginkan. Penekanan dilakukan selama 3-5 menit. Produk yang akan diolah ditempatkan dalam botol plastik atau kantong fleksibel, yang kemudian diproses dalam ruang berisi cairan yang diberi tekanan dengan pompa. Prosesnya memakan waktu 3-5 menit. Dengan tekanan dari segala arah, produk mempertahankan bentuknya bahkan di bawah beban yang ekstrim.

➤ *Ultrasonifikasi*

Ultrasonifikasi adalah proses di mana energi yang dihasilkan oleh gelombang suara dihasilkan pada frekuensi tinggi. Ultrasonifikasi intensitas tinggi pada frekuensi rendah dalam kisaran 20-100 kHz berguna untuk inaktivasi mikroba dalam makanan /minuman. Mekanisme ultrasonifikasi dalam inaktivasi kuman disebabkan oleh kavitasi, yaitu terbentuknya gelembung gas bertekanan sangat rendah, yang jatuh di bawah tekanan uap sehingga menyebabkan air menguap. Gelombang suara yang

merambat melalui media cair menyebabkan getaran mekanis. Media cair mengandung gas terlarut dan membentuk gelembung. Gelembung kemudian pecah, akhirnya menghasilkan energi mekanik dan kimia

➤ Iradiasi Pengion

Iradiasi dengan sinar gamma berenergi tinggi, sinar elektron atau sinar X dapat digunakan secara efektif dalam menghilangkan *E. coli*. Dosis efektif iradiasi sinar-X dengan dosis 2,0 kGy.

➤ Sinar Ultraviolet

Sinar ultraviolet (UV) adalah jenis radiasi non-pengion dengan panjang gelombang 100 hingga 400 nm. Radiasi UV stroberi dapat mengurangi jumlah *E. coli* air baku.

➤ Ozon

Ozon dapat menghancurkan mikroba melalui oksidasi progresif untuk komponen sel bakteri, dengan permukaan sel menjadi target utama. Tidak seperti klorin, yang dapat merusak sistem enzim intraseluler tertentu, mekanisme ozon menyebabkan oksidasi ekstensif protein intraseluler, yang pada akhirnya menyebabkan kematian sel bakteri secara cepat (Rahayu et al., 2018).

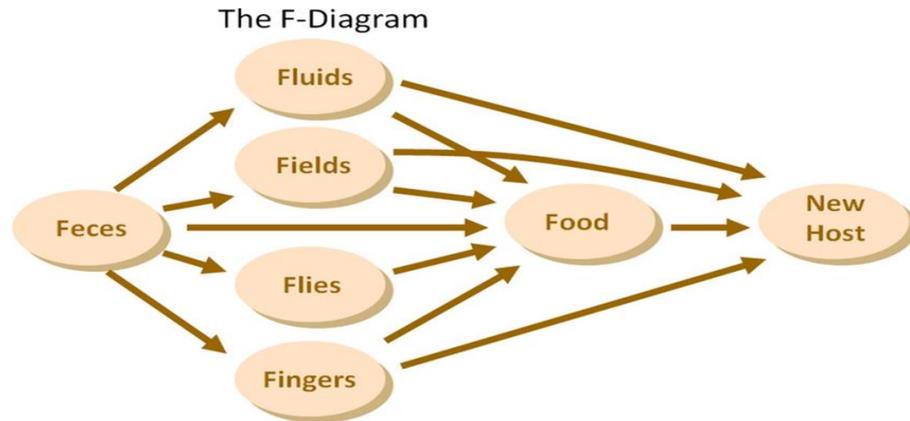
*Escherichia coli* atau *E. coli* merupakan bakteri yang dapat ditemukan pada manusia dan hewan. Meskipun sebagian besar *E. coli* tidak berbahaya bagi manusia, beberapa jenis *E. coli* yang dapat menyebabkan penyakit serius seperti infeksi saluran kemih, diare, atau bahkan infeksi darah. *E. coli* dapat muncul pada air minum karena beberapa faktor seperti kontaminasi oleh kotoran manusia atau hewan, sistem pengolahan air yang tidak memadai, atau kualitas air yang

buruk.

Sumber utama dari *E. coli* adalah tinja manusia atau hewan. *E. coli* dapat masuk ke dalam air minum melalui beberapa cara seperti pencemaran langsung melalui limbah tinja manusia atau hewan, atau melalui run-off air hujan yang membawa kotoran hewan atau manusia dari tanah ke sumber air.

*E. coli* dapat menyebar melalui berbagai media seperti air, makanan, atau benda yang terkontaminasi oleh tinja manusia atau hewan yang terinfeksi *E. coli*. Sebagai contoh, jika sumber air minum terkontaminasi oleh tinja yang mengandung *E. coli*, maka bakteri tersebut dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui air minum yang terkontaminasi. Selain itu, *E. coli* juga dapat menyebar melalui makanan atau benda yang terkontaminasi oleh tinja atau bakteri tersebut. Pintu masuk utama *E. coli* pada manusia adalah melalui saluran pencernaan. Bakteri ini dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan atau minuman yang terkontaminasi oleh *E. coli*, atau melalui kontak dengan benda-benda yang terkontaminasi. Setelah masuk ke dalam tubuh manusia, *E. coli* dapat menyebabkan berbagai penyakit seperti diare atau infeksi saluran kemih.

Untuk mencegah kontaminasi *E. coli* pada air minum, diperlukan sistem pengolahan air yang memadai dan higienis. Selain itu, perlu juga dilakukan sanitasi lingkungan yang baik, termasuk pengelolaan limbah manusia dan hewan yang tepat, serta kebiasaan hidup bersih dan sehat seperti mencuci tangan sebelum makan dan minum serta menjaga kebersihan lingkungan sekitar.



Gambar II. 2 Diaram F transmisi *E. Coli* dari Tinja  
(Brown et al., 2013)

## 2) Bakteri *coliform*

Bakteri *coliform* adalah kelompok bakteri heterogen dengan bentuk batang, gram negatif, dan bisa tumbuh secara aerob atau anaerob fakultatif. Bakteri ini bisa mengoksidasi asam amino pada kondisi aerob dan melakukan fermentasi laktosa jika tidak terdapat oksigen, yang menghasilkan asam organik dan gas dalam waktu 24-48 jam pada suhu 35°C. Koloni bakteri *coliform* biasanya berbentuk bulat dengan diameter 1-3 mm, permukaan halus, dan tidak berwarna atau abu-abu.

Bakteri *coliform* dibagi menjadi dua jenis, yaitu non-fecal dan fecal *coliform*. Contoh dari tipe non-fecal *coliform* adalah *Enterobacter* dan *Klebsiella*, yang biasanya ditemukan pada hewan atau tanaman yang telah mati dan dapat menyebabkan penyakit saluran pernafasan. Sementara itu, *Escherichia coli* adalah contoh dari tipe fecal *coliform* yang berasal dari kotoran manusia dan hewan dan dapat menyebabkan penyakit saluran pencernaan (Natalia et al., 2014).

Kehadiran bakteri coliform pada air menunjukkan adanya mikroba yang bersifat toksigenik dan berdampak pada kesehatan. Tingkat kontaminasi bakteri coliform yang tinggi

dalam air dapat mengindikasikan adanya bakteri patogen lain yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia. Oleh karena itu, keberadaan bakteri coliform pada air dapat menjadi tanda adanya kondisi sanitasi yang tidak memadai (Askrening & Yunus, 2017).

## **2. Higiene dan Sanitasi**

### **a. Pengertian**

#### **1) Higiene**

Kata "higiene" berasal dari bahasa Yunani yang berarti ilmu dan pengetahuan untuk membentuk dan menjaga kesehatan (Streeth, J.A. dan Southgate, H.A. dalam Ain, 2009). Dalam sejarah Yunani kuno, kebersihan dihubungkan dengan Dewi Hygea, yang dianggap sebagai pelindung kesehatan dan pencegah penyakit.

Arti lain dari Higiene antara lain :

- a) Menurut Kementerian Kesehatan, higiene merujuk pada usaha untuk mempertahankan kesehatan dengan menjaga kebersihan berbagai objek yang berhubungan dengan individu. Contohnya adalah mencuci tangan secara teratur untuk menjaga kebersihan tangan, mencuci piring untuk menjaga kebersihan piring, serta membuang bagian makanan yang rusak untuk menjaga keseluruhan kebersihan makanan.
- b) Dalam Kamus Bêsar Bahasa Indonêsia, higiênê adalah ilmu kêsêhatan dan bêrbagai upaya untuk mêmpehtëhankan atau mêmpehtëbaiki kêsêhatan.
- c) Menurut Brownell, higiene adalah cara manusia menjaga dan melindungi kesehatan.
- d) Menurut Gosh, higiene adalah ilmu kesehatan yang mencakup semua faktor yang membantu/mendorong adanya kehidupan yang sehat, baik perorangan maupun masyarakat.
- e) Menurut Prescott, higiene terdiri dari dua aspek, yaitu: sebuah konsep yang berhubungan dengan manusia (personal hygiene)

dan lingkungan (environment).”*Hygiene is a concept related to medicine as well as to personal and professional care practices related to most aspects of living although it is most often associated with cleanliness and preventative measures.*”

Hygiene adalah upaya kesehatan yang dilakukan untuk menjaga dan melindungi kesehatan, baik diri sendiri maupun masyarakat. hygiene meliputi berbagai kegiatan seperti mencuci tangan, membersihkan lingkungan, menjaga kebersihan pribadi, serta memastikan keamanan dan kualitas bahan makanan dan air minum yang dikonsumsi.. Hygiene juga dapat diartikan sebagai ilmu atau studi tentang cara menjaga kesehatan dan kebersihan, serta dampaknya terhadap masyarakat.

## 2) Personal Hygiene

Personal hygiene adalah tindakan untuk memelihara kebersihan dan kesehatan seseorang untuk menjaga kesejahteraan fisik dan psikis (Hassan, 2012).

### a) Macam-macam personal hygiene

Menurut Temitayo (2016), personal hygiene dibagi menjadi:

#### i. Perawatan kulit

Kulit merupakan organ terluar yang berfungsi untuk melindungi tubuh dari kuman atau trauma, sekresi, ekskresi, dan pengatur suhu tubuh. Tujuan perawatan kulit adalah untuk menghindari bau badan, menciptakan perasaan nyaman, dan terbebas dari berbagai penyakit.

#### ii. Mandi

Mandi merupakan bagian yang penting dalam menjaga kebersihan diri, mandi dapat menghilangkan bau, menghilangkan kotoran yang menempel, melancarkan peredaran darah, dan memberi kesegaran dalam tubuh.

#### iii. Perawatan mulut dan gigi

Perawatan pada mulut disebut juga oral hygiene, melalui perawatan pada rongga mulut, sisa-sisa makanan yang terdapat dimulut dapat dibersihkan, maka sangat penting untuk menggosok gigi minimal dua kali sehari, sangat dianjurkan untuk berkumur atau menggosok gigi setelah makan dan memakai sikat gigi sendiri.

iv. Kebersihan tangan, kaki, dan kuku

Tangan, kaki, dan kuku yang bersih menghindarkan kita dari berbagai macam penyakit, tangan dan kuku yang kotor dapat menyebabkan bahaya kontaminasi pada makanan dan penyakit-penyakit tertentu, untuk menghindari bahaya, disarankan untuk membersihkan tangan sebelum makan dan memotong kuku secara teratur

v. Cuci tangan

Mencuci tangan menggunakan sabun dengan benar pada lima waktu penting, yaitu sebelum makan, sebelum memegang bayi, setelah buang air, setelah menceboki anak, dan sebelum menyiapkan makanan agar terhindar dari berbagai penyakit.

vi. Kebersihan pakaian

Pakaian banyak menyerap keringat dan debu kotoran, dalam sehari saja, pakaian dapat menyebabkan bau yang mengganggu, untuk itu perlu mengganti pakaian bersih setiap hari agar kebersihan tubuh juga terjaga.

b) Tujuan personal hygiene

Tujuan personal hygiene adalah untuk meningkatkan derajat kesehatan, memelihara kebersihan diri, mencegah berbagai penyakit, menciptakan keindahan, dan meningkatkan rasa kepercayaan diri (Temitayo, 2016)

3) Sanitasi

Pengertian Sanitasi memiliki beberapa definisi, yaitu:

- a) Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia, sanitasi adalah usaha untuk membina dan menciptakan suatu keadaan yang baik di bidang kesehatan, terutama kesehatan masyarakat.
- b) Menurut Dr. Azrul Azwar, MPH, sanitasi adalah cara pengawasan masyarakat yang menitik bêtatkan kepada pengawasan terhadap berbagai faktor lingkungan yang mungkin mempengaruhi dêrajat kesehatan masyarakat
- c) Menurut Ehler & Steel, higiene adalah pencegahan penyakit dengan menghilangkan atau mengendalikan faktor lingkungan yang muncul dari mata rantai infeksi.
- d) Menurut Hopkins, sanitasi adalah cara untuk mengendalikan faktor lingkungan yang mempengaruhi lingkungan (Ain, 2009).

Sanitasi adalah serangkaian kegiatan atau usaha untuk mmenjaga kesehatan lingkungan dengan mengendalikan faktor lingkungan agat dapat mencegah penyakit dan meningkatkan derajat kesehatan

Dapat disimpulkan bahwa sanitasi merupakan serangkaian tindakan pencegahan yang berfokus pada upaya menjaga kesehatan lingkungan manusia. Sementara itu, higiene merujuk pada cara manusia menjaga diri dan melindungi tubuh agar tetap sehat. Dalam hal ini, sanitasi terkait dengan lingkungan, sedangkan higiene berkaitan dengan individu manusia.

#### **b. Ruang Lingkup Higiene dan Sanitasi**

Higiene dan sanitasi memiliki hubungan yang erat dan tidak dapat dipisahkan dalam upaya kesehatan masyarakat untuk mencegah penyakit pada manusia. Higiene dan sanitasi merupakan suatu usaha kesehatan masyarakat yang bertujuan untuk memahami bagaimana kondisi lingkungan mempengaruhi kesehatan manusia, melakukan upaya pencegahan terhadap penyakit yang disebabkan oleh faktor lingkungan, serta menciptakan lingkungan yang

memastikan kesehatan lingkungan tetap terjaga. Dalam kata lain, higiene dan sanitasi adalah bagian dari upaya kesehatan masyarakat untuk menjaga kesehatan manusia dengan memperhatikan faktor lingkungan (Depkes R.I., 2009).

Higiene dan sanitasi adalah masalah yang saling terkait dan tidak dapat dipisahkan, terutama dalam kegiatan pengolahan makanan/minuman. Dalam hal ini, higiene dan sanitasi dianggap sebagai suatu kesatuan yang dilaksanakan secara bersama untuk memastikan keamanan dan kebersihan makanan/minuman yang diolah. Oleh karena itu, menjaga kebersihan dalam kehidupan sehari-hari dan di tempat kerja juga sangat penting dalam pengolahan makanan/minuman yang bersih.

Dalam penyelenggaraan dan pengelolaan makanan/minuman, personal hygiene menjadi hal yang paling penting untuk diperhatikan, terutama bagi karyawan atau pekerja yang terlibat langsung dalam penanganan makanan/minuman, baik sebelum, selama, maupun setelah proses pengolahan. Proses pengolahan makanan/minuman bertujuan untuk menghasilkan produk yang aman dan terbebas dari kontaminasi bakteri atau zat lain yang dapat timbul dari aktivitas tersebut. Oleh karena itu, menjaga personal hygiene sangatlah penting dalam memastikan keamanan dan kebersihan makanan/minuman yang diolah.

Higiene perorangan meliputi semua aspek kebersihan pribadi karyawan. Hal ini mencakup menjaga pola hidup yang bersih serta menjaga kebersihan seluruh bagian tubuh. Dalam kata lain, menjaga higiene perorangan berarti menjaga kebersihan diri secara menyeluruh dan mengikuti pola hidup yang bersih. (Milyandra, 2010), meliputi:

- 1) Mandi secara teratur
- 2) Mencuci tangan sebelum dan setelah memegang makanan/minuman
- 3) Memotong kuku pendek dan tidak menggunakan cat

kuku

- 4) Memiliki rambut pendek yang bersih dan selalu menggunakan penutup dada/penutup kepala
- 5) Tidak menggunakan kosmetik secara berlebihan pada wajah
- 6) Tidak meraba hidung sambil bekerja dan menggunakan sapu tangan untuk menyeka wajah
- 7) Menjaga kebersihan mulut dan gigi
- 8) Tidak merokok saat mengolah makanan/minuman
- 9) Tidak batuk menghadap makanan/minuman
- 10) Memakai sepatu yang sesuai dan mengganti kaos kaki setiap hari.

### **3. Depot Air Minum Isi Ulang**

#### **a. Definisi Air Minum Isi Ulang**

Air minum isi ulang adalah air yang diproduksi melalui proses penjernihan dan tidak memiliki merk (BPS, 2018).

Depot air minum isi ulang adalah usaha yang melakukan proses pengolahan air baku menjadi air minum dalam bentuk curah dan menjual langsung kepada konsumen (Permenkes, 2014).

SK Menperindag No. 651 Tahun 2004 mendefinisikan depot air minum sebagai sebuah usaha industri yang melakukan pengolahan air baku menjadi air minum dan menjual air minum tersebut secara langsung kepada konsumen (Kemenperindag, 2004).

Depot air minum isi ulang adalah sebuah usaha yang menyediakan air minum dengan mesin pengolahan air baku menjadi air minum dan menjual langsung kepada konsumen.

. Air yang dihasilkan oleh depot air minum isi ulang harus memenuhi standar kualitas air minum yang ditetapkan oleh pemerintah, sehingga aman dan sehat untuk dikonsumsi oleh masyarakat.

#### **b. Persyaratan Depot Air Minum**

Berbagai macam para pedagang air dalam pengangkutan air minum untuk dijual seara langsung kepada konsumen meliputi truk tangki dan gerobak dorong/troli ataupun air yang diperdagangkan melalui mesin penjual. Terdapat sejumlah masalah kesehatan yang disebabkan karena suplai air kepada konsumen diantaranya kontaminasi pada air minum. Berbagai macam suplai air minum mulai dari sistem di perkotaan yang melayani puluhan juta populasi hingga sistem masyarakat kecil yang menyediakan air untuk konsumen yang berjumlah sangat kecil. Pengelola usaha depot air minum harus bertanggungjawab atas penjaminan dan pengendalian mutu air minum (Widiastuti & Apriningsih, 2011)

Depot air minum harus melakukan proses pengolahan air baku menjadi air minum dan menjualnya langsung kepada konsumen. Depot air minum juga diwajibkan untuk melakukan pengawasan internal secara berkala terhadap kualitas air yang dihasilkan melalui uji laboratorium. Selain itu, depot air minum dilarang menggunakan air baku yang berasal dari PDAM yang sudah masuk ke dalam jaringan distribusi untuk rumah tangga. Depot air minum harus melakukan pengujian mutu produk air minum secara rutin di laboratorium setidaknya 6 bulan sekali untuk memastikan bahwa air minum yang dihasilkan memenuhi standar kualitas yang ditentukan. (Menteri Perindustrian dan Perdagangan, 2004).

Berdasarkan persyaratan higiene sanitasi Depot Air Minum yang mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 2014 Tentang Higiene Sanitasi Depot Air Minum dan Keputusan Menteri Perindustrian Dan Perdagangan Republik Indonesia Nomor 651 Tahun 2004 Tentang Persyaratan Teknis Depot Air Minum dan Perdagangannya meliputi aspek tempat, peralatan dan penjamah.

#### 1) Aspek Tempat

- a) Lokasi terletak didaerah yang bebas dari pencemaran lingkungan dan penularan penyakit. DAM harus terbebas dari pencemaran yang berasal dari debu disekitar depot, daerah tempat pembuangan kotoran/sampah, tempat penumpukan barang bekas, tempat bersembunyi/berkembangbiakan serangga, binatang kecil dan pengerat, tempat yang kurang baik sistem saluran pembuangan air.
- b) Bangunan kuat, aman, mudah dibersihkan, dan mudah dalam pemeliharannya. Ruang proses produksi menyediakan tempat yang cukup untuk penempatan peralatan proses produksi.
- c) Lantai kedap air, permukaan rata, halus, tidak licin, tidak retak, tidak menyerap debu, dan mudah dibersihkan, serta kemiringan cukup landai untuk memudahkan pembersihan sehingga tidak terjadi genangan air.
- d) Dinding kedap air, permukaan rata, halus, tidak licin, tidak retak, tidak menyerap debu, dan mudah dibersihkan, serta warna dinding yang terang dan cerah.
- e) Atap dan langit-langit harus kuat, tidak menjadi tempat perkembangbiakan tikus, mudah dibersihkan, tidak menyerap debu, permukaan rata, dan berwarna terang, serta mempunyai ketinggian yang memungkinkan terjadinya pertukaran udara yang cukup atau lebih tinggi dari ukuran tandon air.
- f) Memiliki pintu dari bahan yang kuat dan tahan lama, berwarna terang, mudah dibersihkan, dan berfungsi dengan baik.
- g) Pencahayaan cukup terang untuk bekerja, tidak menyilaukan dan tersebar secara merata. Dianjurkan menggunakan lampu yang anti hancur atau lampu yang menggunakan pelindung sehingga jika lampu tersebut pecah, pecahan gelas lampu tidak mengkontaminasi

produksi.

- h) Ventilasi yang memadai harus tersedia untuk memastikan sirkulasi udara yang baik dalam ruang produksi, pencucian, pembilasan, sterilisasi, dan pengisian galon. Ventilasi tersebut harus dapat mengurangi bau, gas, atau uap berbahaya yang mungkin ada dalam ruangan tersebut. Penting untuk melakukan pemeriksaan rutin terhadap peralatan ventilasi agar tetap bersih dan bebas dari debu.
- i) Kelembaban udara mendukung kenyamanan dalam melakukan pekerjaan/aktivitas.
- j) 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.
- k) Bebas dari vektor dan binatang pembawa penyakit seperti lalat, tikus dan kecoa.

## 2) Aspek Peralatan

- a) Peralatan dan perlengkapan yang digunakan untuk DAM 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.
- b) Mikrofilter dan desinfektor tidak kadaluarsa.
- c) Tandon air baku harus tertutup dan terlindung.
- d) 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.

- e) Wadah/galon yang telah diisi Air Minum harus langsung diberikan kepada konsumen dan tidak boleh disimpan pada DAM lebih dari 1x24 jam.

### 3) Aspek Penjamah

Penjamah adalah orang yang secara langsung menangani proses pengelolaan Air Minum pada DAM untuk melayani konsumen. Persyaratan penjamah bagi DAM sebagai berikut :

- a) Sehat dan bebas dari penyakit menular serta tidak menjadi pembawa kuman patogen (carrier).
- b) 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.
- c) Penjamah wajib harus menjalani pemeriksaan kesehatan minimal sekali dalam setahun..
- d) Penjamah wajib mengikuti pelatihan/kursus higiene sanitasi sebagai upaya meningkatkan pengetahuan dan keterampilan higiene sanitasi. Penjamah yang telah mengikuti pelatihan dibuktikan dengan sertifikat yang telah ditandatangani oleh Kepala Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota atau Kepala KKP dan penyelenggara pelatihan/kursus. Materi yang digunakan sebagai bahan pelatihan/kursus mengacu kepada kurikulum dan modul pelatihan yang diterbitkan oleh Kementerian Kesehatan.

### 4) Aspek Air Baku

Berdasarkan Keputusan Menteri Perindustrian Dan Perdagangan Republik Indonesia Nomor 651 Tahun 2004 Tentang Persyaratan Teknis Depot Air Minum Dan Perdagangannya, Air baku merupakan 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 yang digunakan DAM harus memenuhi standar kesehatan yang ditetapkan dengan melakukan pengawasan secara periodik terhadap mutu air baku yang ditunjukkan dengan hasil ujilaboratorium dari pemasok. Pengujian mutu air baku dilakukan minimal :

- a) Satu kali dalam tiga bulan untuk analisis *coliform*.
- b) Dua kali dalam satu tahun untuk analisa kimia dan fisika secara lengkap.

Pengujian mutu air baku harus dilakukan di laboratorium pemeriksaan kualitas air yang ditunjuk oleh pemerintah Kabupaten/Kota atau yang terakreditasi. Air baku yang diambil dalam pengolahan DAM dilarang berasal dari air PDAM yang ada jaringan distribusi untuk rumah tangga. Transportasi air baku dari lokasi sumber air baku ke DAM harus menggunakan tangki pengangkut air yang tara pangan (*food grade*).



Gambar II. 3 Potensi Kontaminasi Dalam Penyiapan Air Minum Isi Ulang Oleh Manusia (Marriott dan Gravani, 2006)

### 1) Pedoman Cara Produksi Depot Air Minum (DAM)

Pada tahun 2004, Menteri Perindustrian dan Perdagangan Republik Indonesia telah mengeluarkan Keputusan Nomor 651 yang mengatur persyaratan teknis untuk Depot Air Minum (DAM) dan perdagangannya. Keputusan ini memuat pedoman cara produksi yang baik untuk DAM., tujuan penyusunan pedoman cara produksi yang baik DAM supaya pengusaha pengolah air minum dapat memahami

dan menerapkan cara produksi yang baik sehingga masyarakat tidak merasa dirugikan oleh air minum yang dihasilkan DAM yang tidak memenuhi persyaratan mutu dan keamanan. Pedoman produksi air minum di DAM sebagai berikut :

a) Desain dan Konstruksi Depot

- (1) Lokasi: DAM harus berlokasi di tempat yang tidak terkena pencemaran dari debu di sekitar Depot, daerah pembuangan kotoran/sampah, tempat penimbunan barang bekas, tempat persembunyian/berkembangbiaknya serangga, binatang kecil, atau pengerat, serta tempat lain yang dapat menyebabkan pencemaran seperti sistem saluran pembuangan air yang kurang baik.
- (2)
- (3) Ruang Proses Produksi :Tempat yang memadai harus tersedia di dalam ruang produksi untuk menempatkan peralatan yang digunakan dalam proses produksi. Area produksi juga harus mudah dijangkau untuk keperluan inspeksi dan pembersihan yang dapat dilakukan kapan saja.
- (4) Lantai, dinding, dan plafon di area produksi harus dibangun dengan baik dan selalu dijaga kebersihannya. Dinding di area pengisian harus terbuat dari bahan yang halus, berwarna terang, dan tidak mudah menyerap kotoran sehingga mudah dibersihkan. Kebersihan harus dilakukan secara teratur dan terjadwal. Dinding dan plafon harus utuh dan tidak memiliki retakan.
- (5) Desain tempat pengisian harus terbatas hanya untuk tujuan pengisian produk jadi dan harus memiliki pintu yang mampu menutup erat.
- (6) Pembuatan desain untuk tempat pengisian harus memastikan bahwa semua permukaan dan peralatan di dalamnya dapat dibersihkan dan disanitasi setiap hari dengan mudah.
- (7) Area produksi, tempat pencucian, pembiasan, sterilisasi, dan

pengisian galon harus memiliki pencahayaan yang cukup terang untuk memungkinkan pengamatan kontaminasi fisik. Lampu yang anti pecah dan dilengkapi dengan pelindung harus digunakan agar pecahan atau pecahan lampu tidak mencemari produksi. Tujuannya adalah agar karyawan memiliki pandangan yang jelas untuk dapat memantau setiap kemungkinan kontaminasi produk.

- (8) Sirkulasi udara yang memadai diperlukan untuk mengurangi bau tidak sedap, gas berbahaya, uap, dan kondensat yang mungkin terbentuk di dalam ruang produksi, pencucian, pembilasan, sterilisasi, dan pengisian galon. Penting untuk melakukan pemeriksaan berkala pada sistem ventilasi untuk menjaga kebersihan dan mencegah penumpukan debu.
- (9) Diperlukan perlindungan pada area yang terbuka atau memiliki celah agar terlindungi dari serangga, burung, atau binatang kecil yang dapat masuk ke dalam Depot. Perlindungan dapat berupa layar, pelindung lainnya, atau pintu yang dapat menutup secara otomatis.

#### b) Bahan Baku, Mesin dan Peralatan Produksi

##### (1) Bahan Baku

Bahan baku utama yang digunakan dalam proses produksi adalah air yang diambil dari sumber yang memastikan kualitasnya terjamin. Bahan wadah yang dapat digunakan/disediakan DAM harus memenuhi syarat bahan tara pangan (*food grade*), tidak bereaksi terhadap bahan pencuci, desinfektan maupun terhadap produknya.

##### (2) Mesin dan Peralatan Prooduksi

Mesin dan peralatan produksi yang digunakan dalam DAM terdapat beberapa hal sebagai berikut :

###### (a) Bahan mesin dan peralatan

Seluruh mesin dan peralatan yang kontak langsung dengan air harus terbuat dari bahan tara pangan (*food grade*),

tahan korosidan tidak bereaksi dengan bahan kimia.

(b) Jenis mesin dan peralatan

Mesin dan peralatan dalam proses produksi di DAM sekurang-kurangnya terdiri dari :

1. Bak atau tangki penampungan air baku.
2. Unit pengolahan air (*water treatment*) terdiri dari :
  - i. *Prefilter* (saringan pasir = *sand filter*). Fungsi *prefilter* digunakan untuk menyaring partikel-partikel yang kasar dengan bahan dari pasir atau jenis lain yang efektif dengan fungsi yang sama.
  - ii. Karbon Filter. Fungsi karbon filter digunakan sebagai saringan halus berukuran maksimal 10 (sepuluh) micron.
  - iii. Alat desinfeksi (ozonisasi atau UV dengan panjang gelombang 254 nm). Fungsi desinfektan digunakan untuk membunuh kuman pathogen.
  - iv. Alat pengisian. Mesin dan alat untuk memasukkan air minum kedalam wadah.

c) Proses produksi

(1) Penampungan air baku dan syarat bak penampung

Untuk mengambil air baku dari sumbernya, digunakan tangki untuk kemudian ditampung ke dalam bak atau tangki penampung (reservoir). Agar aman untuk dikonsumsi, bak penampung harus terbuat dari bahan food grade dan tidak mengandung bahan-bahan yang dapat mencemari air. Persyaratan tangki penangkut air meliputi

- (a) khusus digunakan untuk air minum,
- (b) mudah dibersihkan, didesinfeksi, dan dilengkapi dengan pengaman.
- (c) Tangki penangkut air juga harus memiliki manhole
- (d) pengisian serta pengeluaran air dilakukan melalui kran.
- (e) Selang dan pompa yang digunakan untuk bongkar muat air

baku juga harus dilengkapi dengan penutup yang baik, disimpan dengan aman, dan dilindungi dari kemungkinan kontaminasi.

- (f) Tangki, selang, pompa, dan sambungan harus menggunakan bahan yang aman untuk kontak dengan makanan atau minuman (food grade), tidak mudah korosi, dan tidak mengandung bahan kimia yang dapat merusak kualitas air.
- (g) Tangki pengangkutan, perlu dilakukan pembersihan, sanitasi, dan disinfeksi secara berkala baik di bagian dalam maupun luar minimal setiap 3 bulan sekali. Hal ini bertujuan untuk menjaga kebersihan dan keamanan air yang diangkut atau disimpan.

Dokumen pengadaan air baku harus dimiliki oleh pengelola Depot Air Minum (DAM), yang isinya mencakup informasi tentang pemasok atau pengelola sumber air, jumlah air yang dipesan, serta tanggal atau waktu pengadaan air.

## (2)Penyaringan

- (a) Saringan berasal dari pasir atau saringan lain yang efektif dengan fungsi yang samayaitu menyaring partikel-partikel yang kasar.
- (b) Saringan karbon aktif, yang dapat dihasilkan dari batu bara atau batok kelapa, berguna sebagai penyerap bau, rasa, warna, khlorin, dan bahan organik yang berlebihan.
- (c) Saringan atau filter bekerja dengan fungsi sebagai penyaring halus yang mampu menangkap partikel dengan ukuran maksimum 10 mikron.

## (3)Desinfeksi

Desinfeksi merupakan tindakan untuk mengurangi jumlah mikroorganisme yang masih ada dalam suatu proses, terutama ditujukan untuk membasmi patogen. Ada beberapa metode desinfeksi yang dapat digunakan, di antaranya:

(a) Metode kimia, seperti menggunakan larutan kaporit, gas klor, dan gas ozon.

(b) Metode fisika, seperti menggunakan gelombang mikro dan ultraviolet.

Desinfektan memiliki kemampuan untuk menghilangkan bau, membunuh alga, mengoksidasi ion besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) menjadi ion besi ( $\text{Fe}^{3+}$ ), sehingga konsentrasi dalam air menurun, mengoksidasi ion mangan (Mn), mengoksidasi gas  $\text{H}_2\text{S}$  menjadi asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), mengoksidasi ion nitrit menjadi ion nitrat, mengoksidasi amonia menjadi senyawa amin, dan mengoksidasi fenol menjadi senyawa fenolat yang tidak berbahaya. (Joko, 2010).

Desinfeksi dilakukan untuk membunuh kuman pathogen. Proses desinfeksi dengan menggunakan ozon berlangsung dalam tangki atau alat pencampur ozon lainnya dengan konsentrasi ozon minimal 0,1 ppm dan residu ozon sesaat setelah pengisian berkisar antara 0,06–0,1 ppm. Tindakan desinfeksi disini selain menggunakan ozon, dapat dilakukan dengan cara penyinaran Ultraviolet (UV) dengan panjang gelombang 254 nm, dengan intensitas minimum 10.000 mw detik per  $\text{cm}^2$ . Waktu detensi (contact time) UV terhadap air secara optimal 20 menit. Beberapa spesifikasi lampu ultraviolet memiliki kekuatan 8000-9000 jam yang setara dengan  $\pm 1$  tahun. Apabila lampu ultraviolet belum mati dalam waktu 1 tahun, maka lampu ultraviolet harus tetap diganti. Hal ini karena kinerja dari lampu ultraviolet mengalami penurunan. Desinfeksi dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1) Pembilasan, Pencucian dan Sterilisasi Wadah

DAM harus memeriksa wadah yang dibawa oleh pelanggan dan menolak wadah yang tidak cocok digunakan untuk air minum. Pembersihan wadah dilakukan dengan berbagai jenis deterjen yang aman untuk makanan dan air bersih, kemudian dibilas dengan air yang cukup untuk menghilangkan sisa deterjen.

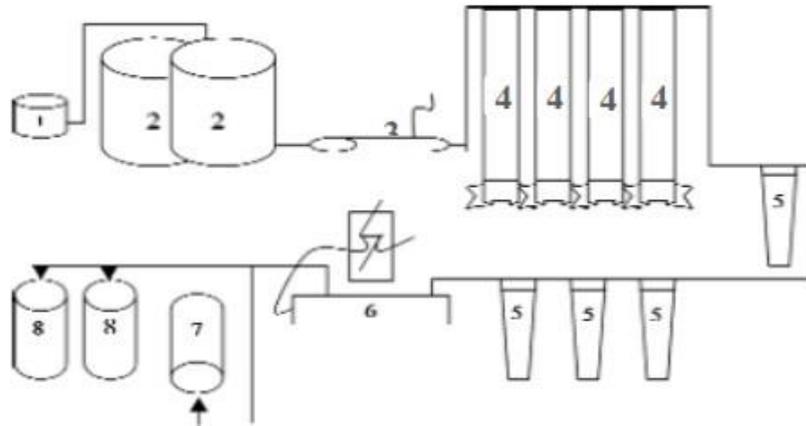
2) Pengisian

Pengisian wadah dilakukan dengan menggunakan peralatan dan mesin di tempat yang bersih dan higienis.

### 3) Penutupan

Wadah dapat ditutup dengan tutup yang dibawa oleh pelanggan atau disediakan oleh DAM.

Berikut skema proses pengolahan air minum pada DAM yang mencakup 8 langkah, antara lain :



Gambar II. 4 Proses Pengolahan Air Isi Ulang DAM (Mappangara,2018)

Keterangan :

1. Air baku yang digunakan adalah air yang diambil dari sumber yang terjamin kualitasnya.
2. Air baku ditampung dalam bak atau tanki penampungan dan diendapkan.
3. Setelah air baku diendapkan, selanjutnya dilakukan pengolahan air.
4. Tabung filter yang pertama akan menyaring partikel-partikel kasar dengan bahan dari pasir atau jenis lain yang efektif. Tabung filter selanjutnya merupakan karbon filter yang berfungsi sebagai penyerap debu, rasa, warna sisa khlor dan bahan organik.
5. Tabung *cartridge filter* sebagai saringan halus berukuran maksimal 10 mikron untuk memenuhi persyaratan air minum.
6. Dilakukan desinfeksi/sterilisasi pada air yang telah diolah dengan cara ultraviolet dengan panjang gelombang 254 nm dan atau dengan cara ozonisasi.
7. Setelah proses desinfeksi/sterilisasi, dilakukan pembilasan wadah

atau galon secara higienis, agar tidak terjadi kontaminasi silang dengan lingkungan luar.

8. Pengisian air pada galon konsumen secara higienis oleh operator DAM

.