

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Hasil Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul	Obyek Material
1	Okik Hendriyanto Cahyonugroho, Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur(2005)	Pengaruh Intensitas Sinar Ultraviolet dan Pengadukan Terhadap Reduksi Jumlah Bakteri E.Coli	Penelitian menggunakan desain eksperimental dengan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) menunjukkan bahwa daya lampu UV 15 watt digunakan untuk memapari sampel air dengan kedalaman 3, 6, 9, 12 mm dengan luasan permukaan yang tetap Sumber UV ditempatkan dengan variasi ketinggian 10, 20, 30 cm dari dasar wadah (gelas beker 100 ml) untuk mendapatkan intensitas yang berbeda. Pemaparan sampel air dilakukan pada selang waktu pemaparan, yaitu : 1, 2, 3, 4 dan 5 menit. Hasil yang diperoleh yaitu reduksi bakteri E.coli terjadi sampai 85% dengan ketinggian lampu ultraviolet terendah, yaitu 10 cm pada reaktor yang mengalami pengadukandengan waktu pemaparan terlama, yaitu 5 menit dan reduksi bakteri E.coli hanya mencapai 65% pada ketinggian lampu UV terendah, 10cm dengan

No	Peneliti	Judul	Obyek Material
			reaktor yang tidak mengalami pengadukan dengan waktu pemaparan terlama, yaitu 5 menit.
<p>Perbedaan: Pada hasil penelitian membahas pengaruh variasi ketinggian lampu UV dari dasar wadah sampel terhadap reduksi tercemar dalam reaktor yang mengalami pengadukan dan tanpa pengadukan dengan pemaparan sampel air 1, 2, 3, 4 dan 5 menit. Dibandingkan dengan penelitian yang saya teliti disini saya memfokuskan pada lama waktu penyinaran menggunakan sinar ultraviolet dengan 5 perlakuan yaitu 1 menit, 2 menit, 3 menit, 4 menit, dan 5 menit pada salah satu depot air minum isi ulang di wilayah kerja Puskesmas Patihan Kelurahan Ngegong Kecamatan Manguharjo Kota Madiun.</p>			

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul	Obyek Material
1	Jaeman, Tarbiyah, Tadris Biologi, Sekolah Tinggi Agama Islam Negeri Palangka Raya (2014)	Pengaruh Lama Waktu Penyinaran dengan Menggunakan Sinar Ultraviolet terhadap Kualitas Mikrobiologi Air Minum Isi Ulang	Penelitian menggunakan desain eksperimental dengan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) menghasilkan perlakuan lama waktu penyinaran sinar UV yang digunakan dalam penelitian dibuat dalam 7 taraf perlakuan yaitu 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit, 25 menit, 30 menit, dan 35 menit. Selain itu, digunakan juga 0 menit (tanpa penyinaran) sebagai kontrol. Pada uji pendugaan, uji penegasan, dan uji kepastian menunjukkan hasil yang diperoleh

No	Peneliti	Judul	Obyek Material
			<p>dari masing-masing taraf perlakuan mempunyai pengaruh signifikan, tetapi tidak memiliki perbedaan yang nyata antara masing-masing taraf perlakuan mempunyai pengaruh yang sangat kecil, sehingga tidak berbeda nyata jika dibandingkan dengan control dan taraf lainnya pada signifikansi 1%. Taraf perlakuan yang efektif dalam penyinaran adalah pada taraf 15 menit.</p>
<p>Perbedaan: Pada hasil penelitian membahas perlakuan lama waktu penyinaran sinar ultraviolet yang digunakan dalam penelitian dibuat dalam 8 taraf perlakuan yaitu 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit, 25 menit, 30 menit, dan 35 menit dan mendapatkan hasil taraf perlakuan yang efektif dalam penyinaran adalah pada taraf 15 menit. Dibandingkan dengan penelitian yang saya teliti disini saya melanjutkan penelitian tersebut dengan 5 perlakuan yaitu 1 menit, 2 menit, 3 menit, 4 menit, dan 5 menit pada salah satu depot air minum isi ulang di wilayah kerja Puskesmas Patihan Kelurahan Ngegong Kecamatan Manguharjo Kota Madiun.</p>			

B. Kajian Pustaka Lain yang Sesuai

1. Air Minum

Air merupakan sumber daya alam yang sangat vital bagi kehidupan manusia, karena 70% tubuh manusia terdiri dari air. Air berfungsi untuk mengatur suhu tubuh, membantu pencernaan dan proses kimia tubuh, membuang kotoran, dan meyalurkan nutrisi ke sel-sel tubuh. (Islam et al., 2019)

a. Definisi Air Minum

Menurut Permenkes RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010 air minum adalah air yang telah memenuhi persyaratan kesehatan, melalui proses pengolahan ataupun tidak melalui proses pengolahan tetapi dapat langsung diminum oleh masyarakat. Air minum adalah air yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum, syarat kesehatan dimaksud adalah fisika, mikrobiologis, kimiawi dan radioaktif. (Pamela et al., 2019).

b. Sumber Air Minum

Air bersih tersebut dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti air hujan, air sumur, mata air (spring water), dan Perusahaan Air Minum (PAM). Sebagian besar kebutuhan air minum masyarakat selama ini dipenuhi dari air sumur dan Perusahaan Air Minum (PAM). (Rangga, et al., 2015)

1) Air Hujan

Air hujan merupakan penyubliman awan/uap air menjadi air murni yang ketika turun dan melalui udara akan melalui benda-benda yang terdapat di udara, diantara benda-benda yang terlarut dari udara tersebut adalah: gas O₂, CO₂, N₂, juga zat-zat renik dan debu. Dalam keadaan murni, air hujan sangat bersih, tetapi setelah mencapai permukaan bumi, air hujan tidak murni lagi karena ada pengotoran udara yang disebabkan oleh pengotoran industri/debu dan lain sebagainya. Maka untuk menjadikan air hujan sebagai sumber air minum hendaklah menampung air hujan terlebih dahulu jangan pada saat hujan mulai turun karena masih banyak mengandung kotoran.

2) Air Permukaan

Air permukaan adalah air hujan yang mengalir di permukaan bumi. Pada umumnya air permukaan ini akan mengalami pengotoran selama pengaliran. Dibandingkan dengan sumber lain air permukaan merupakan sumber air yang tercemar berat. Keadaan ini terutama

berlaku bagi tempat-tempat yang dekat dengan tempat tinggal penduduk. Hampir semua sisa kegiatan manusia yang menggunakan air atau dicuci dengan air, pada waktunya akan dibuang ke dalam air permukaan. Disamping manusia, flora dan fauna juga turut mengambil bagian dalam mengotori air permukaan, misalnya batang-batang kayu, daun-daun, tinja dan lain-lain. Jadi, dapat dipahami bahwa air permukaan merupakan badan air yang mudah sekali dicemari terutama oleh kegiatan manusia. Oleh karena itu, mutu air permukaan perlu mendapat perhatian yang seksama kalau air permukaan akan dipakai sebagai bahan baku air bersih. Beberapa sumber air yang termasuk ke dalam kelompok air permukaan adalah air yang berasal dari sungai, danau, laut, lautan dan sebagainya.

3) Air Tanah

Jumlah air di bumi relatif konstan, tetapi air tidak diam, melainkan bersirkulasi akibat pengaruh cuaca sehingga terjadi suatu siklus yaitu siklus hidrologi. Pada proses tersebut air hujan jatuh ke permukaan bumi. Air hujan tersebut ada yang mengalir masuk ke permukaan (mengalami run off) dan ada juga yang meresap ke dalam tanah (mengalami perkolasi) sehingga menjadi air tanah baik yang dangkal maupun yang dalam. Air tanah mengalami proses filtrasi secara alamiah. Proses-proses yang telah dialami air hujan tersebut, di dalam perjalanannya ke bawah tanah membuat air tanah menjadi lebih baik dan lebih murni dibandingkan dengan air permukaan. Secara praktis air tanah adalah air bebas polutan karena berada di bawah permukaan tanah. Tetapi tidak menutup kemungkinan bahwa air tanah dapat tercemar oleh zat-zat yang mengganggu kesehatan. Air tanah terbagi atas 3 yaitu :

a) Air Tanah Dangkal

Terjadi karena daya proses peresapan air permukaan tanah, lumpur akan tertahan demikian pula dengan sebagian bakteri sehingga air tanah akan jernih. Air tanah dangkal akan

terdapat pada kedalaman 15 meter. Air tanah ini bisa dimanfaatkan sebagai sumber air minum melalui sumur-sumur dangkal. Dari segi kualitas agak baik sedangkan kuantitasnya kurang cukup dan tergantung pada musim.

b) Air Tanah Dalam

Terdapat pada lapisan rapat air pertama dan kedalaman 100-300 meter. Ditinjau dari segi kualitas pada umumnya lebih baik dari air tanah dangkal sedangkan kuantitasnya mencukupi tergantung pada keadaan tanah dan sedikit dipengaruhi oleh perubahan musim.

c) Mata Air

Mata air adalah tempat dimana air tanah keluar ke permukaan tanah. Keluarnya air tanah tersebut secara alami dan biasanya terletak di lereng- lereng gunung atau sepanjang tepi sungai. Berdasarkan munculnya ke permukaan air tanah terbagi atas 2 yaitu :

- (1) Mata air (graviti spring) yaitu air mengalir dengan gaya berat sendiri. Pada lapisan tanah yang permukaan tanah yang tipis, air tanah tersebut menembus lalu keluar sebagai mata air.
- (2) Mata air artesis berasal dari lapisan air yang dalam posisi tertekan. Air artesis berusaha untuk menembus lapisan rapat air dan keluar ke permukaan bumi.

c. Jenis Air Minum

Salah satu pemenuhan kebutuhan air minum yang menjadi alternatif adalah dengan menggunakan air minum dalam kemasan (AMDK). Selain AMDK, air minum isi ulang (AMIU) menjadi pilihan lain masyarakat untuk memenuhi kebutuhan air minum. (Rangga et al., 2015)

d. Manfaat Air Minum

Air merupakan elemen yang sangat penting bagi kehidupan manusia, hewan, dan tumbuhan. Jika manusia tidak minum air selama satu hari, tentunya akan sangat berbeda dengan ketika tidak makan selama beberapa hari. Ketahanan tubuh manusia akan lebih menurun apabila tidak minum. Hal itu dikarenakan manusia membutuhkan air sebagai pelarut dan proses biokimia di dalam tubuhnya. Pada tubuh manusia, air merupakan bagian terbesar, dimana hampir semua reaksi pada tubuh manusia memerlukan cairan (Kumalasari et al.,2011).

e. Persyaratan Air Minum

Air minum aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi, dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan. Di Indonesia, standar kualitas air minum diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI No.492/MENKES/PER/IV/2010.

Sebagaimana yang dimaksud parameter wajib dan parameter tambahan dari dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI No.492/MENKES/PER/IV/2010 merupakan persyaratan kualitas air minum wajib diikuti dan ditaati oleh seluruh penyelenggara air minum dan pemerintah daerah dapat menetapkan parameter tambahan sesuai dengan kondisi kualitas lingkungan daerah masing-masing dengan mengacu pada parameter tambahan. Parameter wajib dan parameter tambahan mengenai standar kualitas air minum yang tercantum dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI No.492/MENKES/PER/IV/2010 dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

PERSYARATAN KUALITAS AIR MINUM

Tabel 2.3 Persyaratan Kualitas Air Minum

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1) E.Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	2) Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	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, (Sebagai NO ₂ ⁻)	mg/l	3
	6) Nitrat, (Sebagai NO ₃ ⁻)	mg/l	50
	7) Sianida	mg/l	0,07
	8) Selenium	mg/l	0,01
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	a. 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
	b. Parameter Kimiawi		
	1) Aluminium	mg/l	0,2
	2) Besi	mg/l	0,3
	3) Kesadahan	mg/l	500
	4) Khlorida	mg/l	250
	5) Mangan	mg/l	0,4
	6) pH		6,5-8,5

Sumber : Peraturan Menteri Kesehatan RI No.492/MENKES/PER/IV/2010

f. Penyakit Akibat Kontaminasi Air

Risiko pencemaran sumber air merupakan kualifikasi penilaian terhadap keadaan sumber air bersih yang digunakan penduduk sebagai kebutuhan sehari-hari terhadap kemungkinan kontaminasi air. Kontaminasi air dapat berasal dari kondisi sekitar sumber air bersih seperti kontaminasi tinja, sampah, air limbah maupun kotoran hewan. Kontaminasi air dapat juga berasal kondisi konstruksi sumber air bersih serta cara pengambilan air.

Tabel 2.4 Penyakit Akibat Kontaminasi Air

Penyakit	Penyebab	Sumber
Schistosomiasis	<i>Mikroba Schistosoma</i>	Air terkontaminasi dengan Schistosoma
Dracunculiasis	<i>Dracunculus medinensis</i>	Genangan air mengandung larva
Taeniasis	<i>Taenia Saginata</i>	Air minum terkontaminasi dengan telur
Fasciolopsiasis	<i>Fasciolopsis buski</i>	Air minum terkontaminasi dengan parasit
Hymenolepiasis	<i>Hymenolepis nana</i>	Air minum terkontaminasi dengan telur
Echinococcosis	<i>Echinococcus granulosus</i>	Air minum terkontaminasi dengan tinja manusia
Coenurosis	Multiceps	Air minum terkontaminasi dengan telur
Ascariasis	<i>Ascaris lumbricoides</i>	Air minum terkontaminasi dengan tinja manusia
Enterobiasis	<i>Enterobius vermicularis</i>	Air minum terkontaminasi dengan telur

Sumber: Chandra, B., 2009, *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. EGC; Wikidedia-Waterborne Disease

2. Depot Air Minum

a. Definisi Depot Air Minum

Depot air minum adalah usaha yang melakukan pengolahan air baku menjadi air minum dan menjual langsung kepada konsumen. Konsumsi air minum dari depot air minum pada beberapa tahun terakhir meningkat tajam, utamanya dikalangan masyarakat perkotaan. Peningkatan konsumsi air ini akibat semakin meningkatnya kebutuhan

air minum, sementara kualitas air sumur terus menurun akibat banyaknya pencemaran serta belum optimalnya pasokan air PDAM dalam jumlah dan kualitas yang cukup. Dampak positif adanya depot air minum adalah menyediakan air yang kualitasnya aman dan sehat bagi pemakainya, individu maupun masyarakat, menyediakan air yang memenuhi kuantitas, menyediakan air secara kontinyu, mudah dan murah untuk menunjang hygiene perumahan maupun rumah tangga. Disisi lain perkembangan depot air minum berpotensi menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan konsumen, bila tidak adanya regulasi yang efektif. Isu yang mengemuka saat ini adalah rendahnya jaminan kualitas terhadap air minum yang dihasilkan. Jika tidak dikendalikan dengan maksimal depot air minum berpotensi menimbulkan kerugian bagi kesehatan misalnya keracunan zat kimia, persisten maupun penyebaran penyakit melalui air. (Partiana et al., 2015)

Depo air minum isi ulang, harus menggunakan peralatan yang sesuai, untuk menghindari adanya kontaminasi bakteri coliform. Peralatan yang digunakan untuk mengolah air baku menjadi air minum pada depo air minum adalah storage tank, flow meter, stainless water pump, galon air. Storage tank yaitu berguna sebagai penampungan air baku yang dapat menampung air. Stainless water pump, berguna sebagai pemompa air baku dari tempat storage tank kedalam tabung filter. Flow Meter digunakan untuk mengukur air yang mengalir ke dalam galon isi ulang. Lampu ultraviolet dan ozon berguna sebagai desinfeksi pada air yang telah diolah. Galon isi ulang berfungsi sebagai tempat untuk menampung atau menyimpan air minum. Pengisian tempat dilakukan dengan menggunakan alat dan mesin serta dilakukan dalam tempat pengisian yang higienis. (Natalia, 2014)

b. Regulasi Peralatan Produksi Depot Air Minum

Sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 2014 tentang Higiene Sanitasi Depot Air Minum, aspek peralatan 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 tarapangan (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;
- 5) Wadah/galon yang telah diisi Air Minum harus langsung diberikan kepada konsumen dan tidak boleh disimpan pada DAM lebih dari 1×24 jam.

c. Regulasi Perdagangan Depot Air Minum

Sesuai dengan Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan Republik Indonesia Nomor 651/MPP/Kep/10/2004, DAM harus memiliki izin operasi, DAM dilarang mengambil sumber air baku yang berasal dari PDAM dan harus berasal dari mata air pegunungan yang bebas dari kontaminasi. Sedangkan penampungan air baku dan syarat bak penampung air baku yang diambil dari sumbernya diangkut dengan tangki dan selanjutnya ditampung dalam bak atau tangki penampung terbuat dari bahan seperti stainless.

3. Proses Pengolahan Depot Air Minum

Syarat untuk air yang dikonsumsi manusia sehari-hari/air minum harus melalui proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. (Ditinjau et al., 2013)

Ada banyak cara pengolahan air untuk keperluan air bersih, tergantung pada jenis senyawa atau partikel yang terdapat di dalam air yang akan diolah dan jenis sumber bahan baku air. Modifikasi pengolahan air dan pemilihan serta penambahan bahan pengendap dapat dilakukan untuk efisiensi pengolahan air bersih. (Nuswantoro et al., 2012)

Proses pengolahan air pada depot air minum pada prinsipnya adalah filtrasi (penyaringan) dan desinfeksi. Proses filtrasi dimaksudkan selain untuk memisahkan kontaminan tersuspensi juga memisahkan campuran yang berbentuk koloid termasuk mikroorganisme dari dalam air, sedangkan desinfeksi dimaksudkan untuk membunuh mikroorganisme yang tidak tersaring pada proses sebelumnya. Kebanyakan Usaha air minum isi ulang masih berskala kecil yang kadang-kadang dari segi pengetahuan dan sarana-prasarana masih kurang jika dibandingkan dengan standar kesehatan sehingga dapat mempengaruhi kualitas air yang dihasilkan. Dengan demikian kualitasnya masih perlu diuji untuk untuk pengamanan kualitas airnya. (Ditinjau et al., 2013)

Proses pengolahan air minum di depot air minum isi ulang tidak seluruhnya dilakukan secara otomatis sehingga dapat mempengaruhi kualitas air yang dihasilkan, dengan demikian kualitasnya masih perlu dikaji dalam rangka pengamanan kualitas airnya. Selain itu jika proses pengolahan kurang optimal dapat menyebabkan adanya kontaminasi bakteri. (Suriadi et al., 2016)

Urutan proses produksi air minum di Depot air minum adalah sebagai berikut :

a. Penampungan air baku

Air baku yang diambil dari sumbernya diangkut dengan menggunakan tangki air dan selanjutnya ditampung dalam bak tendon. Bak tendon dibuat dari bahan tara pangan (food grade) dan bebas dari bahan-bahan yang dapat mencemari air.

Tangki pengangkutan mempunyai persyaratan yang terdiri:

- 1) Khusus digunakan untuk air minum

- 2) Mudah dibersihkan dan didesinfektan, diberi pengaman.
- 3) Harus mempunyai "manhole"
- 4) Pengisian dan pengeluaran air harus melalui kran.
- 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, selang, pompa dan sambungan harus terbuat dari bahan tara pangan (food grade) tahan korosi dan bahan kimia yang dapat mencemari air. Tangki pengangkutan harus dibersihkan, disanitasi dan desinfeksi bagian luar dan dalam minimal 3 (tiga) bulan sekali.

b. Penyaringan bertahap

Tahapan penyaringan antara lain terdiri dari :

- 1) Saringan berasal dari pasir atau sandfilter
- 2) Saringan karbon aktif atau carbon filter
- 3) Saringan halus atau micro filter

c. Desinfeksi

Desinfeksi dimaksudkan untuk membunuh kuman pathogen. Proses desinfeksi dengan menggunakan ozon (O₃) berlangsung dalam tangki pencampur 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 mm. Proses desinfeksi sinar ultraviolet yaitu dengan melewatkan air kedalam tabung atau pipa yang disinari dengan lampu ultraviolet.

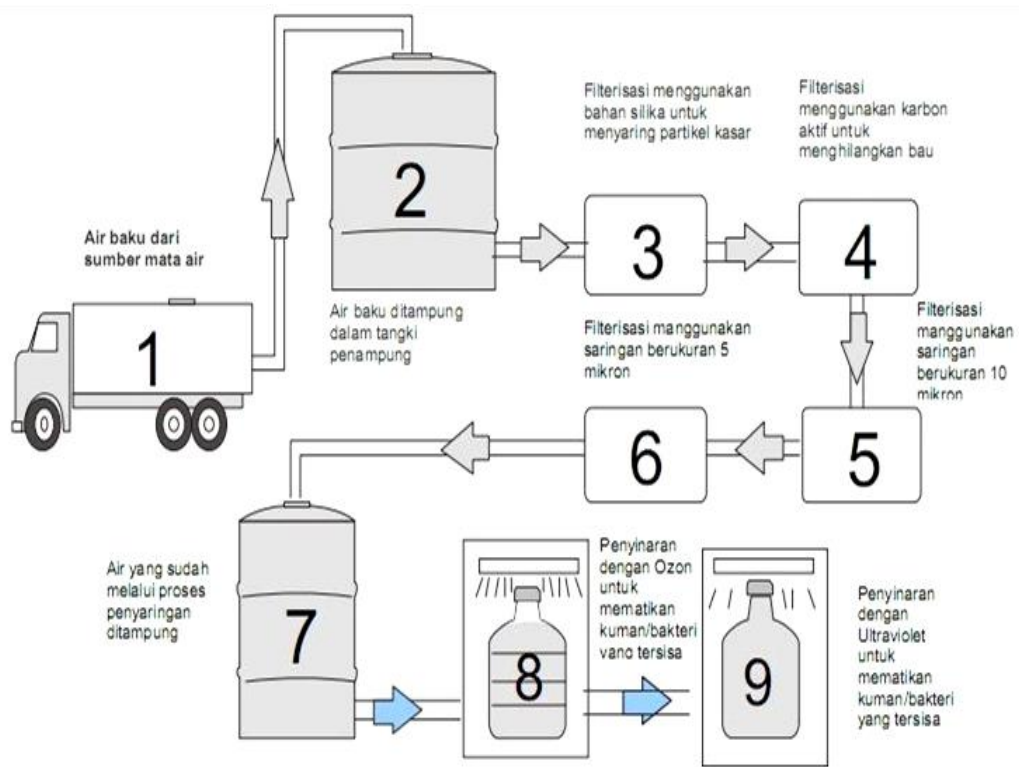
d. Pengisian

Pengisian tempat air (wadah) dilakukan dengan menggunakan alat serta dilakukan dalam tempat pengisian yang higienis.

e. Penutupan

Penutupan tempat air (wadah) dapat dilakukan dengan tutup yang dibawa konsumen dan atau yang disediakan oleh Depot air minum. (Sulistiyandari, 2009)

Skema Pengolahan Air Minum Isi Ulang (Studi et al., 2012)



Gambar 2.1 Bagan alir pengolahan air isi ulang

4. Proses Desinfeksi Pada Sistem Air Minum Isi Ulang

Pada depot air minum isi ulang dikenal 2 (dua) cara desinfeksi, yaitu:

a. Ozon

1) Pengertian Ozon

Alat desinfektan seperti Ozon yang berfungsi merusak sel-sel kuman menjadi rusak atau mati. Daya rusak ozon terhadap makhluk mikro tergantung dari daya larut ozon dalam air. Kadar ozon pada tangki pencampur minimal 2 ppm dan residu ozon saat setelah pengisian berkisar antara 0,0 – 0,4 ppm. (Saleh et al., 2013)

2) Sifat dan Kemampuan Ozon

Ozon cukup berbahaya bagi tubuh manusia bila masuk ke dalam tubuh, maka setelah membunuh makhluk hidup mikro,

dilakukan proses pemberian sinar ultraviolet kedalam air yang mengalir untuk merusak ozon dan mengurainya menjadi oksigen kembali yang terlarut dalam air. Penjelasan ini dapat menjelaskan kenapa metode disinfeksi ozonisasi lebih baik daripada metode disinfeksi ultraviolet karena ternyata dalam metode disinfeksi ozonisasi selain melibatkan senyawa Ozon sebagai disinfektan juga ada juga penggunaan sinar ultraviolet selain sebagai pemecah senyawa ozon yang berbahaya menjadi oksigen bebasjuga bersifat disinfektan terhadap mikroorganismenya yang mungkin masih ada. (Prayitno, 2017)

b. Sinar Ultraviolet

1) Pengertian Sinar Ultraviolet

Ultra violet adalah gelombang elektromagnetik dengan panjanggelombang diantara 100 – 400 nm ($1\text{nm} = 0,0000001\text{ mm}$). Panjang gelombang ini menempatkan ultra violet diluar spektrum cahaya yang dapat terlihat oleh mata. Sinar ultra violet dibagi menjadi 4 (empat) spektrum, yaitu :

- (a) UV, Sinar ultra violet yang tidak dapat melewati atmosfer bumi.
- (b) UV-A, berada diantara panjang gelombang 200 – 290 nm memiliki tingkat daya bunuh paling tinggi terhadap bakteri, protozoa maupun virus.
- (c) UV-B, berada diantara panjang gelombang 290 – 300 nm terdapat dalam sinar matahari.
- (d) UV-C, berada diantara panjang gelombang 300 – 400 nm terdapat dalam sinar matahari namun hampir tidak memiliki kemampuan sebagai desinfeksi. (Sulistiyandari, 2009)

2) Desinfeksi dengan Ultraviolet

Radiasi sinar ultra violet adalah radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang lebih pendek dari spektrum antara

100 – 400 nm, dapat membunuh bakteri tanpa meninggalkan sisa radiasi dalam air. Radiasi sinar ultra violet telah digunakan untuk desinfeksi air sejak pergantian abad 20. Apabila terdapat panjang gelombang yang terus-menerus hingga mencapai panjang gelombang infra merah maka akan terjadi penurunan bahkan tidak ada kemampuan daya bunuh terhadap bakteri.

Secara alamiah sinar ultra violet juga terdapat pada lapisan troposfer, tetapi tidak dalam jumlah yang besar. Dengan rusaknya Ozon maka akan lebih banyak sinar ultra violet memasuki lapisan troposfer. Apabila sinar ultra violet tersebut dalam jumlah sedikit akan berguna bagi tubuh manusia dalam pembentukan vitamin D. Sinar ultra violet dengan panjang gelombang 280 – 320 nm bersifat bakterisidal dan sering digunakan untuk desinfeksi udara maupun air.

Desinfeksi menggunakan sinar UV mempunyai kelebihan dibandingkan dengan Ozon dan Chlorin. Kelebihannya antara lain:

- (a) Tanpa bahan kimia.
- (b) Tanpa rasa atau bau yang mengganggu.
- (c) Sangat efektif dalam membunuh sebagian bakteri patogen seperti: *E.coli*, *Giardia Lamblia* dan *Cristosporidium*.
- (d) Tidak mengeluarkan produk sampingan yang bisa membahayakan.
- (e) Tidak tergantung pada pH.
- (f) Mudah pengoperasiannya.
- (g) Dapat menentukan dosis dengan tepat. (Sulistiyandari, 2009)

3) Sifat dan Kemampuan Ultraviolet

Radiasi sinar ultraviolet adalah gelombang radiasi elektromagnetik yang mempunyai panjang lebih pendek dari

spektrum antara 100-400 nm (10^{-7} mm), dapat membunuh bakteri tanpa meninggalkan sisa radiasi dalam air.

Radiasi sinar ultraviolet dapat membunuh semua jenis mikroba jika intensitas dan waktunya cukup. Tidak ada residu atau hasil samping dari proses penyinaran dengan ultraviolet. Namun, lampu ultraviolet harus dibersihkan secara teratur dan harus diganti paling lama satu tahun agar proses sanitasi air menjadi efektif. Proses pengolahan (filtrasi dan desinfeksi) yang kurang sempurna dapat menyebabkan berkembangnya bakteri di dalam air minum. (Mairizki, 2017)

4) Faktor yang Mempengaruhi Daya Kerja Ultraviolet

Faktor-faktor yang mempengaruhi daya kerja sinar ultraviolet pada pengolahan air minum, adalah :

(a) Kekeruhan

Air yang keruh akan menghalangi penyinaran sinar UV.

(b) Kontaminasi padatan

Sinar UV tidak efektif pada air dengan kontaminasi kepadatan tinggi.

(c) Jarak antara lampu dengan permukaan air

Penyinaran pada jarak yang dekat akan lebih efektif dibanding dengan jarak yang semakin jauh.

(d) Temperatur

Temperatur yang semakin tinggi akan semakin menambah daya bunuh bakteri.

(e) Jenis Organisme

Bakteri yang menghasilkan spora sangat resisten sehingga pengaruh desinfeksi dengan sinar ultra violet sangat kecil. (Sulistiyandari, 2009)

5) Sumber Ultraviolet

Sumber sinar ultra violet berasal dari lampu mercury bertekanan rendah berfungsi sebagai pusat energi

listrik ultra violet. Lampu tersebut banyak digunakan karena sekitar 85 % dari panas lampu adalah monokromatik pada panjang gelombang 253 nm. Panjang gelombang kisaran 250 – 270 nm, memerlukan ukuran panjang lampu 2,5 – 5 feet (0,75 – 1,5m) dengan diameter 0,6 – 0,8 inci (15 – 20 mm). Energi yang muncul dihasilkan oleh uap mercury yang diisikan kedalam lampu.(Sulistiyandari, 2009)

6) Lama Penyinaran Ultraviolet

Lama penyinaran atau kontak merupakan faktor penting dalam desinfeksi air minum. Semakin lama kontak maka akan semakin banyak bakteri yang terbunuh. (Sulistiyandari, 2009)

7) Daya Lampu Ultraviolet

Dalam hal ini sinar lampu ultraviolet diketahui termasuk sinar yang memiliki daya radiasi bersifat letal untuk mikroorganisme. Berikut daya lampu ultraviolet serta masa aktif lampu :

- (a) Daya lampu 15 watt, masa aktif lampu selama 2000 jam
- (b) Daya lampu 20 watt, masa aktif lampu selama 4000 jam
- (c) Daya lampu 25 watt, masa aktif lampu selama 6000 jam
- (d) Daya lampu 30 watt, masa aktif lampu selama 8000 jam
- (e) Daya lampu 40 watt, masa aktif lampu selama 9000 jam

Semakin tinggi intensitas sinar UV maka semakin banyak bakteri E.coli yang tereduksi (berkurang). Setiap bakteri atau mikroba mempunyai ketahanan yang berbeda pada cahaya UV. Daya bunuh atau ketahanan bakteri sangat tergantung pada intensitas cahaya UV.(Andrea, 2016)

5. Pengemasan Air Minum Isi Ulang

Air Minum dalam kemasan yang telah diolah, ditampung di dalam tangki untuk selanjutnya dikemas. Sebelum air minum hasil olahan dikemas, terlebih dahulu kemasan dicuci dan disterilkan dengan menggunakan air ozon atau air panas.(Sulistiyandari, 2009)

Tahap-tahap dalam pengemasan AMIU adalah:

a. Pencucian Kemasan

1) Kemasan pakai ulang

Botol kaca dan botol yang terbuat dari Poly Carbonat yang dapat dipakai ulang harus dicuci sebelum dipakai kembali dan disterilisasi. Botol atau kemasan yang telah digunakan harus dibersihkan dan disterilkan sebelum digunakan kembali. Pencucian kembali ini dapat dilakukan dengan merendam atau mengalirkan larutan caustic soda, dan selanjutnya dibersihkan pada bagian luar dengan seksama.

Proses pencucian dapat menggunakan tenaga manual atau menggunakan tenaga mesin pembersih. Penggunaan mesin pembersih dapat menghindari kontak antara produk dengan penjamah atau pekerja.

Proses pencucian kemasan ini dalam garis besarnya adalah sebagai berikut :

- (a) Mencampurkan air bersih dengan bahan desinfektan yang aman untuk makanan (polybrite, typol) dalam wadah, kemudian memasukkan larutan tersebut ke dalam gallon atau jerigen dan selanjutnya dikocok.
 - (b) Berikutnya mencuci bagian luar gallon atau jerigen dan disemprot pada bagian dalam dengan air bersih. Penyemprotan dapat dilakukan dengan menggunakan air panas dengan suhu $60^{\circ}\text{C} - 850^{\circ}\text{C}$. Setelah dibersihkan kemudian galon dan jerigen disemprot dengan larutan penyeteril misalnya air ozon atau air panas.
- 2) Kemasan sekali pakai
- Kemasan sekali pakai tidak harus dicuci dan atau dibilas, tetapi jika hal tersebut dilakukan harus secara saniter.
- 3) Tutup kemasan
- Tutup kemasan yang digunakan harus didesinfeksi sebelum

digunakan dan harus menggunakan bahan sesuai untuk makanan dan tidak berbahaya bagi kesehatan.(Sulistiyandari, 2009)

b. Pengisian dan Penutupan Botol dan Gelas

Pengisian dan penutupan kemasan botol dan gelas dilakukan dengan mesin dalam ruang pengisian yang bersih dan saniter. Suhu ruang pengisian maksimal 250 C. Seluruh sistem harus selalu dapat mempertahankan keutuhan produk, dan harus dihindari kontaminasi dengan udara luar. (Sulistiyandari, 2009)

c. Pengisian Kemasan Galon

Kemasan galon yang telah diisi dengan air diberi tutup kemudian dilakukan pengepresan sehingga tutup pada kemasan galon. Selanjutnya tutup kemasan diberi segel pengaman dan dilewatkan pada pemanas untuk merekatkan segel. Kemasan galon menggunakan tutup sekali pakai dalam arti tutup tidak dipakai ulang. (Sulistiyandari, 2009)

d. Pengisian Kemasan Jerigen

Pengisian kemasan jerigen hampir sama dengan kemasan galon. jerigen setelah dibersihkan, diisi dengan air minum yang telah diolah dan ditutup menggunakan tutup yang berulir pada bagian dalam. Penutupan ini dilakukan secara manual oleh tenaga manusia.(Sulistiyandari, 2009)

6. Parameter Mikro Organisme

a. *Escherichiacoli*

Bakteri E. coli merupakan parameter ada tidaknya materi fekal di dalamsuatu habitat sangat diharuskan untuk penentuan kualitas air yang aman. Khusus uuntuk bakteri E. coli, kehadirannya di dalam air atau bahan makanan yang berhubungan dengan kepentingan manusia yang tidak diharapkan. Karena kehadiran kelompok mikroba tersebut menandakan bahwa air atau

makanan tersebut telah tercemar oleh koli tinja, yaitu materi fekal yang berada bersama tinja atau feces manusia.(Heriet al.,2013)

Bakteri *E. coli* dalam keadaan normal menghuni saluran pencernaan manusia dan hewan, berdarah panas, tidak membentuk spora, aerob dan anaerob fakultatif yang memfermentasi laktosa dan mampu menghasilkan asam dan gas dalam waktu 48 jam pada suhu 35°C. *E. coli* juga mempunyai sifat motil tak berspora coccobacili pendek, berbentuk menyerupai tongkat dengan ukuran 0,5 1,0 X 4,0 μ , tersusun tunggal atau berpasangan dan rantai, bentuk koloni putih kelabu gelap rata dengan sisi tepi yang teratur, dalam kaldu turbiditasnya sama dan memproduksi sedimen tabel. Pada media biasa diameternya beberapa millimeter. Tergolong bakteri aerob dan anaerob pada suhu 40°C, mati pada pemanasan 60°C selama 30 menit, pada umumnya tidak resisten terhadap desinfektan dan pada keadaan yang kering, ada dalam intestinal dan feces manusia sehat dan vertebrata tinggi dan jumlahnya di colon, tumbuh menempel path media sintetik yang berisi NaCl dan glukosa ditambah vitamin.(Beredar et al., 2013)

b. *Coliform*

Bakteri *Coliform* merupakan suatu kelompok bakteri heterogen, berbentuk batang, gram negatif, aerob dan anaerob fakultatif. Pada kondisi aerob, bakteri ini mengoksidasi asam amino, sedangkan jika tidak terdapat oksigen, metabolisme bersifat fermentatif, dan energi diproduksi dengan cara memecah laktosa menjadi asam organik dan gas dalam waktu 24-48 jam, pada suhu 35°C. 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.(Natalia, 2014)

Jumlah bakteri *Coliform*/100cc air digunakan sebagai indikator atau mewakili semua kelompok mikrobiologis, bila

dalam 100 ml sampel air terdapat 500 bakteri *Escherichia coli* kemungkinan adanya penyakit gastroenteritis.(Heriet al., 2013)

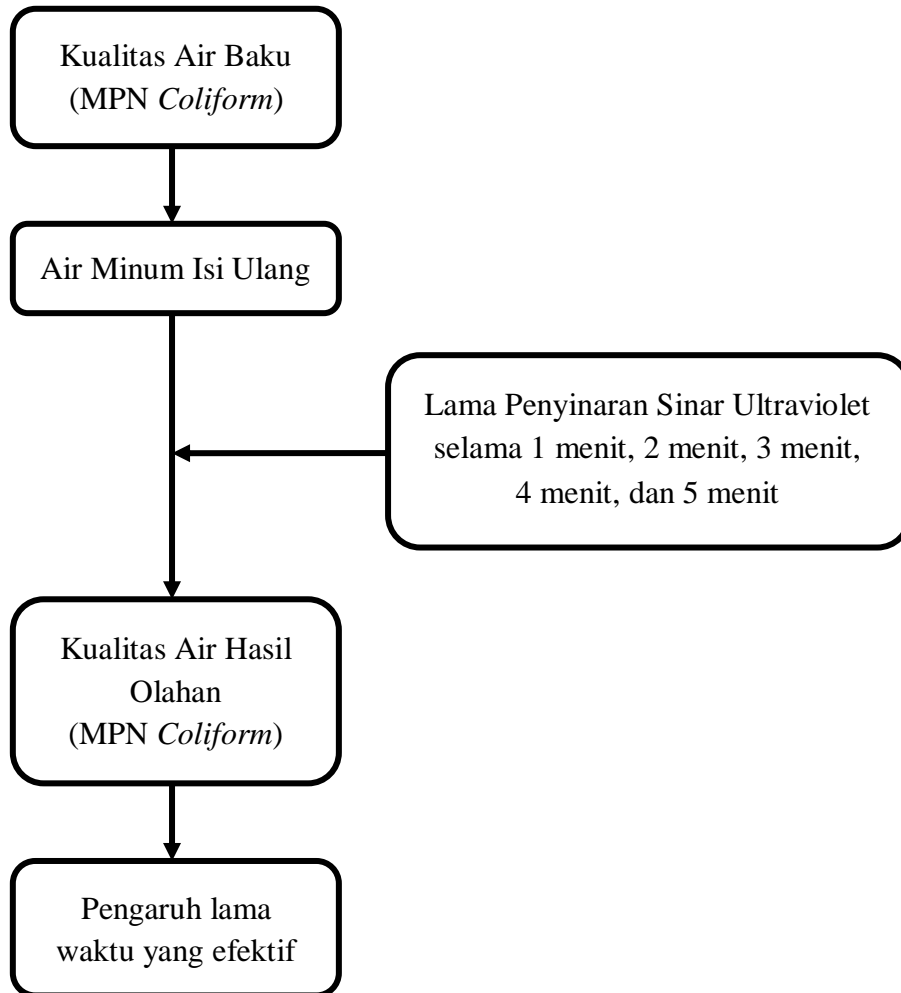
c. Metode MPN

Metode yang digunakan untuk uji kualitas bakteriologis air minum adalah metode Most Probable Number (MPN). MPN digunakan untuk mengetahui jumlah *Coliform* dalam uji kualitas air. Metode MPN merupakan salah satu teknik menghitung jumlah mikroorganisme per mili bahan yang digunakan sebagai media biakan. Metode MPN pada dasarnya sama dengan metode perhitungan cawan, tetapi menggunakan medium cair dalam tabung reaksi. Perhitungan didasarkan pada tabung yang positif, yaitu tabung menunjukkan pertumbuhan mikroba setelah inkubasi pada suhu dan waktu tertentu dan dapat diketahui dari gelembung gas yang dihasilkan pada tabung Durham. Pendekatan untuk enumerasi bakteri hidup adalah dengan metode MPN didasarkan pada metode teori kemungkinan. (Natalia, 2014)

Metode pemeriksaan yang digunakan adalah Most Probable Number (MPN) yang terdiri dari tiga tahap pemeriksaan, yaitu uji penduga (presumptive test), uji penegasan (confirmed test), dan uji kelengkapan (completed test). Pemeriksaan dilakukan secara duplo pada masing-masing sampel.(Apriliana et al., 2014)

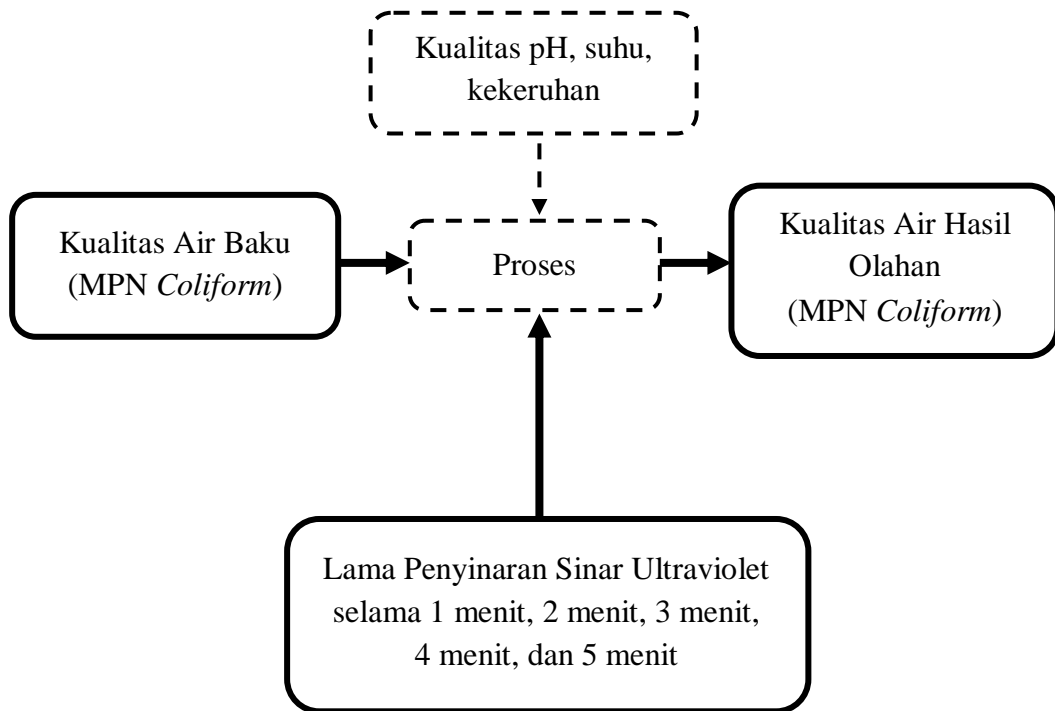
Khusus untuk uji air minum isi ulang, metode MPN dilakukan sampai pada metode uji penguat, dikarenakan metode ini sudah cukup kuat digunakan sebagai pengujian ada tidaknya bakteri *Coliform* dalam sampel air minum isi ulang. Uji pendugaandan uji konfirmasi ini menggunakan LB, yaitu merupakan media khusus untuk mengetahui ada tidaknya bakteri *Coliform*, jadi tidak perlu lagi dilakukan sampai pada uji kelengkapan.(Natalia, 2014)

C. Kerangka Teori



Bagan 2.1 Kerangka Teori

D. Kerangka Konsep



Bagan 2.2 Kerangka Teori

Keterangan :



: Variabel yang diteliti



: Variabel yang tidak diteliti