

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Air Minum

Air minum isi ulang merupakan suatu jawaban akan kebutuhan masyarakat. Air minum yang biasa diperoleh dari depot, harganya jauh lebih murah, bisa sepertiga dari produk air minum dalam kemasan yang bermerek. Tidak mengherankan bila banyak masyarakat konsumen beralih pada layanan air minum isi ulang, menyebabkan depot air minum di berbagai kota di Indonesia termasuk Kota Manado tumbuh dengan sangat pesat (Bambang, 2014). Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010, tentang Persyaratan Kualitas Air Minum menyatakan bahwa air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Air minum aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisik, mikrobiologis, kimiawi dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan.

2.2 Sumber Air Minum

Menurut Djuma & Talaen (2015) air yang diperuntukkan bagi konsumsi manusia harus berasal dari sumber yang bersih dan aman.

Batasan-batasan sumber air yang bersih dan aman tersebut antara lain:

- a. Bebas dari kontaminasi kuman atau bibit penyakit
- b. Bebas dari substansi kimia yang berbahaya dan beracun.
- c. Tidak berasa dan tidak berbau.
- d. Dapat dipergunakan untuk mencukupi kebutuhan domestik dan rumah tangga
- e. Memenuhi standar minimal yang ditentukan oleh WHO atau Departemen Kesehatan.

Menurut Selamat (2007) Air yang terdapat dipermukaan bumi ini dapat berasal dari berbagai sumber, Berdasarkan letak sumbernya, air dapat dibagi

menjadi :

2.2.1 Air Angkasa (Hujan)

Air angkasa atau air hujan merupakan sumber utama air di bumi. Walaupun pada saat presipitasi merupakan air yang paling bersih, air tersebut cenderung mengalami pencemaran ketika berada di atmosfer. Pencemaran yang berlangsung di atmosfer itu dapat disebabkan oleh partikel debu, mikroorganisme, dan gas, misalnya, karbon dioksida, nitrogen dan amonia.

2.2.2 Air Permukaan

Air permukaan yang meliputi badan-badan air semacam sungai, danau, telaga, waduk, rawa, air terjun dan sumur permukaan, sebagian besar berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi. Air hujan tersebut kemudian akan mengalami pencemaran baik oleh tanah, sampah, maupun lainnya.

2.2.3 Air Tanah

Air tanah berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi yang kemudian mengalami perkolasi atau mengalami penyerapan ke dalam tanah dan 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 air permukaan. Air tanah biasanya bebas dari kuman penyakit dan tidak perlu mengalami proses purifikasi atau penjernihan serta persediaannya cukup di sepanjang tahun, walaupun saat musim kemarau. Tetapi air tanah juga mengandung zat-zat mineral dalam konsentrasi yang

2.3 Peranan Air Minum

Menurut buku “Pedoman Pelaksanaan Penyelenggaraan Hygiene Sanitasi Depot Air Minum” yang di keluarkan oleh Direktorat Penyehatan Lingkungan (2010), air sangat diperlukan oleh tubuh manusia seperti halnya

udara dan makanan. Tanpa air manusia tidak akan bisa hidup lama selain penting untuk manusia, air juga sangat berperan penting bagi makhluk hidup lainnya. Bagi manusia, air diperlukan untuk menunjang kehidupan antara lain dalam kondisi yang layak untuk diminum tanpa mengganggu kesehatan. Air minum dalam tubuh manusia berguna dalam menjaga keseimbangan metabolisme dan fisiologi tubuh. disamping itu, air juga digunakan untuk melarutkan dan mengolah sari makanan agar dapat di cerna oleh tubuh. Jikalau kekurangan air, sel tubuh akan menciut dan tidak dapat berfungsi dengan baik. Begitu pula, air merupakan bagian eksreta cair (keringat, air mata, dan air seni) tinja, uap pernapasan dan cairan tubuh (darah *lympe*) lainnya.

Sebagian tubuh organisme termasuk manusia terdiri dari air. Secara umum, manusia biasa mengandung air sebanyak 65-70% dari berat tubuhnya. pada jaringan lemak dan tulang terdapat 33% air, di dalam daging 77%, paru-paru dan ginjal terdapat 80%, dan dicairan tubuh (*plasma*) sebanyak 90-95,5% air. Hal ini berarti bahwa seluruh bagian tubuh makhluk hidup terdiri dengan air. Untuk menjaga keseimbangan kandungan air, manusia harus meminum air kira-kira 2 liter tiap harinya. Sebagai kandungan yang masuk ke tubuh organisme, air memiliki peranan esensial, yaitu: sebagai pembentuk *protoplasma*, sebagai bahan yang mengambil bagian pada proses *fotosintesa*, serta sebagai medium yang melarutkan bahan makanan dan sebagai regulator temperatur tubuh. Air mempunyai peranan besar dalam penularan beberapa penyakit menular. Besarnya peranan air dalam penularan penyakit tersebut disebabkan oleh keadaan air itu sendiri. Air yang mengandung mikroorganisme disebut air terkontaminasi, dan tidak steril. Beberapa penyakit menular seperti diare dan kolera, sewaktu-waktu dapat meluas menjadi wabah atau epidemik karena peranan air yang tercemar (Partiana, *et al.*, 2015).

Persediaan air untuk keperluan rumah tangga harus cukup, baik kualitas maupun kuantitasnya. Pencemaran oleh mikroorganisme dan kimia terhadap badan air maupun dalam suplai air minum merupakan kasus yang sering terjadi di Indonesia. Pencemaran air oleh mikroorganisme dapat terjadi pada sumber air bakunya, ataupun terjadi pada saat pengaliran air olahan dari pusat pengolahan ke konsumen. Bakteri atau mikroba indikator sanitasi adalah bakteri keberadaannya dalam air menunjukkan bahwa air tersebut pernah tercemar oleh kotoran manusia.

2.4 Syarat Air Minum

Mengingat bahwa pada dasarnya tidak ada air yang 100% murni, dalam arti memenuhi syarat yang patut untuk kesehatan, maka harus diusahakan sedemikian rupa, sehingga syarat yang dibutuhkan harus terpenuhi atau paling tidak mendekati syarat-syarat yang di kehendaki. Syarat-syarat air yang dipandang baik secara umum dibedakan menjadi (Partiana,2015):

2.4.1 Syarat Fisik

Untuk air minum sebaiknya air tidak berwarna, tidak berasa, tidak berbau, jernih, dengan suhu dibawah suhu udara. Jika salah satu syarat fisik tersebut tidak terpenuhi, maka ada kemungkinan air tersebut tidak sehat. Namun jika syarat- syarat tersebut terpenuhi, belum tentu air tersebut baik diminum. Karena masih ada kemungkinan bibit penyakit atau zat yang membahayakan kesehatan

2.4.2 Syarat Bakteriologis

Semua air minum hendaknya dapat terhindar terkontaminasi dari bakteri terutama yang bersifat *pathogen*. Untuk mengukur air minum bebas dari bakteri atau tidak, pegangan yang digunakan adalah bakteri *E. coli*. dan *Coliform*. Pemeriksaan air minum dengan menggunakan *Membrane Filter Technique*, 90% dari sampel air yang di periksa selama satu bulan harus terbebas dari bakteri *E. coli* dan *Coliform*.

Bila terjadi penyimpangan dari ketentuan tersebut, maka air tersebut dianggap tidak memenuhi syarat dan perlu di selidiki lebih lanjut. Bakteri *E. coli* dan *Coliform* digunakan sebagai syarat bakteriologis, karena pada umumnya bibit penyakit ini ditemukan pada kotoran manusia dan relatif lebih sukar dimatikan dengan pemanasan air.

2.4.3 Syarat Kimia

Air minum yang baik adalah air yang tidak tercemar secara berlebihan oleh zat- zat kimia atau mineral terutama oleh zat- zat ataupun mineral yang berbahaya bagi kesehatan. Diharapkan zat ataupun bahan kimia yang terkandung dalam air minum tidak sampai merusak bahan tempat penyimpanan air, namun zat ataupun bahan kimia dan atau mineral yang dibutuhkan oleh tubuh hendaknya harus terdapat dalam kadar yang sewajarnya dalam sumber air minum tersebut.

Dalam hal persyaratan kualitas air minum harus sesuai dengan ketentuan yang tertuang dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010, tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, dimana ada dua parameter yaitu parameter wajib dan parameter tambahan. Dimana parameter wajib meliputi parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan dan parameter yang tidak langsung dengan kesehatan dan pada parameter tambahan yang meliputi sodium, timbal, pestisida, air raksa, nikel dll. Adapun penjabaran terkait dari parameter wajib diatas adalah sebagai berikut:

2.5 Penilaian Kualitas Air

Penilaian fisik air dapat dianalisis secara visual dengan panca indra. Misalnya keruh atau berwarna dapat langsung dilihat, baru dapat dicium menggunakan hidung. Penilaian tersebut tentu saja bersifat kualitatif. Misalnya, bila tercium bau yang berbeda maka rasa air pun berbeda. Faktor

yang dijadikan sebagai pertimbangan dalam penetapan standar kualitas atas, yaitu:

- a. Kesehatan: faktor kesehatan dipertimbangkan dalam penetapan standar guna menghindarkan dampak yg merugikan kesehatan.
- b. Estetika: faktor estetika diperhatikan guna memperoleh kondisi yang nyaman.
- c. Teknis: faktor teknis ditinjau dengan mengingat bahwa kemampuan teknologi dalam pengolahan air sangat terbatas, atau untuk tujuan
- d. Menghindarkan efek-efek kerusakan dan gangguan instalasi atau peralatan yang berkaitan dengan pemakaian air yang dimaksud.
- e. Toksisitas: faktor toksisitas ditinjau guna menghindari terjadinya efek racun bagi manusia.
- f. Populasi faktor populasi dimaksudkan dalam kaitannya dengan kemungkinan terjadinya pencemaran air oleh suatu polutan.
- g. Proteksi : faktor proteksi dimaksudkan untuk menghindarkan atau melindungi kemungkinan terjadinya kontaminasi.
- h. Ekonomi faktor ekonomi dipertimbangkan dalam rangka menghindarkan kerugian-kerugian ekonomi.

Tabel 2.1 Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan (Permenkes, 2010)

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

Tabel 2.2 Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan (Permenkes, 2010)

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. Alumunium	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	mg/l	6,5-8,5
	7. Seng	mg/l	3
	8. Sulfat	mg/l	250
	9. Tembaga	mg/l	2
	10. Amonia	mg/l	1,5

2.6 Syarat Bakteriologis

Dalam pengelolaan air minum isi ulang rentan terhadap kontaminasi dari berbagai mikroorganisme terutama bakteri *Coliform* dan *E. coli*. Bakteri *E. coli* merupakan bakteri indikator kualitas air minum karena keberadaannya di dalam air mengindikasikan bahwa air tersebut terkontaminasi oleh feses, yang kemungkinan juga mengandung mikroorganisme enterik patogen lainnya (Radji, 2010).

Semakin tinggi tingkat kontaminasi bakteri *Coliform*, semakin tinggi pula resiko kehadiran bakteri-bakteri patogen lain yang biasa hidup dalam kotoran manusia dan hewan. Salah satu contoh bakteri patogen yang terdapat dalam air terkontaminasi kotoran manusia atau hewan berdarah panas ialah bakteri *E. coli* yang dapat menyebabkan gejala diare, demam,

keram perut dan muntah-muntah. Dari uraian tersebut dapat diketahui tingginya kontaminasi mikroorganisme pada air minum isi ulang, maka pengujian kualitas air yang di produksi harus dilakukan secara berkala untuk menjamin ketersediaan air minum yang sehat dan aman untuk di konsumsi oleh masyarakat (Entjang, 2003).

2.7 Kualitas Air Minum

Air minum yang ideal seharusnya jernih, tidak berwarna, tidak berasa maupun tidak berbau. Selain itu juga tidak mengandung kandungan yang berbahaya bagi kesehatan manusia serta mengandung zat kimia yang mengganggu fungsi tubuh (Partiana, 2015). Standar Nasional Indonesia yang mengatur tentang Persyaratan Kualitas Air Minum mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010, tentang Persyaratan Kualitas Air Minum yang menyatakan bahwa air minum harus memenuhi persyaratan parameter mikrobiologi, kimia dan fisika.

2.8 Penyakit yang Berhubungan dengan Air

Badley (1974) seperti yang dikutip oleh Soesetyono (2012) penyakit yang berhubungan dengan air dapat diklasifikasikan menjadi 4 macam, yaitu:

2.8.1 Penyakit yang penyebarannya melalui persediaan air yang terkontaminasi oleh mikroorganisme patogen dari penderita (*water borne disease*). Penyakit-penyakit tersebut adalah *typhus*, *cholera*, *amoebiasis desentrae*, dan *hepatitis infeksiosa*.

2.8.2 Penyakit yang dapat dipindahkan ke orang lain dengan jalan melalui air, juga dapat terjadi penyebaran langsung dan feses ke mulut atau lewat makanan kotor atau tercemar, sebagai akibat kurangnya air beralih untuk keperluan kebersihan pribadi (*water washed disease*). Penyakit kulit Scabies yang disebabkan oleh *Sarcobies scabei* adalah sebagai akibat kebersihan tubuh yang kurang *conjunctivitis acuta* (peradangan pada kelopak mata) disebabkan oleh air yang banyak

mengandung debu dan kuman serta kotoran.

- 2.8.2 Penyakit yang dikembangkan oleh binatang yang merupakan perantara (*secondary host*) dari mikroorganisme patogen yang hidup di dalam air (*water based disease*), sebagian besar disebabkan oleh infeksi cacing golongan Trematoda. Contoh dari penyakit ini adalah *Schistosomiasis*, *Fascioliasis*, dan *Paragonimiasis* dengan kolam dan Ikan sebagai perantara.
- 2.8.3 Penyakit yang dipindahkan serangga yang perjalanan hidupnya di dalam atau tergantung pada adanya air (*water related insect vector disease*). Serangga yang siklus hidupnya atau tempat bersarangnya di dalam air adalah nyamuk dan sejenis lalat yang hidup di Afrika (lalat The-The). Manson dan Ross (1877) menemukan perbedaan penyebaran penyakit yang berhubungan dengan air yaitu penyakit *Filariasi* dan *Malaria*. Sedangkan penyakit yang ditimbulkannya adalah malaria oleh nyamuk *Anopheles*, yang terdiri dan beberapa spesies. Untuk demam berdarah vektornya adalah *Aedes aegypti*. *Filariasis* disebabkan oleh nyamuk *Culek fatigan*. Sedangkan penyakit yang disebabkan oleh lalat adalah penyakit tidur (*sleeping sickness*) penyebabnya adalah *Trypanosoma gambiense*.

2.9 Pengertian Depot Air Minum

2.9.1 Pengertian Depot Air Minum

Depot air minum adalah usaha industri yang melakukan proses pengolahan air baku menjadi air minum dan menjual langsung kepada konsumen (Depperindag, 2004). Proses pengolahan air pada prinsipnya harus mampu menghilangkan semua jenis polutan, baik fisik, kimia maupun mikrobiologi (Suprihatin, 2003).

2.9.2 Peralatan Depot Air Minum

Menurut Direktorat Kesehatan Lingkungan (2006) Alat yang

digunakan untuk mengolah air baku menjadi air minum pada depot air minum isi ulang adalah: *Storage tank* berguna sebagai penampungan air baku yang dapat menampung air sebanyak 3000 liter, *Stainless Water Pump* berguna sebagai pemompa air baku dari tempat storage tank kedalam tabung filter, Tabung Filter mempunyai 3 (tiga) fungsi, yaitu: Tabung yang pertama adalah *active sand* media filter untuk menyaring partikel-partikel yang kasar dengan bahan dari pasir atau jenis lain yang efektif dengan fungsi yang sama, tabung yang kedua adalah *anthracite* filter yang berfungsi untuk menghilangkan kekeruhan dengan hasil yang maksimal dan efisien, tabung yang ketiga adalah granular active carbon media filter merupakan karbon filter yang berfungsi sebagai penyerap debu, rasa, warna, sisa khlor dan bahan organik. Mikro filter merupakan saringan yang terbuat dari *polypropylene/Polipropilena* memiliki ketahanan kimia yang sangat baik, kuat dan memiliki kepadatan terendah dari plastik yang digunakan dalam kemasan. Mikro filter memiliki titik leleh tinggi, sehingga ideal untuk panas- mengisi cairan yang berfungsi untuk menyaring partikel air dengan diameter 10 mikron, 5 mikron, 1 mikron dan 0,4 mikron dengan maksud untuk memenuhi persyaratan air minum. *Flow meter* digunakan untuk mengukur air yang mengalir kedalam galon isi ulang. Lampu ultraviolet dan ozon berguna sebagai desinfeksi pada air yang telah diolah. Galon isi ulang berfungsi sebagai wadah atau tempat untuk menampung atau menyimpan air minum didalamnya. Pengisian wadah dilakukan dengan menggunakan alat dan mesin serta dilakukan dalam tempat pengisian yang higienis.

2.9.3 Proses Produksi Depot Air Minum

Urutan proses produksi di Depot Air Minum Isi Ulang menurut Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan RI No. 651/MPP/Kep/10/2004 tentang persyaratan Teknis Depot Air Minum dan Perdagangannya, yaitu :

2.9.3.1 Penampungan air baku dan syarat bak penampung

Air baku yang diambil dari sumbernya diangkut dengan menggunakan tangki dan selanjutnya ditampung dalam bak atau tangki penampung (*reservoir*). Bak penampung harus dibuat dari bahan tara pangan seperti *stainless stell*, *poly carbonat* atau *poly vinyl carbonat*, harus bebas dari bahan – bahan yang dapat mencemari air. Tangki pengangkutan mempunyai persyaratan yang terdiri atas : Khusus digunakan untuk air minum, mudah dibersihkan serta di desinfektan dan diberi pengaman, harus mempunyai *manhole*/lubang pembuangan, pengisian dan pengeluaran air harus melalui keran, Selang dan pompa yang dipakai untuk bongkar muat air baku harus diberi penutup yang baik, disimpan dengan aman dan dilindungi dari kemungkinan kontaminasi.

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

2.9.3.2 Penyaringan bertahap

Saringan berasal dari pasir atau saringan lain yang efektif dengan fungsi yang sama. Fungsi saringan pasir adalah menyaring pertikel–partikel yang kasar. Bahan yang dipakai adalah butir–butir silika (SiO_2) minimal 80%. Saringan karbon aktif yang berasal dari batu bara atau batok kelapa berfungsi sebagai penyerap bau, rasa, warna, sisa klor dan bahan organik. Daya serap terhadap Iodine (*I2*) minimal 75%.

Saringan/filter lainnya yang berfungsi sebagai saringan halus berukuran maksimal 10 (sepuluh) mikron.

2.9.3.3 Desinfeksi

Desinfeksi dimaksudkan untuk membunuh kuman patogen. Proses desinfeksi dengan menggunakan *ozon* (O₃) 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 selain menggunakan ozon, dapat dilakukan dengan cara penyinaran *Ultra Violet (UV)*.

a. Pembilasan, Pencucian dan Sterilisasi Wadah

Wadah yang dapat digunakan adalah wadah yang terbuat dari bahan tara pangan seperti *stainless stell*, *poly carbonat* atau *poly vinyl carbonat* dan bersih. Depot air minum wajib memeriksa wadah yang dibawa konsumen, dan menolak wadah yang dianggap tidak layak untuk digunakan sebagai tempat air minum.

b. Pengisian

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

c. Penutupan

Penutupan wadah dapat dilakukan dengan tutup yang dibawa konsumen atau yang disediakan oleh Depot Air Minum.

2.9.4 Proses Desinfeksi Pada Depot Air Minum

Proses desinfeksi merupakan upaya yang dilakukan untuk menghilangkan atau membunuh bakteri dalam air minum, yang dilakukan dengan 2 (dua) cara, yaitu:

2.9.4.1. Ozonisasi

Ozon termasuk oksidasi dan kuat yang mampu membunuh kuman patogen, termasuk virus. Keuntungan penggunaan ozon adalah pipa, peralatan dan kemasan akan ikut di sanitasi sehingga produk yang dihasilkan akan lebih terjamin selama tidak ada kebocoran pada kemasan. Ozon merupakan bahan sanitasi air yang efektif di samping klorinasi.

Agar pemakaian ozon dapat dihemat, yaitu hanya ditujukan untuk membunuh bakteri-bakteri saja, maka sebelum dilakukan proses desinfeksi, air tersebut perlu dilakukan penyaringan agar zat-zat organik, besi dan mangan yang terkandung dalam air dapat dihilangkan. Ozon bersifat bakterisida, virusida, algasida serta mengubah senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang sederhana.

Penggunaan ozon lebih banyak diterima oleh konsumen karena tidak meninggalkan bau dan rasa. Desinfeksi dengan sistem ozonisasi, kualitas air dapat bertahan selama kurang lebih satu bulan dan masih aman dikonsumsi, sedangkan yang tidak menggunakan ozonisasi, kualitas air hanya bertahan beberapa hari saja sehingga air tidak layak dikonsumsi. Sebab tanpa ozonisasi, pertumbuhan bakteri dan jamur berlangsung cepat.

2.9.4.2 Ultraviolet

Radiasi sinar ultraviolet adalah radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang lebih pendek dari spektrum antara 100-400 nm, dapat membunuh bakteri tanpa meninggalkan sisa radiasi dalam air. Sinar ultraviolet dengan panjang gelombang 254 nm mampu menembus dinding sel mikroorganisme sehingga dapat merusak *Deoxyribonukleat Acid (DNA)* dan *Ribonukleat Acid (RNA)* yang bisa menghambat pertumbuhan sel baru dan dapat menyebabkan

kematian bakteri. Air dialirkan melalui tabung dengan lampu ultraviolet berintensitas tinggi, sehingga bakteri terbunuh oleh radiasi sinar ultraviolet. Yang harus diperhatikan adalah intensitas lampu ultraviolet yang dipakai harus cukup. Untuk sanitasi air yang efektif, diperlukan intensitas sebesar 30.000 mw detik per cm^2 . Radiasi sinar ultraviolet dapat membunuh semua jenis mikroba bila intensitas dan waktunya cukup. Supaya efektif, lampu ultraviolet harus dibersihkan secara teratur dan harus diganti paling lama satu tahun. Air yang akan disinari ultraviolet harus melalui filter halus dan karbon aktif terlebih dahulu, untuk menghilangkan partikel tersuspensi, bahan organik, dan Fe atau Mn (Sembiring, 2008).

2.9.4.3 Reverse Osmosis

Proses ini merupakan proses pemurnian air dengan hasil kualitas air non mineral. Proses ini melalui alat yang disebut *Membran semi permeabel*, membran ini mempunyai lubang air 1/10000 mikron dimana air yang melewati lubang tersebut sudah merupakan air bebas bakteri, virus dan logam-logam berat lainnya.

2.10 Higiene Sanitasi pada Depot air minum

Menurut buku “pedoman pelaksanaan penyelenggaraan hygiene sanitasi depot air minum” tahun 2010, *Hygiene* sanitasi adalah usaha yang dilakukan untuk mengendalikan faktor-faktor air minum, penjamah, tempat dan perlengkapannya yang dapat atau mungkin dapat menimbulkan penyakit atau gangguan kesehatan lainnya. *Hygiene* sanitasi juga merupakan upaya kesehatan yang mengurangi atau menghilangkan faktor-faktor yang menjadi penyebab terjadinya pencemaran terhadap air minum dan sarana yang digunakan untuk proses pengolahan, penyimpanan dan pembagian air minum. *Hygiene* Sanitasi Depot Air Minum meliputi :

2.10.1 Lokasi

Lokasi depot air minum harus berada di daerah yang bebas dari pencemaran lingkungan. Tidak pada daerah: tergenang air rawa, tempat pembuangan kotoran atau sampah, penumpukan barang - barang bekas atau bahan berbahaya dan beracun (B3) dan daerah lain yang diduga dapat menimbulkan pencemaran lingkungan

2.10.2 Bangunan

Bangunan harus kuat, aman, mudah dibersihkan dan mudah pemeliharaannya. Tata ruang usaha Depot Air Minum paling sedikit terdiri dari: Ruang proses pengolahan, Ruang proses penyimpanan, Ruang tempat pembagian/penyediaan dan Ruang tunggu pengunjung.

2.10.2.1 Lantai

Lantai Depot Air Minum harus memenuhi syarat sebagai berikut: Bahan kedap air, Permukaan rata, halus tetapi tidak licin, tidak menyerap debu dan mudah dibersihkan, Kemiringan cukup untuk memudahkan pembersihan dan selalu dalam keadaan bersih dan tidak berdebu

2.10.2.2 Dinding

Dinding Depot Air Minum harus memenuhi syarat sebagai berikut: Bahan kedap air, Permukaan rata, halus, tidak menyerap debu dan mudah dibersihkan, Warna dinding terang dan cerah dan selalu dalam keadaan bersih, tidak berdebu dan bebas dari pakaian tergantung

2.10.2.3 Atas dan langit- langit

Atap bangunan harus halus, menutup sempurna dan tahan terhadap air dan tidak bocor, Kontruksi atap dibuat anti tikus (*rodent proof*), Bahan langit- langit mudah

dibersihkan dan tidak berdebu, Permukaan langit- langit harus rata dan berwarna terang dan Tinggi langit- langit minimal 2,4 meter dari lantai

2.10.2.3 Pintu

Bahan pintu harus kuat dan tahan lama, Permukaan rata, halus, berwarna terang dan mudah dibersihkan, Pemasangannya rapi dan dapat menutup dengan baik

2.10.2.4 Pencahayaan

Ruangan pengolahan dan penyimpanan mendapat penyinaran cahaya dengan minimal 10-20 *foot candle* atau 100-200 lux

2.10.2.5 Ventilasi

Untuk kenyamanan Depot Air Minum harus diatur ventilasi yang dapat menjaga suhu yang nyaman dengan cara: Menjamin terjadi peredaran udara dengan baik, Tidak mencemari proses pengolahan dan atau air minum, Menjaga suhu tetap nyaman dan sesuai kebutuhan

2.10.3 Akses terhadap fasilitas sanitasi

Depot Air Minum sedikitnya harus memiliki akses terhadap fasilitas sanitasi sebagai berikut: Tempat cuci tangan yang dilengkapi dengan sabun pembersih dan saluran limbah, fasilitas sanitasi (jamban dan peturasan), tempat sampah yang memenuhi persyaratan, menyimpan contoh air minum yang dihasilkan sebagai sampel setiap pengisian air baku.

2.10.4 Sarana pengolahan air minum

Alat dan perlengkapan yang di pergunakan untuk pengolahan air minum harus menggunakan peralatan yang sesuai dengan persyaratan kesehatan (*food grade*) seperti: Pipa pengisian air baku, Tendon air baku, pompa penghisap dan penyedot, filter, mikro filter, kran

pengisian air minum curah, kran pencucian/ pembilasan botol, kran penghubung (*hose*), peralatan sterilisasi. Bahan sarana tidak boleh terbuat dari bahan yang mengandung unsur yang dapat larut dalam air, seperti Timah Hitam (Pb), Tembaga (Cu), Seng (Zn), *Cadmium* (Cd). Alat dan perlengkapan yang digunakan seperti mikro filter dan alat sterilisasi masih dalam masa pakai (tidak kadaluarsa).

2.10.5 Air Baku

Air baku adalah air yang memenuhi standar air bersih, sesuai dengan Kemenkes RI (1990), tentang syarat- syarat dan pengawasan kualitas air minum. Jika menggunakan air baku lain harus dilakukan uji mutu sesuai dengan kemampuan proses pengolahan yang dapat menghasilkan air minum. Untuk menjamin kualitas air baku dilakukan pengambilan sampel secara periodik.

2.10.6 Air Minum

Air minum yang dihasilkan harus memenuhi Menteri Kesehatan (2002), dalam Isra (2015) tentang syarat- syarat dan pengawasan kualitas air minum. Pemeriksaan kualitas bakteriologis air minum dilakukan setiap kali pengisian air baku, pemeriksaan ini dapat menggunakan metode *H₂S*

2.10.7 Pelayanan Konsumen

Setiap wadah yang akan diisi air minum harus dalam keadaan bersih, proses pencucian botol dapat disediakan oleh pengusaha/ pengelola Depot Air Minum, setiap wadah yang telah diisi harus ditutup dengan penutup wadah yang saniter, setiap air minum yang telah diisi harus langsung diberikan kepada pelanggan, dan tidak boleh disimpan di Depot Air Minum (>1 x 24 jam)

2.10.8 Karyawan

Karyawan harus sehat dan bebas dari penyakit menular, bebas dari luka, bisul, penyakit kulit dan luka lain yang dapat menjadi sumber pencemaran, dilakukan pemeriksaan kesehatan secara berkala (minimal 2 kali setahun), memakai pakaian kerja/ seragam yang bersih dan rapi, selalu mencuci tangan setiap kali melayani konsumen, tidak berkuku panjang, merokok, meludah, menggaruk, mengorek hidung/telinga/gigi pada waktu melayani konsumen, telah memiliki surat keterangan telah mengikuti kursus operator Depot Air Minum.

2.10.9 Pekarangan

Permukaan rapat air dan cukup miring sehingga tidak terjadi genangan, selalu dijaga kebersihannya setiap saat, bebas dari kegiatan lain atau sumber pencemaran lainnya

2.10.10 Pemeliharaan

Pemilik/penanggung jawab dan operator wajib memelihara sarana yang menjadi tanggung jawabnya, melakukan sistem pencatatan dan pemantauan secara ketat meliputi: Tugas dan kewajiban karyawan, hasil pengujian laboratorium baik *intern* atau *ekstern*, data alamat pelanggan untuk memudahkan investigasi dan pembuktian.

2.11 Pengertian Bakteri

Bakteri merupakan sel prokariotik dengan genom berbentuk sirkuler dan mempunyai plasmid. Bakteri di samping dengan dikenal sebagai agen penyebab penyakit, bakteri juga mempunyai manfaat yang besar bagi kehidupan manusia seperti pemanfaatan bakteri dalam pembuatan yoghurt dan antibiotik. Di dalam tubuh manusia pun bakteri Memberikan manfaat yang banyak pertahanan melawan infeksi, berperan dalam sistem imun, sumber nutrient dan menstimulasi pergantian epitel. Bakteri yang menghuni

tubuh manusia disebut mikroba flora normal. Sedangkan bakteri yang menghuni kulit dan selaput mukosa pada individu sehat normal kebanyakan bakteri anaerob dan fakultatif anaerob (Yasir, 2015).

Mikroba flora normal terbagi menjadi dua kelompok besar yaitu:

- a. Flora penghuni tetap yang ditemukan pada daerah-daerah tertentu menghilang bila terjadi gangguan dan kembali seperti semula.
- b. Flora transit; mikroba patogen dan nonpatogen pada selaput lendir dan mukosa sementara waktu. Perkembangbiakan mikroba flora normal dipengaruhi oleh faktor suhu, kelembaban, ada tidaknya makanan dan bahan-bahan inhibitor (Yasir, 2015).

Bakteri *E.coli* merupakan parameter ada tidaknya materi fekal di dalam suatu habitat sangat diharuskan untuk penentuan kualitas air yang aman. Khusus untuk 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. Bakteri golongan *Coliform* adalah bakteri yang bersifat gram negatif, tidak membentuk spora memfermentasikan laktosa pada suhu 35° C atau 37° C dengan menghasilkan asam, gas dan aldehide dalam waktu 24-48 jam. Begitu bakteri golongan *Coliform* tinja memiliki kemampuan yang sama, hanya saja ia lebih toleran terhadap suhu yang lebih tinggi, yaitu 44° C. Jumlah bakteri *Coliform*/100cc air digunakan sebagai indikator atau mewakili semua kelompok mikrobiologis, bila dalam 100 ml sampel air terdapat 500 bakteri *E. coli* kemungkinan adanya penyakit *gastroenteritis* (Sutrisno, 2006).

2.12 Penyakit – Penyakit yang Disebabkan Oleh Bakteri *E.Coli*

Bakteri ini dapat menyebabkan terjadinya epidemic penyakit-penyakit saluran pencernaan makanan, seperti, *kolera*, *typhus*, disentri, diare, dan penyakit cacing. Bibit penyakit ini berasal dari *feces* manusia yang menderita penyakit - penyakit tersebut. Indikator yang menunjukkan bahwa air rumah tangga sudah dikotori feces adalah dengan adanya *E. coli* dalam air tersebut, karena dalam feces manusia, baik sakit maupun sehat terdapat bakteri. *E. coli* dapat juga menimbulkan *gastro enteritis*, infeksi pada luka dan abses pada berbagai organ. Bakteri ini juga merupakan penyebab utama meningitis pada bayi yang baru lahir dan penyebab infeksi *tractus urinarius* (*pyelonephritis cysticis*) pada manusia yang dirawat dirumah sakit (infeksi nasokomial). Pencegahan infeksi bakteri ini dilakukan dengan perawatan yang sebaik-baiknya di rumah sakit, antara lain: pemakaian antibiotik secara tepat, tindakan antiseptik secara benar.

Penyakit yang dapat timbul akibat terjadinya pencemaran bakteri *E. coli* adalah :

2.12.1 Diare

E. coli yang menyebabkan diare sangat sering ditemukan diseluruh dunia. *E. coli* ini diklasifikasikan oleh ciri khas sifat-sifat virulensinya dan setiap grup menimbulkan penyakit melalui mekanisme yang berbeda. Gejala diare adalah tinja encer dengan frekuensi empat kali atau lebih dalam sehari, yang kadang-kadang disertai dengan muntah, badan lesu atau lemah, panas, tidak nafsu makan, serta darah dan lendir dalam feses. Diare bisa menyebabkan kehilangan cairan dan elektrolit (natrium dan kalium), sehingga bayi menjadi rewel atau terjadi gangguan irama jantung maupun perdarahan otak.

2.12.2 Infeksi Saluran Kemih

Penyebab yang paling lazim infeksi saluran kemih dan merupakan penyebab infeksi saluran kemih pertama kira-kira 90% wanita muda. Gejala yang ditimbulkan yaitu: sering kencing, *disuria*, *hematuria*, dan *piuria*. Kebanyakan infeksi ini disebabkan oleh *E. coli* dengan sejumlah *tipe antigen O*.

2.12.3 Sepsis

Bila pertahanan inang normal tidak mencukupi, *E. coli* dapat memasuki aliran darah dan menyebabkan sepsis. Bayi yang baru lahir dapat sangat rentan terhadap sepsis *E. coli* karena tidak memiliki *antibodi Ig M*. Sepsis dapat terjadi akibat infeksi saluran kemih.

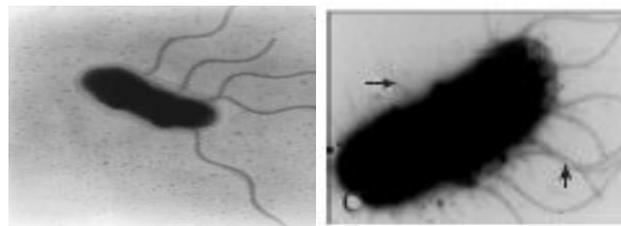
2.12.4 Meningitis

E. coli merupakan salah satu penyebab utama *meningitis* pada bayi. *E. coli* dari kasus meningitis ini mempunyai antigen. Antigen ini bereaksi silang dengan *polisakarida* sampai golongan B dari *N meningitis*.

2.13 Klasifikasi Bakteri *E. Coli*

Menurut Jawetz, *et al.*, (2012) *E. coli* diklasifikasikan sebagai berikut:

<i>Divisi</i>	:	<i>Protophyta</i>
<i>Sub Divisi</i>	:	<i>Schizomycetea</i>
<i>Kelas</i>	:	<i>Schizomycetes</i>
<i>Ordo</i>	:	<i>Eubacteriales</i>
<i>Family</i>	:	<i>Enterobacteriaceae</i>
<i>Genus</i>	:	<i>Escherichia</i>
<i>Species</i>	:	<i>Escherichia coli</i>



Gambar 2.1 *Escherichia coli* (Torres, 2010).

2.14 Uji Bakteriologis pada Air

Pada pemeriksaan bakteriologis yang rutin terhadap air untuk menentukan aman tidaknya air tersebut untuk diminum seringkali digunakan organisme indikator, Yang seringkali digunakan sebagai organisme indikator di Indonesia adalah *E. coli* Sedangkan di Inggris yang digunakan sebagai indikatornya adalah *Clostridium perfringens*, dan di USA adalah *Streptococcus faecalis*. Organisme ini pada keadaan normal terdapat pada usus manusia. Adanya organisme ini pada air sumur sebagai praunjuk bahwa air tersebut terpopulasi oleh feses manusia atau hewan berdarah panas, dan tidak mustahil terdapat berbagai macam organisme patogen yang secara berkala terdapat dalam saluran pencernaan manusia untuk masuk ke dalam air.

Dalam uji bakteriologis air minum isi ulang digunakan metode tabung

fermentasi (*Most probable number*) yang meliputi beberapa tes, diantaranya tes pendugaan (*presumptive test*), tes penegasan (*confirmed test*), dan tes kesempurnaan (*completed test*). Metode tabung fermentasi ini bersifat kualitatif, karena tidak dilakukan penghitungan secara langsung terhadap jumlah bakteri. Beberapa ciri penting dari suatu mikroorganisme indikator adalah terdapat dalam air tercemar, mempunyai kemampuan bertahan hidup yang lebih lama dan pada mikroorganisme patogen, mempunyai sifat seragam, jumlah mikroorganisme indikator berkorelasi dengan kadar polusi, tidak berbahaya bagi manusia dan hewan, terdapat dalam jumlah yang lebih banyak dari pada mikroorganisme patogen, dan mudah diteliti dengan menggunakan teknik-teknik laboratorium yang sederhana (Pelczar & Chan, 2006).

Pertumbuhan mikroorganisme yang membentuk koloni dapat dianggap bahwa setiap koloni yang tumbuh berasal dari satu sel, maka dengan menghitung jumlah koloni dapat diketahui penyebaran bakteri yang ada pada bahan. Jumlah mikroba pada suatu bahan dapat dihitung dengan berbagai macam cara, tergantung pada bahan dan jenis mikrobanya. Terdapat metode dalam mengukur pertumbuhan sel bakteri. Perhitungan sel bakteri terdiri atas dua cara, yaitu perhitungan langsung dan tidak langsung:

2.14.1 Perhitungan Langsung

a. Metode Turbidimetri

Secara rutin jumlah sel bakteri dapat dihitung dengan cara mengetahui kekeruhan (*turbiditas*) kultur. Semakin keruh suatu kultur, maka semakin banyak jumlah selnya. Prinsip dasar metode turbidimetri adalah jika cahaya mengenai sel, maka sebagian cahaya yang diserap dan sebagian cahaya diteruskan. Jumlah cahaya yang diserap proporsional (berbanding lurus) dengan jumlah sel bakteri atau jumlah cahaya yang diteruskan berbanding

terbalik dengan jumlah sel bakteri. Semakin banyak sel, semakin sedikit cahaya yang diteruskan.

b. Metode *Total Count*

Total count memerlukan mikroskop dan wadah yang diketahui volumenya. Jika setetes kultur dimasukkan ke dalam wadah (misalnya hemositometer) yang telah diketahui volumenya, maka jumlah sel dapat dihitung. Akan tetapi, cara tersebut memiliki keterbatasan, yaitu tidak dapat membedakan sel hidup dan sel mati dan tidak dapat digunakan pada jumlah sel yang sangat sedikit (kurang dari 10^6 sel/ml)

Metode yang lebih memuaskan dalam mengukur jumlah sel adalah *Electornic Total Count*. Jika medan listrik mengenai sel hidup, maka timbul kejutan listrik. Akan tetapi, jika medan sel mengenai sel mati, maka tidak timbul kejutan listrik. Semakin banyak kejutan listrik, maka semakin banyak pula jumlah sel yang hidup.

c. Metode Berat Kering

Cara yang paling cepat mengukur jumlah sel adalah metode berat kering. Metode tersebut relatif lebih mudah dilakukan, yaitu kultur disaring atau disentrifugasi, kemudian bagian yang disaring atau yang mengendap hasil sentrifugasi dikeringkan. Pada metode itu juga tidak dapat membedakan sel hidup dan sel mati. Akan tetapi, keterbatasan itu tidak mengurangi manfaat metode tersebut dalam hal mengukur efisiensi fermentasi, karena pertumbuhan diukur dengan satuan berat. Sehingga dapat diperhitungkan dengan parameter konsumsi substrat dan produksi senyawa yang diinginkan (Pratiwi, 2008).

2.14.2 Perhitungan Tidak Langsung

Metode angka lempeng total sering disebut dengan metode *total plate count* (TPC). Kultur diencerkan sampai batas yang diinginkan. Kultur encer ditumbuhkan kembali pada media, sehingga diharapkan setiap sel menjadi 1 koloni beberapa saat

berikutnya, biasanya 4-12 jam. Akan tetapi, cara ini memiliki keterbatasan, yaitu jumlah sel terhitung biasanya lebih kecil dari sebenarnya (kemungkinan besar 1 koloni dapat berasal lebih dari 2 sel) dan tidak dapat diaplikasikan pada bakteri yang tumbuh lambat. Pada metode tersebut yang perlu diperhatikan adalah jumlah sel bakteri yang harus mendekati kelipatan 10 pada setiap pengencerannya. Jika tidak maka perhitungan dianggap gagal. Misalnya cawan yang dapat dihitung jumlah selnya adalah yang mempunyai jumlah sel sekitar 2-4 untuk sampel pengenceran (10^{-x}), 20-40 untuk sampel pengenceran ($10^{-(x+1)}$), dan 200-400 untuk sampel pengenceran ($10^{-(x+2)}$) (Pratiwi, 2008). Untuk melaporkan hasil analisis mikrobiologi dengan cara hitungan cawan digunakan suatu standar yang disebut *Standar Plate Count* (SPC) sebagai berikut: Cawan yang dipilih dan dihitung adalah yang mengandung jumlah koloni antara 30-300, beberapa koloni yang bergabung menjadi satu merupakan satu kumpulan koloni yang besar dimana jumlah koloninya diragukan dapat dihitung satu koloni, satu deretan rantai koloni yang terlihat sebagai suatu garis tebal dihitung satu koloni.

Dalam SPC ditentukan cara pelaporan dan perhitungan koloni sebagai berikut: Hasil yang dilaporkan hanya terdiri dari dua angka yaitu angka pertama (satuan) dan angka kedua (desimal). Jika angka ketiga sama dengan atau lebih besar dari 5, harus dibulatkan satu angka lebih tinggi pada angka kedua. Sebagai contoh $1,7 \times 10^3$ unit koloni/ml atau $2,0 \times 10^6$ unit koloni/g. Jika pada semua pengenceran dihasilkan kurang dari 30 koloni pada cawan petri, berarti pengenceran yang dilakukan terlalu tinggi. Maka dari itu dicatat angka sebenarnya dari pengenceran terendah dan dihitung sebagai Angka Lempeng Total perkiraan. Jika pada semua pengenceran menghasilkan lebih dari 300 koloni pada cawan petri,

berarti pengenceran yang dilakukan terlalu rendah. Oleh karena itu, jumlah koloni pada pengenceran tertinggi yang dihitung. Hasilnya dilaporkan sebagai lebih dari 300 dikalikan dengan faktor pengenceran. Jika pada cawan dari dua tingkat pengenceran yang berurutan menghasilkan jumlah koloni antara 30-300 dan perbandingan antara hasil tertinggi dan terendah dari kedua pengenceran tersebut lebih kecil atau sama dengan dua maka dilaporkan rata-rata dari kedua nilai tersebut dengan memperhitungkan faktor pengenceran. Jika perbandingan hasil tertinggi dan terendah lebih besar dari dua, yang dilaporkan hanya dari hasil pengenceran terkecil. Jika digunakan dua cawan petri (*duplo*) per pengenceran, data yang diambil harus dari kedua cawan tersebut, tidak boleh diambil salah satu. Oleh karena itu, harus dipilih tingkat pengenceran yang menghasilkan kedua cawan duplo dengan koloni di antara 30-300 (Fardiaz, 2007).

Tabel 2.3 Tabel MPN 511 Menurut Formula Thomas (1942)

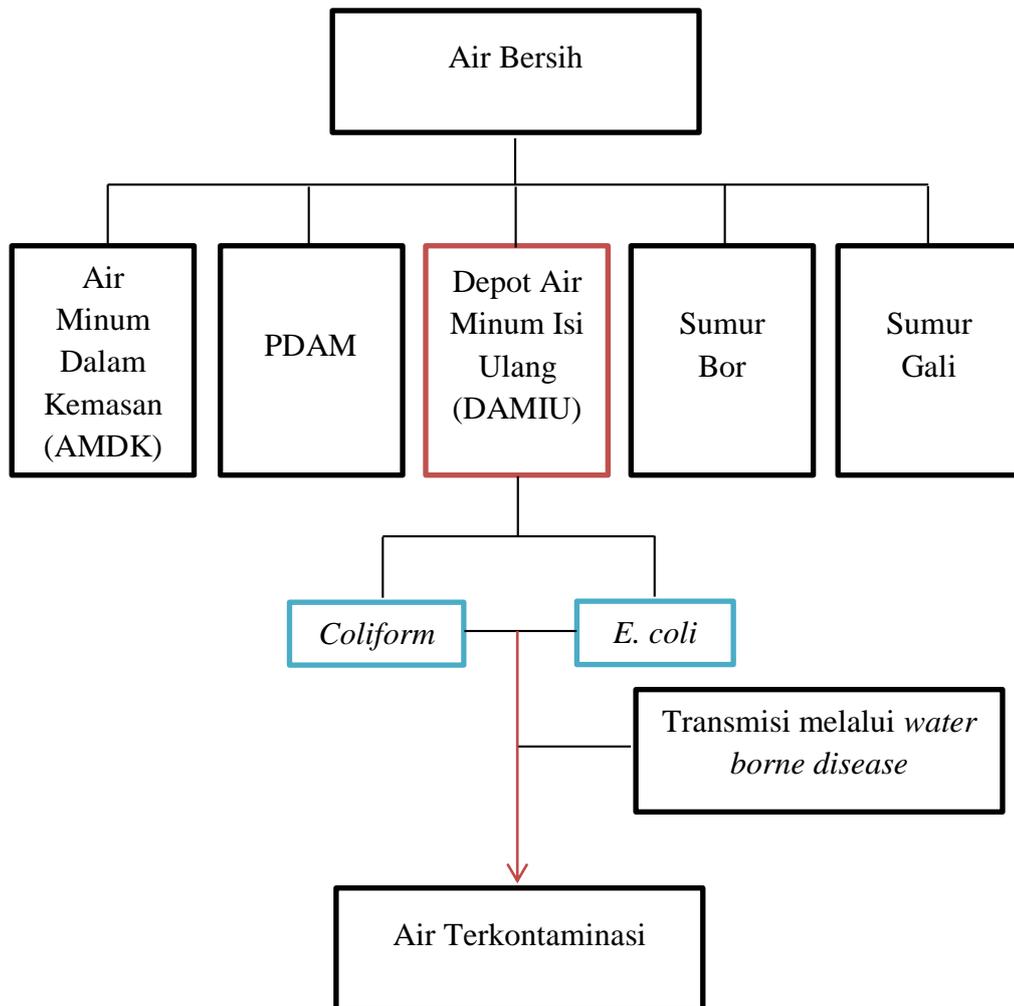
Jumlah Tabung (+) Gas Pada Penanaman			Index MPN Per 100ml
5x10ml	1x1ml	1x0,1ml	
0	0	0	0
0	0	1	2
0	1	0	2
0	1	1	4
1	0	0	2
1	0	1	4
1	1	0	4
1	1	1	7
2	0	0	5
2	0	1	8
2	1	0	8
2	1	1	10
3	0	0	9
3	0	1	13
3	1	0	12
3	1	1	16
4	0	0	17
4	0	1	21
4	1	0	22
4	1	1	27
5	0	0	67
5	0	1	84
5	1	0	265
5	1	1	≤ 979

Keterangan :

- 0 - <2 Bagus
- 0 – 50 Kurang Bagus
- 51 – 100 Buruk
- >100 Amat Buruk

2.15 Konsep Penelitian

a. Kerangka Teori Penelitian



Keterangan :

= Air yang akan diteliti

= Bakteri yang dikategorikan sebagai sumber pencemar

→ = Menyebabkan

b. Kerangka Konsep

