BAB II
KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teoritik

1. Karakteristik Air

Air menutupi 70% permukaan bumi dengan jumlah sekitar 1.368 juta Km^3 air terdapat dalam berbagai bentuk, misalnya uap air, es, cairan dan salju. Air tawar terutama terdapat di sungai, danau, air tanah, (*ground water*), dan gunung es (*glacier*). Semua badan air di daratan dihubungkan dengan laut dan atmosfer melalui siklus hidrologi yang berlangsung secara kontinyu. Air memiliki karakteristik yang khas yang tidak dimiliki oleh senyawa kimia yang lain yakni, memiliki kisaran suhu yang sesuai bagi kehidupan, yaitu 0^o (32^oF) -100^oC, air berwujud cair. Suhu 0^oC merupakan titik beku (*freezing point*) dan suhu 100^0C merupakan titik didih (*boiling point*) air.[16] Tanpa sifat tersebut, air yang terdapat di dalam jaringan tubuh makhluk hidup maupun air yang terdapat di laut, sungai, danau dan badan air yang lain akan berada dalam bentuk gas atau padatan, sehingga tidak akan ada kehidupan di muka bumi ini, karena sekitar 60% - 90% bagian sel makhluk hidup adalah air.

Perubahan suhu air yang berlangsung lambat memiliki sifat sebagai penyimpan panas yang sangat baik. Air memerlukan panas yang tinggi dalam proses penguapan. Penguapan (evaporasi) adalah proses perubahan air menjadi uap air. Proses ini memerlukan energi panas dalam jumlah besar.

[16] Hefni Effendi, *Telaah Kualitas Air*, Yogyakarta: PT Kanisius, 2003, h. 22

Sebaliknya, proses perubahan uap air menjadi cairan (kondensasi) melepaskan energi panas yang besar.[17]

Proses inilah yang merupakan salah satu penyebab mengapa pada saat berkeringat tubuh terasa sejuk dan merupakan penyebab terjadinya penyebaran panas di bumi. Selain itu air juga merupakan suatu pelarut yang baik, air mampu melarutkan berbagai jenis senyawa kimia. Air memiliki tegangan permukaan yang tinggi, suatu cairan dikatakan memiliki permukaan tegangan yang tinggi jika tekanan antar-molekul cairan tersebut tinggi. Tegangan permukaan yang tinggi menyebabkan air memiliki sifat membasahi suatu bahan secara baik *(higher wetting ability).*

Air juga merupakan satu-satunya senyawa yang merenggang ketika membeku. Pada saat membeku, air merenggang sehingga es memiliki nilai densitas (massa/volume) yang lebih rendah daripada air. Dengan demikian, es akan mengapung di air. Sifat ini mengakibatkan danau-danau di daerah yang beriklim dingin hanya membeku pada bagian permukaan (bagian di bawah permukaan masih berupa cairan), sehingga kehidupan organisme akuatik tetap berlangsung. Sifat ini juga mengakibatkan pecahnya pipa air pada saat air di dalam pipa membeku. Densitas (berat jenis) air maksimum sebesar 1 g/cm3 terjadi pada suhu $3{,}95^0$C. Pada suhu lebih besar maupun lebih kecil dari $3{,}95^0$C, densitas air lebih kecil dari satu.[18]

Air juga memiliki sifat-sifat lain sebagai benda alami yang murni, yakni bersifat cair, tidak berwarna, tembus cahaya, tidak ada rasanya, sebagai

[17] *Ibid*, h. 24

uap dapat terbang ke angkasa membeku, mengembun (kondensasi); kemudian jatuh kembali ke tanah sebagai air biasa. Selain itu, air juga tidak mempunyai bentuk kekal, tetapi selalu berubah sesuai bentuk tempat ia berada serta dapat melarutkan dan melapukkan benda-benda keras tertentu dan dapat melepaskan kembali zat yang larut didalamnya.[19]

2. Karakteristik Badan Air

Badan air dicirikan oleh tiga komponen utama, yaitu komponen hidrologi, komponen fisika-kimia, dan komponen biologi. Penilaian kualitas suatu badan air harus mencakup ketiga komponen tersebut.

a. Air Permukaan (*Surface Water*)

Air permukaan adalah air yang berada di sungai, danau, waduk, rawa, dan badan air lain, yang tidak mengalami infiltrasi ke bawah tanah. Areal tanah yang mengalirkan air ke suatu badan air disebut *watersheds* atau *drainage basins*.[20] Air yang mengalir dari daratan menuju suatu badan air disebut limpasan permukaan (*surface run off*) dan air yang mengalir di sungai menuju laut disebut aliran air sungai (*river run off*). Sekitar 69% air yang masuk ke sungai berasal dari hujan, pencairan es/salju dan sisanya berasal dari air tanah. Wilayah di sekitar daerah aliran sungai yang menjadi tangkapan air disebut *catchment basin*.

Air hujan yang jatuh ke bumi dan menjadi air permukaan memiliki kadar bahan-bahan terlarut atau unsur hara yang sangat sedikit. Air hujan

---

[18] *Ibid*, h.24

[19] Rismunandar, *Air Fungsi dan Kegunaannya Bagi Pertanian*, 1993, Bandung : Sinar Baru Algensindo.

biasanya bersifat asam, dengan nilai PH sekitar 4,2. Hal ini disebabkan air hujan melarutkan gas-gas yang terdapat di atmosfer, misalnya gas karbondioksida (CO_2), sulfur (S) dan nitrogen oksida (NO_2) yang dapat membentuk asam lemah.

Setelah jatuh ke permukaan bumi, air hujan mengalami kontak dengan tanah dan melarutkan bahan-bahan yang terkandung di dalam tanah. Perairan permukaan diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama, yaitu badan air tergenang (*standing water* atau lentik) dan badan air mengalir (*flowing water* atau lotik). Perairan tergenang meliputi danau, kolam, waduk (*reservoir*), rawa (*wetland*), dan sebagainya. Perairan tergenang (lentik), khususnya danau biasanya mengalami stratifikasi secara vertikal akibat perbedaan intensitas cahaya dan perbedaan suhu pada kolam air yang terjadi secara vertikal. Danau dicirikan dengan arus yang sangat lambat yaitu sekitar 0,001-0,01 m/detik atau tidak ada arus sama sekali. Oleh karena itu, waktu tinggal air (*residence time*) dapat berlangsung lama. Zonase (pewilayahan) perairan tergenang dibagi menjadi dua, yaitu zonase bentos dan zonase kolam air. Zonase bentos disebut juga zonase dasar yang terdiri atas supra-litoral, litoral, sub-litoral, dan profundal. Zonase kolam air atau *open water zone* terdiri atas zona limnetik, tropogenik, kompensasi, dan tropolitik.[21]

Salah satu contoh perairan mengalir adalah sungai. Sungai dicirikan oleh arus yang searah dan relatif, dengan kecepatan berkisar

[20] Hefni Effendi, *Telaah Kualitas Air,* 2003, h.30

antara 0,1-1,0 m/detik, serta sangat dipengaruhi oleh waktu, iklim, dan pola drainase. Klasifikasi perairan lentik sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya dan perbedaan suhu air, sedangkan klasifikasi perairan lotik justru dipengaruhi oleh kecepatan arus atau pergerakan air, jenis sedimen dasar, sedimentasi dan erosi.

b. Air Tanah (*Graound water*)

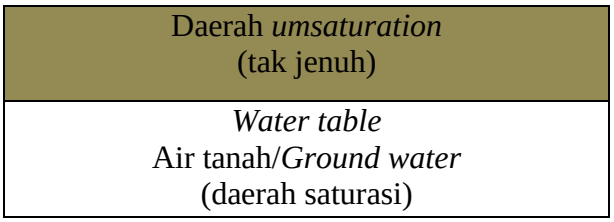
Air tanah merupakan air yang berada di bawah permukaan tanah. Air tanah ditemukan pada akifer. Pergerakannya sangat lambat, kecepatan arus berkisar 10^{-10}–10^{-3}m/detik dan dipengaruhi oleh porositas permeabilitas dari lapisan tanah dan pengisian kembali air (*recharge*). Karakteristik utama yang membedakan air tanah dari air permukaan adalah pergerakan yang sangat lambat dan waktu tinggal (*residence time*) yang sangat lama, dapat mencapai puluhan bahkan ratusan tahun. Karena pergerakan yang sangat lambat dan waktu tinggal yang lama tersebut, air tanah akan sulit untuk pulih kembali jika mengalami pencemaran. Daerah di bawah tanah yang terisi air disebut daerah saturasi (*zone of saturation*).[22] Pada daerah ini, setiap pori tanah dan batuan terisi oleh air, yang merupakan air tanah (*groundwater*). Batas atas daerah saturasi disebut *water table,* yang merupakan peralihan antara daerah saturasi yang banyak mengandung air dan daerah belum saturasi/jenuh *(unsaturated/vadose zone)* yang masih mampu menyerap air. Jadi, air

---

[21] Hefni Effendi, *Telaah Kualitas Air*, Yogyakarta: PT Kanisius, 2003, h. 30-31
[22] *Ibid*, h. 43-46

tanah berada di bawah daerah *unsaturated*, seperti tampak pada gambar berikut.

Permukaan tanah



Lapisan tanah bagian bawah

Gambar 2.1. Penampang melintang tanah dan posisi air tanah (*groundwater*) di dalam tanah (Modifikasi Miller, 1992)[23]

Pada dasarnya, air tanah dapat berasal dari air hujan (presipitasi), baik melalui proses infiltrasi secara langsung ataupun secara tidak langsung dari air sungai, danau, rawa, dan genangan air lainnya. Air yang terdapat di rawa-rawa seringkali dikategorikan sebagai peralihan antara air permukaan dan air tanah. Dinamika pergeraan air tanah pada hakikatnya terdiri atas pergerakan horizontal air tanah; infiltrasi air hujan; sungai, danau, dan rawa ke lapisan ekifer, dan menghilangnya atau keluarnya air tanah melalui *spring* (sumur), pancaran air tanah, serta aliran air tanah memasuki sungai dan tempat-tempat lain yang merupakan tempat keluarnya air tanah. Daerah yang merupakan tempat masuknya air permukaan atau air hujan ke dalam tanah untuk mengisi air tanah disebut *recharge area*, sedangkan daerah tempat keluarnya air tanah atau tempat penyadapan/pengambilan air tanah disebut *discharge area.*[24] Air tanah

[23] Hefni Effendi, *Telaah Kualitas Air*, Yogyakarta: PT Kanisius, 2003, h.45
[24] *Ibid*, h. 46

pada umumnya tergolong bersih dilihat dari segi mikrobiologis, karena sewaktu proses pengaliran akan terjadi penyaringan alamiah dan dengan demikian kebanyakan mikroba sudah tidak lagi terdapat didalamnya. Namun demikian, kadar kimia air tanah dalam ataupun yang artetis tergantung sekali dari formasi litosfir yang dilaluinya. Pada proses ini mineral-mineral yang dilaluinya dapat larut dan terbawa, sehingga mengubah kualitas air tersebut.[25] Karakteristik kualitas air tanah kadang-kadang sangat berbeda dengan kualitas air permukaan. Perbedaan tersebut sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1.Perbedaan Kualitas Air Tanah dan Air Permukaan

Parameter Kualitas Air	Air Tanah pada Sumur 1	Air Tanah pada Sumur 2	Air Permukaan pada Kolam
1. pH	5,2	7,7	6,5
2. karbondioksida (mg/liter)	39,4	3,7	3,05
3. Alkalinitas (mg/liter C_aCO_3)	3,7	89,5	16,1
4. Kesadahan total (mg/liter C_aCO_3)	3,7	75,2	15,7
5. Kesadahan Kalsium (mg/liter C_aCO_3)	1,4	62,2	5,5
6. Ortofosfat (mg/liter P)	0,004	0,004	0,006
7. Amonia total (mg/liter N-NH_3)	0,072	0,145	0,376
8. Nitrat (mg/liter N-NO_3)	0,002	0,047	0,21
9. Nitrit (mg/liter N-NO_2)	0,005	0,003	0,032
10. Besi total (mg/liter)	0,30	0,01	0,26
11. Sulfat (mg/liter)	2,0	12,0	-
12. Konduktivitas (umhos/cm)	22	220	55[26]

Pada saat infiltrasi ke dalam tanah, air permukaan mengalami kontak dengan mineral-mineral yang terdapat di dalam tanah dan

[25] Juli Soemirat Slamet, *Kesehatan Lingkungan*, Jakarta: Gadjah Mada Universiti Press, 2009, h.82

[26] Hefni Effendi, *Telaah Kualitas Air,* 2003, h. 47

melarutkannya, sehingga kualitas air mengalami perubahan karena terjadi reaksi kimia.[27]

3. Peranan Air

Air adalah nutrisi paling penting dalam kehidupan, komposisi air dalam tubuh manusia mencapai 80%, setiap sel dalam tubuh manusia membutuhkan air untuk hidup sehat, manusia kehilangan sekitar 3 liter air setiap harinya lewat pembuangan urine, keringat dan uap air. Kebutuhan air bervariasi setiap individu, tergantung pada kondisi subjek yang bersangkutan, jumlah latihan fisik, serta pada suhu lingkugan dan kelembaban.[28] Air terdapat di seluruh badan; di tulang terdapat air sebanyak 22% berat tulang, di darah dan ginjal sebanyak 83%. Pentingnya air bagi kesehatan dapat dilihat dari jumlah air yang ada di dalam organ, seperti 80% dari darah terdiri atas air, 25% dari tulang, 75% dari urat syaraf, 80% dari ginjal, 70% dari hati, 75% dari otot adalah air. Kehilangan air untuk 15% dari berat badan dapat mengakibatkan kematian. Karenanya orang dewasa perlu minum minimum 1,5-2 liter air sehari. Kekurangan air ini menyebabkan banyaknya penyakit batu ginjal dan kandung kemih di daerah tropis seperti di Indonesia, karena terjadinya kristalisasi unsur-unsur yang ada di dalam cairan tubuh.[29]Air sangat penting untuk pertumbuhan dan pemeliharaan tubuh karena terlibat dalam sejumlah proses biologis. Karena itulah, air memegang peranan yang sangat

---

[27] *Ibid*, h. 47

[28] Meta Fauziah, *Sehat Dengan Air Putih*, Surabaya: Stomata, 2011, h.13

[29] Juli Soemirat Slamet, *Kesehatan Lingkungan*, Jakarta: Gadjah Mada Universiti Press, 2009, h. 85

penting dan tidak tergantikan untuk menjamin kelancaran proses metabolisme di dalam tubuh.[30]

Berbagai elemen penting yang terdapat dalam air minum diantaranya berperan dalam proses metabolisme seperti natrium, kalium dan klorida adalah bahan kimia yang umum ditemukan dalam jumlah kecil di perairan, dan unsur-unsur tersebut memainkan peran dalam proses metabolisme tubuh. Untuk mempertahankan tingkat air dalam tubuh manusia memiliki dua sistem regulasi, yaitu rasa haus, yang berakhir dengan masukan yang lebih besar dari air, serta ginjal. Ginjal dapat mengirimkan air dalam jumlah besar atau hanya setengah liter perhari, tergantung pada asupan minuman. Untuk mengetahui apakah asupan air cukup, dapat diketahui dengan memperhatikan warna urin. Bila didapatkan urine berwarna kuning gelap kecoklatan menunjukkan asupan air yang tidak kuat, sedangkan asupan air yang cukup akan dicirikan dengan urin yang berwarna kuning jernih.[31]

Air juga mempunyai multifungsi dalam tubuh manusia, diantaranya adalah sebagai sarana angkutan dari hasil pencernaan makanan dalam bentuk gula tunggal (*dextrose/glukosa*), asam amino, zat mineral dan vitamin ke jaringan-jaringan untuk kemudian disimpan didalamnya. Air juga sebagai alat pengangkut sisa-sisa pencernaan dalam sel-sel ke terminal penampungan sisa-sisa seperti ginjal, paru-paru, dan hati serta keluar sebagai air kencing.[32]

---

[30] Meta Fauziah, *Sehat Dengan Air Putih*, Surabaya: Stomata, 2011, h.13-14
[31] *Ibid*, h. 16
[32] Rismunandar, *Air Fungsi dan Kegunaannya bagi Pertanian*, Bandung: Sinar Baru Algensindo, 1993, h. 10

Air sebagai sarana pelarut/pengangkut hormon-hormon yang dihasilkan oleh kelenjar-kelenjar dan enzim-enzim serta sarana pengangkut kelebihan panas dari bagian badan yang bekerja keras, ke permukaan kulit dan keluar sebagai keringat. Dengan demikian, suhu badan dapat dipertahankan tetap pada suhu 37^0C.[33]

Air juga berpartisipasi langsung dalam dua hal pokok, yaitu sebagai pelaku dalam reaksi-reaksi hidrolisis dan kedua sebagai donor elektron dalam reaksi oksidasi reduksi, perubahan polimer menjadi monomer atau sebaliknya yaitu sintesis polimer dari monomer pun selalu akan melibatkan air. Donor elektron dapat ditunjukkan dengan jelas pada saat reaksi terang fotosintesis. Pada saat klorofil menyerap cahaya maka klorofil akan melepaskan elektronnya. Elektron yang lepas itu harus diganti, oleh karena itu pada waktu yang bersamaan juga terjadi fotolisis terhadap molekul air. Hasilnya adalah ion H^+ dan ion OH^-. Ion OH^- selanjutnya akan diubah menjadi O_2 dengan adanya kofaktor Mn^{2+} dan CL^- dengan membebaskan elektron yang selanjutnya digunakan untuk mengganti elektron yang terlepas pada waktu klorofil menyerap cahaya tadi. Selanjutnya air juga memiliki peranan memelihara struktur membran sel.[34]

Molekul amfifatik yang dimiliki oleh fosfolipid akan berinteraksi membentuk struktur dwilapis dan hal tersebut dapat terjadi apabila ada air,

[33] *Ibid*, h. 11
[34] Sumadi dan Marianti Aditya, *Biologi Sel*, Yogyakarta: Graha Ilmu, h.21

sehingga kebutuhan akan air sangatlah mutlak dibutuhkan oleh sel, baik sebagai lingkungan internal maupun eksternal.[35]

4. Jenis-jenis Air Minum

a. Pengertian Air Minum

Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor : 907/MENKES/SK/VII/2002 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum, antara lain disebutkan bahwa air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum.

Pengertian air minum juga dapat dilihat dalam Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan Republik Indonesia Nomor : 651/MPP/Kep/10/2004 yaitu tentang persyaratan teknis depot air minum dan perdagangannya. Keputusan tersebut dinyatakan bahwa air minum adalah air baku yang telah diproses dan aman untuk diminum. Kedua pengertian tersebut dapat diartikan bahwa air minum adalah air yang dapat langsung diminum tanpa membahayakan gangguan bagi orang yang meminumnya.[36]

b. Jenis-jenis Air Minum

Jenis air minum menurut Keputusan Mentri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum adalah :

---

[35] *Ibid*, h. 22

[36] Hartini Sulistyandari, *Faktor – Faktor yang Berhubungan dengan Kontaminasi Detergen Pada Air Minum Isi Ulang di Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) di Kabupaten Kendal*, Tesis, 2009, (dalam bentuk pdf, diunduh pada 16-06-2013)

1. Air yang didistribusikan melalui pipa untuk keperluan rumah tangga.
2. Air yang didistribusikan melalui tangki air.
3. Air dalam kemasan.
4. Air yang digunakan untuk produksi bahan makanan dan minuman, dan
5. Air yang disajikan kepada masyarakat.[37]

5. Air Minum Isi Ulang

Selanjutnya, menurut Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan Republik Indonesia Nomor:651/MPP/Kep/10/2004 tentang persyaratan teknis depot air minum dan perdagangannya, disebutkan bahwa : depot air minum adalah usaha industri yang melakukan proses pengolahan air baku dan menjual langsung kepada konsumen.[38]

6. Standarisasi Kualitas Air Minum

Kualitas air adalah karakteristik mutu yang dibutuhkan untuk pemanfaatan tertentu dari sumber-sumber air. Kriteria mutu air merupakan satu dasar baku mutu air, di samping faktor-faktor lain. Baku mutu air adalah persyaratan mutu air yang disiapkan oleh suatu negara atau daerah yang bersangkutan. Air minum yang ideal seharusnya jernih, tidak berwarna, tidak berasa dan berbau. Selain itu, air minum seharusnya tidak mengandung kuman patogen dan segala makhluk yang membahayakan kesehatan manusia, tidak mengandung zat kimia yang dapat mengubah fungsi tubuh, dapat diterima

[37] Hartini Sulistyandari, *Faktor – faktor yang Berhubungan dengan Kontaminasi Detergen pada Air Minum Isi Ulang di Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) di Kabupaten Kendal*, Tesis, 2009, (dalam bentuk pdf, diunduh pada 16-06-2013)

[38] *Ibid*, h.

secara estetis, serta tidak dapat merugikan secara ekonomis, air itu seharusnya tidak korosif, tidak meninggalkan endapan pada seluruh jaringan distribusinya. Pada hakekatnya tujuan ini dibuat untuk mencegah penyakit bawaan air.[39]

a. Parameter Alami

Di bidang mikrobiologi air, beberapa jasad tertentu khususnya bakteri dan mikroalga, kehadirannya dapat digunakan jasad parameter/indikator alami terhadap kehadiran pencemar organik, misalnya bakteri *Spaerotilus*, kehadirannya dapat menjadi petunjuk terhadap kandungan senyawa organik tinggi di dalam badan air, juga mikroalga *Anabaena* dan *Microcytis* dapat menjadi petunjuk untuk kehadiran senyawa fosfat tinggi di dalam badan air, sedang mikroalga kersik (Diatom) lebih cenderung menjadi petunjuk terhadap kehadiran senyawa kimia yang bersifat toksik yang terdapat di dalam badan air.[40] Kehadiran materi fekal (dari tinja) di dalam air dapat diketahui dengan adanya kelompok bakteri coli. Di bidang mikrobiologi, kehadiran bakteri tersebut merupakan parameter alami dan dapat diketahui berdasarkan tes tertentu dengan penghitungan tabel JPT (Jumlah Perkiraan Terdekat).

Kehadiran materi fekal di dalam air minum misalnya, sangat tidak diharapkan, baik ditinjau dari segi estetika, sanitasi, maupun terjadinya infeksi yang berbahaya. Jika di dalam 100 ml contoh air didapatkan 500 sel bakteri

---

[39] Iin Wahyuni Latif, *Studi Kualitas Air Minum Isi Ulang di Tinjau dari Proses Ozonisasi, Ultraviolet dan Reversed Osmosis di Kecamatan Kota Tengah dan Kecamatan Kota Selatan Kota Gorontalo*, Jurnal Ilmu-Ilmu Kesehatan Gorontalo Volume 5 Nonor 2, ISSN.1692-6515, 2007, (dalam bentuk pdf diakses pada 14-11- 2012)

[40] Unus Suriawiria, *Mikrobiologi Air dan Dasar-dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis*, Bandung: Alumni, 2008, h.86

coli kemungkinan terjadinya *gastroenteritis* yang segera diikuti oleh demam tifus. *Escherichia coli* sebagai salah satu contoh jenis coli, pada keadaan tertentu dapat mengalahkan mekanisme pertahanan tubuh, sehingga dapat tinggal di dalam blader *(cystitis)* dan pelvis *(pyelitis)* ginjal dan hati. Bakteri tersebut dapat menyebabkan diare, *septimia, peritonitis, meningitis* dan infeksi-infeksi lainya.

Sejumlah tinja yang setiap hari dihasilkan oleh manusia antara 100-150 gram, ternyata didalamnya terkandung sekitar 3x 10^{11} (atau 300 milyar) sel bakteri coli, sehingga kehadiran bakteri coli di dalam badan air dipararelkan dengan telah terjadinya kontaminasi fekal, yaitu lebih tinggi kandungan bakteri coli, lebih kotor dan tidak memenuhi syarat keadaan air tersebut untuk kepentingan manusia, khususnya air minum.[41]

b. Parameter Mikrobiologis

Kualitas air secara mikrobiologi, ditentukan oleh banyak parameter, yaitu mikroba pencemar, patogen dan penghasil toksin. Misalnya kehadiran mikroba, khususnya bakteri pencemar tinja *(Escherichia coli)* di dalam air, sangat tidak diharapkan apalagi kalau air tersebut untuk kepentingan hidup manusia (rumah tangga). Untuk air minum misalnya, bakteri *coli* harus kurang dari satu atau tidak ada sama sekali, kalau kualitas air tersebut termasuk yang betul-betul memenuhi syarat. Banyak bakteri patogen (penyebab penyakit) yang berkembang dan menyebar melalui badan air, misalnya penyebab penyakit tifus/paratifus *(Salmonella),* disentri *(Shigella),* kolera *(Vibrio),* dan

[41] *Ibid*, h. 86-87

difteri *(Corynebacterium).* Selain itu, banya bakteri penghasil toksin yang berkembang dan menyebar melalui air, baik yang hidup secara anaerobik maupun yang hidup secara aerobik.[42]

Bakteri *Coliform*

Bakteri *Coliform* dapat dibedakan atas 2 kelompok, yaitu *Coliform fecal*, misalnya *Escherichia coli,* dan *Coliform non-fecal*, misalnya *Escherichia aeroginosa*. *E. coli* yang merupakan bakteri yang berasal dari kotoran hewan maupun manusia, sedangkan *E. aeroginosa* biasanya ditemukan pada hewan dan tanaman yang telah mati.[43]

Bakteri *Escherichia coli*

Escherichia coli adalah bakteri *fakultatively anaerobic gram-negative* berbentuk batang yang termasuk dalam famili *Enterobacteriaceae*, sesungguhnya merupakan penghuni normal usus, selain berkembang biak di lingkungan sekitar manusia.[44] *Escherichia coli* merupakan bakteri yang tidak berkapsul, umumnya mempunyai fibria dan bersifat motile. Sel *Escherichia coli* mempunyai ukuran panjang 2,0-6,0 µm dan lebar 1,1-1,5 µm. Bakteri ini tumbuh pada suhu antara 10-40^{0}C, dengan suhu optimum 37^{0}C. pH optimum untuk pertumbuhannya adalah pada 7,0-7,5, pH minimum pada 4,0 dan maksimum pada pH 9,0. *Escherichia coli* mampu meragi laktosa dengan cepat, sehingga pada *Mac Concey Agar* (MCA) dan EMB membentuk koloni merah muda sampai tua dengan kilat logam yang spesifik dan permukaan

[42] Unus Suriawiria, *Air Dalam Kehidupan dan Lingkungan Yang Sehat,* Bandung: Alumni, 2005, h. 85

[43] Imam Supardi dan Sukamto, *Mikrobiologi Dalam Pengolahan dan Keamanan Pangan,* Bandung: Alumni, 1999, h. 66

halus. Bakteri *Escherichia coli* juga dapat menggunakan asetat sebagai sumber karbon, tetapi tidak dapat menggunakan sitrat.[45]

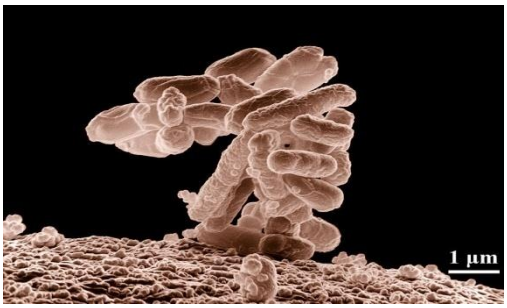
Escherichia coli umumnya merupakan flora normal saluran pencernaan manusia dan hewan. Sejak 1940 di Amerika Serikat telah ditemukan starin-strain *Escherichia coli* yang tidak merupakan flora normal saluran pencernaan. Strain tersebut dapat menyebabkan diare pada bayi. Serotipe dari *E.coli* yang dapat menyebabkan diare pada manusia disebut *E. Coli* enteropatogenik (EEC, EPEC atau EPEK). Berdasarkan sifat patogenik dan produksi toksinnya, starin enteropatogenik *E.coli* (EPEK) dapat dibedakan menjadi 2 golongan, yaitu golongan I yang terdiri dari strain yang bersifat patogeni, tetapi tidak dapat memproduksi toksin; dan golongan kedua yang terdiri dari strain yang memproduksi enterotoksin, dan menyebabkan gejala enterotoksigenik, menyerupai gejala penyakit kolera yang disebabkan oleh *Virrio cholerae.* Strain yang termasuk golongan kedua ini disebut *E. coli enterotoksigenik* (ETEK, atau ETEK), dan merupakan bakteri penyebab diare yang banyak menyerang bayi (anak-anak di bawah 2 tahun). [46]

Namun pada perkembangannya sejauh ini ada empat kelas *Escherichia coli* yang bersifat enterovirulen, yaitu enteropatogenik (EPEC), *Escherichia coli* enterotoksigenik (ETEC), *Escherichia coli* enteroinvasif (EIEC), dan *Escherichia coli* enterohemoragik (EHEC). EPEC menyebabkan diare yang parah pada bayi, ETEC menghasilkan dua jenis toksin yang bersifat stabil dan agak labil terhadap panas dan menyebabkan diare pada anak

[44] Arisman, *Keracunan Makanan,* Jakarta : EGC, 2009, h. 93

serta bayi, yaitu penyakit yang mirip dengan kolera. EIEC menginfasi dan berproliferasi di dalam sel epitel mukosa, sehingga tidak jarang menimbulkan *colonic ephitelial cell deat*. *Escherichia coli* enterohemoragik (EHEC) mampu mengeluarkan *shigalike toxins*, yang menyebabkan dua macam sindrom, yaitu *hemoragik colitis* dan HUS. Toksin ini pula yang bertanggung jawab terhadap gejala sisa sistemik akibat penyakit ini.[47]

Bakteri *E. coli* dapat berubah menjadi oportunis patogen bila hidup di luar usus, misalnya pada infeksi saluran kemih, infeksi luka dan mastitis. *Escherichia coli* dalam jumlah yang banyak bersama-sama tinja, akan mencemari lingkungan.[48]



Gambar 2.2 ***Escherichia coli***[49]

c. Parameter Fisik

Syarat air minum dilihat dari segi fisik dapat ditinjau dari beberapa segi meliputi warna, rasa dan aroma/bau, air minum yang berbau selain tidak estetis juga tidak akan disukai oleh masyarakat. Bau air dapat memberi

---

[45] *Ibid*, h. 184
[46] *Ibid*, h. 182
[47] Arisman, *Keracunan Makanan*, Buku Kedokteran: EGC, h. 95
[48] Imam Supardi dan Sukamto, *Mikrobiologi dalam Pengolahan dan Keamanan Pangan*, Bandung: Alumni, 1999, h. 185
[49] Http://En.Wikipedia.Org/Wiki/File:E Coli At 10000x, Original. Jpg (diakses tanggal 04 Desember 2013 Pukul 06:57 WIB).

petunjuk akan kualitas air. Misalnya, bau amis dapat disebabkan oleh *algae* serta oleh adanya gas seperti H_2S yang terbentuk dalam kondisi anaerobik dan oleh adanya senyawa-senyawa organik tertentu. Berdasarkan segi estetika, air yang berbau dan mempunyai rasa sangat tidak menyenangkan untuk diminum. Bau dan rasa dalam air juga dapat menunjukkan kemungkinan adanya organisme penghasil bau dan rasa yang tidak enak serta adanya senyawa-senyawa asing yang menggangu kesehatan.[50]

Selain itu, parameter-parameter fisik yang biasa digunakan untuk menentukan kualitas air meliputi cahaya, suhu, kecerahan dan kekeruhan, warna, konduktivitas, padatan total, padatan terlarut, padatan tersuspensi dan salinitas.[51]Berdasarkan segi estetika, kekeruhan dalam air dihubungkan dengan kemungkinan pencemaran oleh air buangan. Air yang mengandung kekeruhan tinggi akan sukar disaring dan mengakibatkan biaya pengolahan menjadi lebih tinggi. Selain itu, kekeruhan air juga menyebabkan hambatan bagi proses desinfekasi. Oleh karena itu, kekeruhan air harus dihilangkan dari air yang akan dipergunakan untuk air minum. Dilihat dari sifat pengendapannya, bahan-bahan yang mengakibatkan kekeruhan air dapat dibedakan dalam dua jenis, yaitu bahan-bahan yang mudah diendapkan *(settleable)* dan bahan-bahan yang sukar mengendap *(koloidal).*[52]

---

[50] Juli Soemirat Slamet, *Kesehatan Lingkungan*, Jakarta: Gadjah Mada University Press, 2009, h. 111.

[51] Hefni Effendi, *Telaah Kualitas Air*, Yogyakarta: PT Kanisius, 2003,h. 50.

[52] Unus Suriawiria, *Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis*, Bandung: Alumni, 2008, h.90.

d. Parameter Kimiawi

Kualitas air secara kimia meliputi nilai pH, kandungan senyawa kimia di dalam air, kandungan residu atau sisa, misalnya residu pestisida, deterjen, kandungan senyawa toksik/racun.[53] Adanya masalah-masalah seperti senyawa kimia yang beracun, perubahan rupa, warna, dan rasa air, serta reaksi-reaksi yang tidak diharapkan menyebabkan diadakan standarisasi kualitas kimia air minum. Standar kualitas air memberikan batas konsentrasi maksimum yang dianjurkan dan yang diperkenankan bagi berbagai parameter kimia. Pembatasan pH dilakukan karena akan mempengaruhi rasa, korosifitas air dan efesiensi klorinasi. Beberapa senyawa asam dan basa lebih toksik dalam bentuk molekular, dimana dissosiasi senyawa-senyawa tersebut dipengaruhi oleh pH.[54]

7. Pengolahan Air Minum isi Ulang

Untuk mendapatkan air minum dengan kualitas tinggi perlu dilakukan pengolahan dan pemurnian untuk mencapai kualitas yang diinginkan. Proses pengolahan air minum tergantung dari kualitas air baku dan peralatan yang dilakukan. Pada prinsipnya, pengolahan air minum isi ulang pada setiap produsen adalah sama yaitu untuk menghilangkan bau, warna, rasa, bahan kimia berbahaya serta menghilangkan mikroorganisme.[55] Proses pengolahan

---

[53] Unus Suriawiria, *Air Dalam Kehidupandan Lingkungan Yang Sehat*, Bandung: Alumni, 2005, h. 84.

[54] Unus Suriawiria, *Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis*, h.9.

[55] Hartini Sulistyandari, *Faktor – faktor yang Berhubungan dengan Kontaminasi Detergen pada Air Minum Isi Ulang di Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) di Kabupaten Kendal,Tesis*, 2009, (dalam bentuk pdf, diunduh pada 16-06-2013).

air minum isi ulang, yaitu pengambilan sumber air, filtrasi (penyaringan), klorinasi, penyimpanan dan distribusi.

a. Pengambilan Sumber Air

Bahan baku utama adalah air yang diperoleh dari air tanah dengan kedalaman sekitar 54 meter atau mata air pegunungan. Air tanah dipompa dengan pompa jet atau dialirkan (air pegunungan) melalui sebuah pipa pompa ke dalam tangki penampungan untuk diolah lebih lanjut.[56]

b. Filtrasi (Penyaringan)

Filtrasi (penyaringan) sangat penting dilakukan karena dapat mengurangi jumlah bakteri sampai sekitar 98-99% dalam air yang dihasilkan. Proses filtrasi dapat dilakukan melalui *slow sand filter* (filter biologis) dan *rapid sand filter* (filter mekanis).

c. Klorinasi (*Chlorination*)

Klorinasi adalah proses pemberian klorin ke dalam air yang telah menjalani proses filtrasi. Senyawa klor yang umum digunakan dalam proses klorinasi antara lain gas klorin, senyawa hipoklorit, klor dioksida, bromine klorida, dihidroisosianurate dan kloramin.

d. Penyimpanan

Setelah disaring, air disimpan dalam reservoar yang besar untuk mencegah adanya kuman patogen yang masih hidup dalam air, maka air akan didesinfeksi sebelum didistribusikan.[57]

e. Distribusi

Air minum isi ulang yang telah diolah ditampung dalam tangki dan selanjutnya dikemas. Adapun tahap-tahap dalam pengemasan air minum adalah pencucian kemasan, pengisian dan penutupan botol dan gelas, pengisian kemasan galon dan pengisian kemasan dirigen.[58] Air yang sudah jernih dan aman akan dialirkan melalui pipa-pipa.[59]

Secara keseluruhan, pengolahan air minum isi ulang dijelaskan pada Gambar 2.3 berikut:

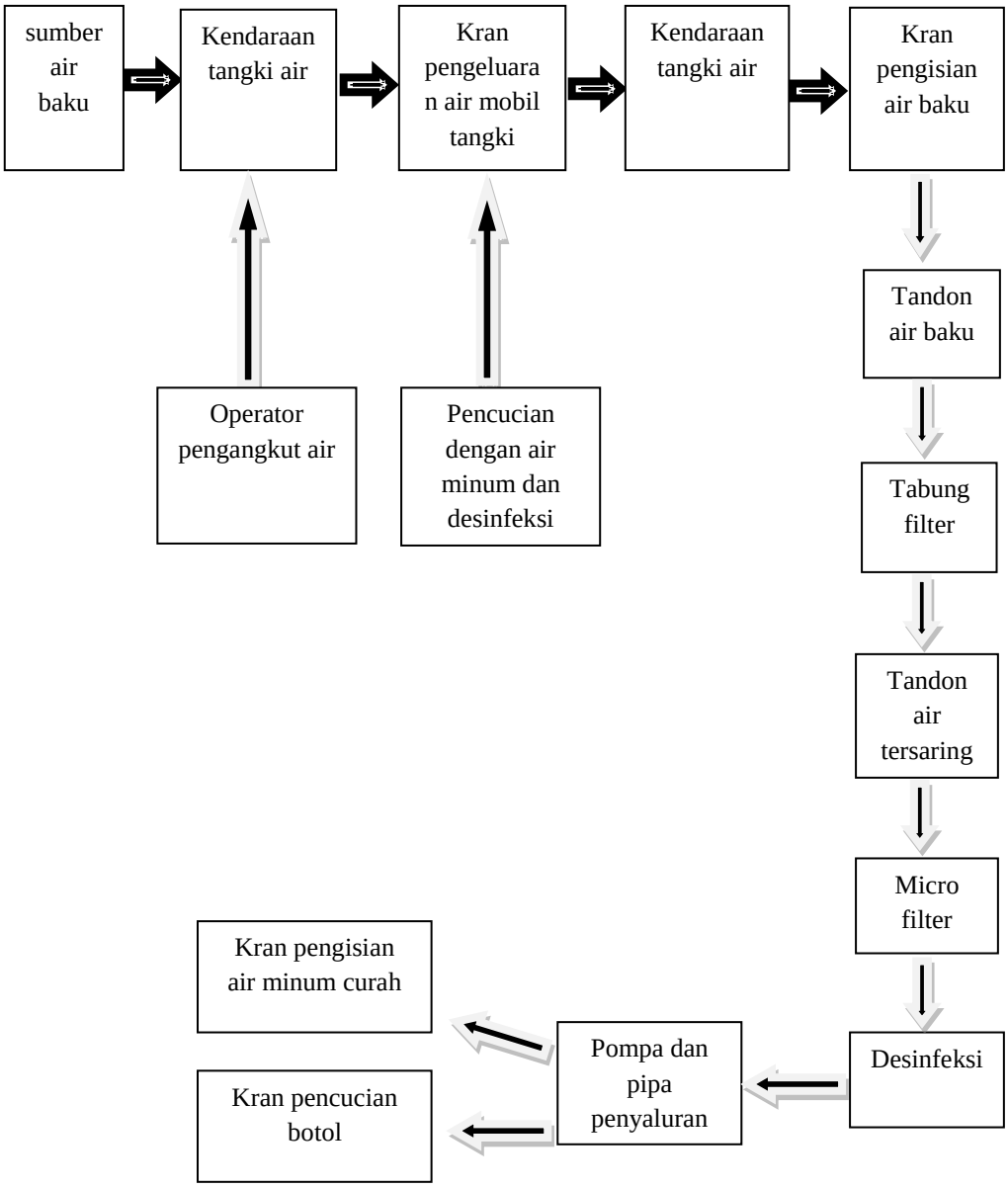
---

[56] Arif Sumantri, *Kesehatan Lingkungan dan Persfektif Islam,* Jakarta : Kencana, 2010

[57] *Ibid*, h. 34

[58] Hartini Sulistyandari, *Faktor – faktor yang Berhubungan dengan Kontaminasi Detergen pada Air Minum Isi Ulang di Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) di Kabupaten Kendal, Tesis,* 2009,(dalam bentuk pdf, diunduh pada 16-06-2013).

[59] *Ibid*, h. 35



Gambar 2.3. Proses Pengolahan Air Minum Isi Ulang[60]

8. Proses Desinfeksi Pada Sistem Air Minum Isi Ulang

Desinfeksi air minum adalah upaya untuk menghilangkan atau membunuh bakteri di dalam air minum. Pada depot air minum dikenal 2 (dua) cara desinfeksi, yaitu:

a. Ozon

1) Pengertian Ozon

Ozon adalah gas beracun dalam keadaan padat berwarna biru hitam, bila dicairkan akan berwarna biru tua dan bila dididihkan akan menjadi biru yang akhirnya terbentuk gas yang tidak stabil. Ozon atau O_3, mudah larut dalam air dan mudah terdekomposisi menjadi O_2 pada temperatur dan pH tinggi, karena sifat ini maka ozon harus disiapkan sesaat sebelum digunakan.[61]

2) Sifat dan Kemampuan Ozon

Ozon merupakan oksidator kuat yang bereaksi cepat dengan hampir semua zat organik, kecuali bagi ion chlorida, karena tidak bereaksi dengan ozon dan amonia yang sedikit bereaksi dengan ozon. Sifat ozon yang bereaksi dengan cepat menyebabkan peristensinya di dalam air hanya sebentar saja. Dengan demikian, desinfektan ini kurang efektif bila ditujukan untuk menjaga kualitas air yang terkontaminasi di jaringan distribusi. Waktu paruh atau *half life* hanya 20 menit tanpa residen. Ozon juga mampu menguraikan komponen organik termasuk asam humus. Ozon

---

[60] Yovita Salysa Aula, *Efektifitas Biofiltrasi Pada Proses Penyaringan Air Minum Isi Ulang Sebagai Pencegahan Penyebaran Bakteri Patogen Di Salah Satu DAMIU Pancoran Mas*, Depok, Tahun 2012, Skripsi, h. 28

pun bersifat bakterisida, virusida, algasida serta mengubah senyawa organik komplek menjadi senyawa yang sederhana.[62]

Ozon dapat dibuat di dalam alat yang dinamakan *ozoniser*. *Ozoniser* adalah suatu unit alat yang menghasilkan arus listrik 5.000-20.000 v dan 50-500 Hz, mengubah O_2 yang bersih dan kering menjadi ozon (O_3). Cara pembuatan ozon tersebut dapat dilakukan dengan melewatkan udara kering yang telah difilter melalui tabung-tabung atau dilewatkan di antara lempengan tegangan listrik yang tinggi.

b. Sinar Ultraviolet

1) Pengertian Sinar Ultraviolet

Ultraviolet adalah gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang antara 100-400 nm (1 nm = 0,0000001 mm). Panjang gelombang ini menempatkan ultraviolet di luar spektrum cahaya yang dapat terlihat oleh mata. Sinar ultraviolet dibagi menjadi 4 (empat) spektrum, yaitu:

(1) UV, sinar ultraviolet yang tidak dapat melewati armosfir bumi.

(2) UV-A, berada di antara panjang gelombang 200-290 nm memiliki tingkat daya bunuh paling tinggi terhadap bakteri, protozoa maupun virus.

(3) UV-B, berada di antara panjang gelombang 290-300 nm.

---

[61] *Ibid*, h. 65

[62]Hartini Sulistyandari, *Faktor – faktor yang Berhubungan dengan Kontaminasi Detergen pada Air Minum Isi Ulang di Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) di Kabupaten Kendal*,*Tesis*, (dalam bentuk pdf, diunduh pada 16-06-2013), 2009, h. 58

(4) UV-C, berada di antara panjang gelombang 300-400 nm.[63]

2) Desinfeksi dengan UV

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. Secara alamiah, sinar ultraviolet juga terdapat pada lapisan troposfer, tetapi tidak dalam jumlah yang besar. Apabila sinar ultraviolet tersebut dalam jumlah sedikit akan berguna bagi tubuh manusia dalam pembentukan vitamin D. Desinfeksi dengan menggunakan sinar UV mempunyai kelebihan dibandingkan dengan ozon dan chlorin. Kelebihannya antara lain tanpa bahan kimia, tanpa rasa atau bau yang mengganggu, dan sangat efektif dalam membunuh sebagian besar bakteri patogen. Selain itu, desinfeksi dengan sinar UV juga tidak mengeluarkan produk sampingan yang bisa membahayakan, tidak tergantung pada pH dan mudah dalam menggunakannnya serta dapat menentukan dosis dengan tepat.[64]

3) Mekanisme Desinfeksi UV

Sinar ultraviolet dengan panjang gelombang 253,7 nm mampu menembus dinding sel mikroorganisme, sehingga dapat merusak *Deoxyribonuclead Acid* (DNA) dan *Ribonuclead Acid* (RNA) yang bisa menghambat pertumbuhan sel baru dan dapat menyebabkan kematian

[63] Hartini Sulistyandari, *Faktor – faktor yang Berhubungan dengan Kontaminasi Detergen Pada Air Minum Isi Ulang di Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) di Kabupaten Kendal*, Tesis, (dalam bentuk pdf, diunduh pada 16-06-2013), 2009, h. 59

[64] *Ibid*, h. 60-61.

bakteri. Air yang dilewati sinar ultraviolet harus jernih. Air yang mengandung *suspendid solid* akan mempengaruhi transmisi dan penyerapan sinar ultraviolet, sehingga dapat melindungi bakteri, terutama bakteri dengan ukuran yang lebih kecil dari partikel *suspendid solid.*

4) Faktor yang Mempengaruhi Daya Kerja UV

Faktor-faktor yang mempengauhi daya kerja sinar ultraviolet pada pengolahan air minum adalah air yang keruh yang akan menghalangi penyinaran sinar UV, kontaminasi padatan, jarak antara lampu dengan permukaan air dan temperatur serta jenis organisme.[65]

5) Lama Penyinaran UV

Sumber sinar ultraviolet berasal dari lampu *mercury* bertekanan rendah yang berfungsi sebagai pusat energi listrik ultraviolet. 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 (0,75-1,5 m) dengan diameter 0,6-0,8 inci (15-20 nm). Lamanya penyinaran atau kontak sinar ultraviolet tersebut merupakan faktor penting dalam desinfeksi air minum. Semakin lama kontaknya, maka akan semakin banyak bakteri yang terbunuh.[66]

[65] *Ibid,* h. 62

B. Kerangka Konseptual

Sebagian besar air yang ada di bumi digunakan oleh manusia untuk keperluan konsumsi, mandi dan mencuci. Berbagai upaya yang dilakukan oleh manusia untuk dapat memenuhi kebutuhan air bersih baik pengelolaan sumber daya air yang tersedia, pemurnian ataupun pengolahan air menjadi sumber air bersih yang layak konsumsi sampai pada pengolahan kembali air yang tercemar menjadi air yang bersih.[67]

Secara alaminya air tanah adalah air yang berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi yang kemudian mengalami penyerapan ke dalam tanah dan mengalami proses filtrasi secara ilmiah, sehingga membuat air tanah menjadi lebih baik dan lebih murni dibandingkan air permukaan.[68]

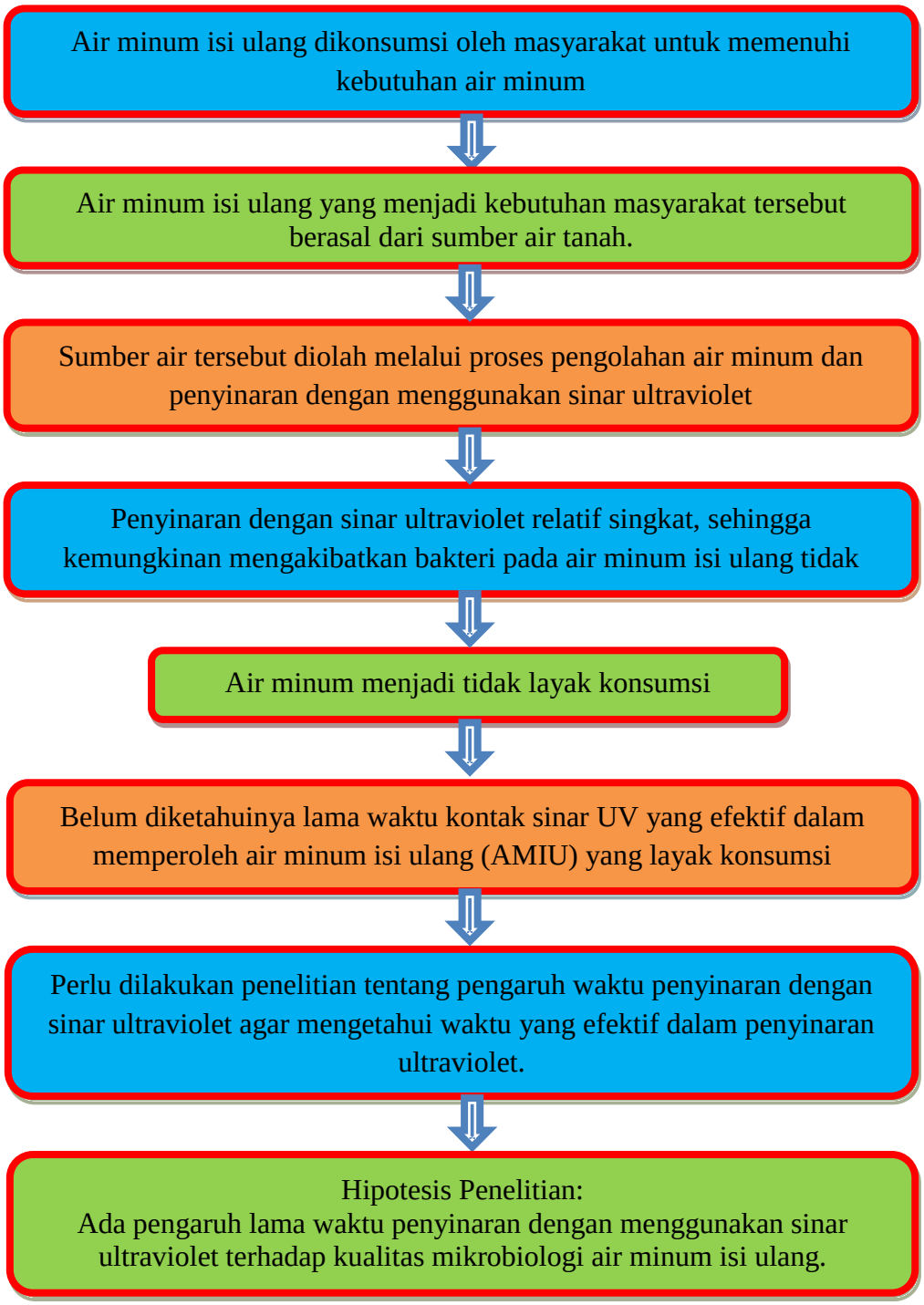
Secara keseluruhan, sampel yang digunakan adalah dari bahan baku air tanah yang selanjutnya dilakukan penyinaran dengan Ultraviolet untuk mengetahui waktu yang efektif digunakan dalam penyinaran air minum isi ulang. Selain itu, persediaan air tanah cukup tersedia sepanjang tahun walaupun musim kemarau.

---

[66] *Ibid*, h. 63

[67] Dwidjoseputro, *Dasar-Dasar Mikrobiologi*, Jakarta: Djambatan, 2005, h.187

[68] Arif Sumantri, *Kesehatan Lingkungan dan Persfektif Islam*, Jakarta: Kencana. 2010, h. 29



Gambar 2.4 Kerangka Konseptual Penelitian