

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Air Minum

Peraturan Pemerintah No. 20 tahun 1990 mengelompokkan kualitas air menjadi beberapa golongan menurut peruntukannya, antara lain :

1. Golongan A, yaitu air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung, tanpa pengolahan terlebih dahulu.
2. Golongan B, yaitu air yang dapat digunakan sebagai air baku air minum
3. Golongan C, yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan.
4. Golongan D, yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian, usaha diperkotaan, industry, dan pembangkit listrik tenaga air.

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010, air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum.

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 907/Menkes/SK/VII/2002 jenis air minum meliputi :

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

2.2 Sumber Air Minum

Pada prinsipnya semua air dapat diolah menjadi air minum. Sumber-sumber air dapat dibagi menjadi (Notoatmodjo, 2003):

1. Air Hujan

Air hujan merupakan penyubliman awan/uap air menjadi air murni. Walau pada saat *prestipasi* merupakan air yang paling bersih, air tersebut cenderung mengalami pencemaran ketika berada di atmosfer. Pencemaran yang berlangsung di atmosfer dapat disebabkan oleh partikel debu, mikroorganisme, dan gas, misalnya karbondioksida, nitrogen dan amonia. Maka untuk menjadikan air hujan sebagai sumber air minum hendaklah pada waktu menampung air hujan jangan dimulai pada saat hujan mulai turun, karena masih banyak mengandung kotoran.

2. Air Permukaan

Air permukaan yang meliputi badan-badan air semacam sungai, danau, telaga, waduk, rawa, air terjun, dan sumur permukaan, sebagian besar dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi. Air hujan tersebut kemudian mengalami pencemaran baik oleh tanah, sampah maupun lainnya. Pada umumnya air permukaan telah terkontaminasi dengan berbagai zat-zat yang berbahaya bagi kesehatan, sehingga memerlukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dikonsumsi oleh masyarakat.

3. Air Tanah

Air tanah berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi yang kemudian mengalami *perkolasi* atau 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 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.

4. Mata Air

Dari segi kualitas, mata air sangat baik bila dipakai sebagai air baku, karena berasal dari dalam tanah yang muncul ke permukaan tanah akibat tekanan, sehingga belum terkontaminasi oleh zat-zat pencemar. Biasanya lokasi mata air merupakan daerah terbuka, sehingga mudah terkontaminasi oleh lingkungan sekitar.

2.3 Syarat Kualitas Air Minum

Pemanfaatan air dalam kehidupan harus memenuhi persyaratan baik kualitas dan kuantitas yang erat hubungannya dengan kesehatan. Air yang memenuhi persyaratan kuantitas apabila air tersebut mencukupi semua kebutuhan keluarga baik sebagai air minum maupun untuk keperluan rumah tangga lainnya.

Syarat – syarat air minum adalah, tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Air minum juga seharusnya tidak mengandung kuman *patogen* yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Tidak mengandung zat kimia yang dapat mengubah fungsi tubuh, tidak dapat diterima secara estetis, dan dapat merugikan secara ekonomis. Pada hakekatnya tujuan ini dibuat untuk mencegah terjadinya serta meluasnya penyakit bawaan air (Slamet, 2004)

Untuk menjamin agar air minum yang dikonsumsi masyarakat tidak menimbulkan gangguan kesehatan, pengaturan mengenai air minum telah diatur dalam Permenkes RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas

air minum. Air minum akan memenuhi kriteria aman bagi kesehatan apabila memenuhi syarat fisika, mikrobiologis, kimiawi dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan (Depkes RI, 2010).

2.3.1 Parameter Wajib

Parameter wajib merupakan persyaratan kualitas air minum yang wajib diikuti dan ditaati oleh seluruh penyelenggara air minum. Parameter wajib meliputi :

A. Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan

Tabel 2.1 Parameter wajib kualitas air minum yang berhubungan langsung dengan kesehatan

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 Coliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
	B. Kimia An-organik		
	1) Arsen	mg/l	0,01
	2) Flourida	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

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

B. Parameter wajib yang tidak berhubungan langsung dengan kesehatan

Tabel 2.2 Parameter wajib kualitas air minum yang tidak berhubungan langsung dengan kesehatan

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1	Parameter yang tidak berhubungan langsung 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		0,2
	2) Besi		0,3
	3) Kesadahan		500
	4) Khlorida		250
	5) Mangan		0,4
	6) pH		6,5 – 8,5
	7) Seng		3
	8) Sulfat		250
	9) Tembaga		2
	10) Amonia		1,5

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

2.3.2 Parameter Tambahan

Parameter tambahan merupakan persyaratan kualitas air minum yang dapat ditetapkan oleh pemerintah daerah masing-masing yang sesuai dengan kondisi lingkungan daerah masing-masing. Diantaranya :

1. Persyaratan Kimiawi, yang terdiri dari ;

- a) Bahan Kimia Anorganik
- b) Bahan Kimia Organik
- c) Pestisida
- d) Desinfektan dan hasil simpanganya

Air minum yang akan dikonsumsi tidak mengandung bahan – bahan kimia (organik, anorganik, pestisida dan desinfektan) melebihi ambang batas yang telah ditetapkan, sebab akan menimbulkan efek kesehatan bagi tubuh konsumen.

2. Radioaktifitas

Kadar maksimum cemaran radioaktifitas dalam air minum tidak boleh melebihi batas maksimum yang diperbolehkan.

2.4 Manfaat Air Bagi Kesehatan

Air minum dalam tubuh manusia berfungsi untuk menjaga keseimbangan metabolisme dan fisiologi tubuh. Setiap waktu, air perlu dikonsumsi karena setiap saat tubuh bekerja dan berproses. Di samping itu, air juga berguna untuk melarutkan dan mengolah sari makanan agar dapat dicerna. Tubuh manusia terdiri dari berjuta-juta sel dan komponen terbanyak sel-sel itu adalah air. Jika kekurangan air, sel tubuh akan menciut dan tidak dapat berfungsi dengan baik. Begitu pula, air merupakan bagian *ekskreta* cair (keringat, air mata, air seni), tinja, uap pernafasan, dan cairan tubuh (darah *lympe*) lainnya (Depkes RI, 2006).

Menurut Slamet (2004), air digunakan untuk melarutkan berbagai jenis zat yang diperlukan oleh tubuh. Misalnya untuk melarutkan oksigen sebelum memasuki pembuluh-pembuluh darah yang ada di sekitar alveoli. Begitu juga dengan zat-zat

makanan hanya dapat diserap apabila dapat larut dalam cairan yang meliputi selaput lender usus. Di samping itu, transportasi zat-zat makanan dalam tubuh semuanya dalam bentuk larutan dengan pelarut air. Air juga berguna untuk mempertahankan suhu badan karena dengan penguapannya suhu dapat menurun.

2.5 Penyakit Yang Dapat Ditularkan Melalui Air

Air merupakan suatu sarana utama untuk meningkatkan derajat kesehatan manusia, karena air merupakan salah satu media dalam berbagai macam penularan penyakit. Penyakit-penyakit yang berhubungan dengan air dapat dibagi dalam kelompok-kelompok berdasarkan cara penularannya. Mekanisme penularan penyakit sendiri terbagi menjadi empat, yaitu (Chandra, 2006):

1. Water borne mechanisme

Penyakit pada mekanisme ini disebabkan oleh kuman *patogen* dalam air yang ditularkan kepada manusia melalui mulut atau sistem pencernaan. Contoh penyakit yang ditularkan melalui mekanisme ini antara lain *kolera*, *tiphoid*, *hepatitis viral*, *disentri basiler*, dan *poliomyelitis*. Penyakit-penyakit ini hanya dapat menyebar apabila mikroba penyebabnya dapat masuk ke dalam sumber air yang dipakai masyarakat untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari.

2. Water washed mechanism

Mekanisme penularan semacam ini berkaitan dengan kebersihan umum dan perorangan. Dengan terjaminnya kebersihan oleh tersedianya air yang cukup, maka penyakit-penyakit tertentu dapat dikurangi penularannya pada manusia. Mutu air yang diperlukan tidak perlu seketat mutu air bersih untuk air minum, yang lebih

menentukan dalam hal ini adalah banyaknya air yang tersedia. Pada mekanisme ini terdapat tiga cara penularan, yaitu:

- a. Infeksi melalui alat pencernaan, seperti diare pada anak – anak, berjangkitnya penyakit ini sangat erat kaitannya dengan kurangnya ketersediaan air untuk makan, minum, dan memasak serta kebersihan alat – alat makan.
- b. Infeksi melalui kulit dan mata, seperti scabies dan trachoma, berjangkitnya penyakit ini sangat erat kaitannya dengan kurangnya ketersediaan air bersih untuk hygiene perorangan (mandi dan cuci)
- c. Penularan melalui binatang pengerat seperti pada penyakit *leptospirosis*, berjangkitnya penyakit ini sangat erat kaitannya dengan kurangnya ketersediaan air untuk hygiene perorangan yang ditujukan untuk mencegah investasi insekta parasit pada tubuh dan pakaian.

3. *Water based mechanism*

Penyakit yang ditularkan dengan mekanisme ini memiliki agent penyebab yang menjalani sebagian siklus hidupnya dalam tubuh vektor atau sebagai *intermediate host* yang hidup didalam air, contohnya *Schistosomiasis* dan penyakit akibat *Dracunculus medinensis*. Badan air yang potensial terhadap berjangkitnya jenis penyakit ini adalah badan air yang terdapat di alam, yang berhubungan erat dengan kehidupan sehari – hari seperti menangkap ikan, mandi, cuci dan sebagainya.

4. *Water related insect vector*

Agen penyakit ditularkan melalui gigitan serangga yang berkembang biak di dalam air. Air yang merupakan salah satu unsur alam yang harus ada dalam lingkungan manusia akan merupakan media yang baik bagi insekta untuk

berkembang biak. Contoh penyakit dengan cara ini adalah *filariasis*, *dengue*, *malaria*, dan *yellow fever*. Nyamuk *aedes aegypti* yang merupakan vektor penyakit *dengue* dapat berkembang biak dengan mudah bila pada lingkungan terdapat tempat-tempat sementara untuk air bersih seperti gentong air, pot, dan sebagainya.

2.6 Hubungan Kualitas Air dengan Gangguan Kesehatan Masyarakat

Berikut dapat dijelaskan proses terjadinya gangguan kesehatan akibat penggunaan air yang tidak memenuhi syarat kesehatan (Achmadi, 2008) :

(1)Simpul 1, yaitu sumber penyakit

Sumber penyakit adalah titik mengeluarkan atau mengemisikan *agent* penyakit, yaitu komponen lingkungan yang dapat menimbulkan gangguan melalui kontak langsung atau terhirup atau melalui perantara. *Agent* penyebab terjadinya keluhan penyakit berbasis penularan air dapat berupa kuman dan bakteri, dan kandungan bahan kimiawi yang tidak ditoleransi.

(2)Simpul 2, Media Transmisi Penyakit

Media transmisi penyakit merupakan komponen-komponen yang berperan memindahkan agent penyakit ke dalam tubuh manusia. Ada lima media transmisi yang lazim menjadi transmisi *agent* penyakit yaitu (1) udara, (2) air, (3) tanah/pangan, (4) binatang/serangga, dan (5) manusia/langsung.

(3)Simpul 3, Perilaku pemajanan/pengguna Air

Agent penyakit, dengan atau tanpa menumpang komponen lingkungan lain, masuk ke dalam tubuh melalui suatu proses yang disebut hubungan interaktif, yang disebut perilaku pemajanan. Perilaku pemajanan adalah jumlah kontak antara

manusia dengan komponen lingkungan yang mengandung potensi bahaya penyakit seperti keluhan gatal-gatal atau gangguan kulit dan pencernaan.

(4)Simpul 4, Kejadian Penyakit

Simpul keempat ini merupakan *outcome* hubungan interaktif manusia dengan lingkungan yang memiliki potensi bahaya gangguan kesehatan. Kejadian penyakit tersebut dapat diidentifikasi melalui diagnosis secara laboratorium maupun *anamnase*, atau pengukuran-pengukuran lainnya tergantung penyakit yang dialami.

Bahaya atau resiko kesehatan yang berhubungan dengan pencemaran air secara umum dapat diklasifikasikan menjadi dua yakni bahaya langsung dan bahaya tak langsung. Bahaya langsung terhadap kesehatan manusia/masyarakat dapat terjadi akibat mengkonsumsi air yang tercemar atau air dengan kualitas yang buruk, baik secara langsung diminum atau melalui makanan, dan akibat penggunaan air yang tercemar untuk berbagai kegiatan sehari-hari. Kualitas air baik fisik, kimia dan biologis berdampak terhadap kesehatan masyarakat. Penggunaan air yang tidak memenuhi syarat kesehatan berimplikasi terhadap keluhan penyakit bagi penggunanya.

Berikut ini dapat dijelaskan beberapa dampak kualitas air terhadap keluhan kesehatan, yaitu sebagai berikut:

2.6.1 Hubungan Kualitas Fisik Air dengan Gangguan Kesehatan Masyarakat

Kualitas fisik air dapat dilihat dari indikator bau, rasa, kekeruhan, suhu, warna dan jumlah zat padat terlarut. Jumlah zat padat terlarut biasanya terdiri atas zat organik, garam anorganik, dan gas terlarut. Bila jumlah zat padat terlarut bertambah, maka kesadahan air akan naik, dan akhirnya berdampak terhadap kesehatan.

Kekeruhan air disebabkan oleh zat padat yang tersuspensi, baik yang bersifat organik, maupun anorganik. Zat anorganik biasanya berasal dari lapukan tanaman atau hewan, dan buangan industri juga berdampak terhadap kekeruhan air, sedangkan zat organik dapat menjadi makanan bakteri, sehingga mendukung pembiakannya, dan dapat tersuspensi dan menambah kekeruhan air. Air yang keruh sulit di *disinfeksi*, karena mikroba terlindung oleh zat tersuspensi tersebut, sehingga berdampak terhadap kesehatan, bila mikroba terlindung menjadi *patogen* (Soemirat, 2001).

Air dengan rasa yang tidak tawar dapat menunjukkan kehadiran berbagai zat yang membahayakan kesehatan, seperti rasa logam. Berdasarkan aspek suhu air, diketahui bahwa suhu air yang tidak sejuk atau berlebihan dari suhu air yang normal akan mempermudah reaksi zat kimia, sehingga secara tidak langsung berimplikasi terhadap keadaan kesehatan pengguna air (Slamet, 2001).

Selain aspek warna air juga berdampak terhadap kesehatan, artinya sebaiknya air minum tidak berwarna untuk alasan *estetis* dan untuk mencegah keracunan dari berbagai zat kimia maupun mikroorganisme yang berwarna. Warna dapat disebabkan adanya *tanin* dan *asam humat* atau zat organik, sehingga bila terbentuk bersama *klor* dapat membentuk senyawa *kloroform* yang beracun, sehingga berdampak terhadap kesehatan pengguna air (Slamet, 2001).

2.6.2 Hubungan Kualitas Kimia Air dengan Gangguan Kesehatan Masyarakat

Kualitas kimia air dapat bersifat kimia organik dan anorganik. Kedua jenis kimia ini dapat berdampak terhadap kesehatan pengguna air.

A. Kimia Organik

Kimia organik dapat beragam jenis, dan masing-masing mempunyai dampak terhadap kesehatan. Berikut ini beberapa jenis kimia organik yang lazim terdapat dalam air dan berhubungan dengan terjadinya penyakit pada pengguna air, yaitu:

(1) *Hg (Air Raksa)*

Air raksa atau *mercuri* adalah unsur logam yang termasuk logam berat yang bersifat racun terhadap tubuh manusia. Biasanya secara alami ada dalam air dengan konsentrasi yang sangat kecil. Pencemaran air atau sumber air oleh *merkuri* umumnya akibat limbah yang berasal dari industri (Soemirat, 2001). Pada tahun 1950an, kasus pencemaran oleh logam berat khususnya *merkuri* telah terjadi di teluk Minamata Jepang, dan telah meracuni penduduk di daerah sekitar teluk Minamata tersebut. Logam *merkuri* atau air raksa (*Hg*) ini dapat terakumulasi di dalam produk perikanan atau tanaman dan jika produk tersebut dimakan oleh manusia akan dapat terakumulasi di dalam tubuh. Akumulasi logam *Hg* ini dapat meracuni tubuh dan mengakibatkan kerusakan permanen terhadap sistem saraf, dengan gejala sakit-sakit pada seluruh tubuh. Oleh karena itu, di Jepang, penyakit karena keracunan *merkuri* (*Hg*) dinamakan penyakit *Itai-itai* yang berarti sakit-sakit, atau sering disebut juga dengan penyakit Minamata (*Minamata disease*).

(2) *Aluminium (Al)*

Aluminium (Al) adalah metal yang dapat dibentuk, dan karenanya banyak digunakan, sehingga terdapat banyak di lingkungan dan didapat pada berbagai jenis makanan. Sumber alamiah *Al* adalah *bauxit* dan *cryolit*. Industri kilang minyak, peleburan metal, serta lain-lain industri pengguna *Al* merupakan sumber buatan.

Orang belum yakin apakah *Al* beracun. Tetapi dalam dosis tinggi dapat menimbulkan luka pada usus. *Aluminium (Hg)* yang berbentuk debu akan diakumulasikan di dalam paru-paru. *Al* juga dapat menyebabkan iritasi kulit, selaput lendir, dan saluran pernapasan (Soemirat, 2001).

(3) *Arsen (As)*

Arsen (As) adalah logam yang mudah patah, berwarna keperakan dan sangat toksik. *Arsen (As)* sejak lama sering digunakan untuk racun tikus dan keracunan *arsen* pada manusia sudah sangat dikenal, baik yang disengaja maupun tidak disengaja. Keracunan akut menimbulkan gejala *diare* disertai darah, disusul dengan koma, dan apabila dibiarkan dapat menyebabkan kematian. Secara *kronis* keracunan *arsen* dapat menimbulkan *anoreksia*, *kolk*, mual, *diare* atau *konstipasi*, pendarahan pada ginjal, dan kanker kulit. *Arsen (As)* dapat menimbulkan iritasi, alergi, dan cacat bawaan. Dimasa lampau, *arsen (As)* dalam dosis kecil digunakan sebagai campuran *tonikum*, tetapi kemudian ternyata bahwa *arsen (As)* ini dapat menimbulkan kanker kulit pada peminumnya (Soemirat, 2001).

(4) *Barium (Ba)*

Barium (Ba) juga suatu metal, berwarna putih. Sumber alamiah *Barium (Ba)* adalah $BaSO_4$ dan $BaCO_3$. *Barium* digunakan di dalam industri gelas, keramik, tekstil, plastik, dan lain-lain. Sama halnya dengan *aluminium*, *barium* juga didapat banyak di dalam lingkungan. Dalam bentuk debu *barium* dapat terakumulasi di dalam paruparu, dan menyebabkan *fibrosis*, terkenal sebagai *Baritosis*. *Barium* yang larut dalam cairan tubuh seperti *barium klorida* atau *sulfida* bersifat racun terhadap tubuh. *Barium* merupakan *stimultan* jaringan otot, termasuk otot polos. Keracunan *barium*

dapat menghentikan otot-otot jantung dalam satu jam. Pada fase akhir keracunan, biasanya terjadi juga kelumpuhan urat syaraf (Soemirat, 2001).

(5) *Besi (Fe)*

Besi atau *Ferum (Fe)* adalah metal berwarna abu-abu, liat, dan dapat di bentuk. Di alam didapat sebagai *hematit*. Didalam air minum *Fe* menimbulkan warna (kuning), rasa, pengendapan pada dinding pipa, pertumbuhan bakteri besi, dan kekeruhan. Besi dibutuhkan tubuh dalam pembentukan *Hemoglobin*. Banyaknya *Fe* didalam tubuh dikendalikan pada fase absorpsi. Tubuh manusia tidak dapat mengekresikan *Fe*. Karenanya mereka yang sering mendapat tranfusi darah, warna kulitnya menjadi hitam karena akumulasi *Fe*. Sekalipun *Fe* itu diperlukan tubuh, tetapi dalam dosis besar dapat merusak dinding usus. Kematian seringkali disebabkan oleh rusaknya dinding usus ini (Soemirat, 2001).

(6) *Fluorida*

Fluorida adalah senyawa *Fluor*. *Fluor (F)* adalah halogen yang sangat reaktif, karena di alam selalu di dapat dalam bentuk senyawa. *Fluorida* anorganik bersifat lebih toksik dan lebih iritan daripada organik. Keracunan kronis menyebabkan orang menjadi kurus, pertumbuhan tubuh terganggu, terjadi *fluorosis* gigi serta kerangka. Dan gangguan pencernaan yang dapat disertai *dehidrasi*. Pada kasus keracunan berat dapat terjadi cacat tulang, kelumpuhan, dan kematian. Baru-baru ini penelitian tentang senyawa *fluorida* pada tikus memperhatikan adanya hubungan yang bermakna antara *fluorida* dengan kanker tulang . Hal ini tentunya meresahkan para dokter gigi yang menggunakan senyawa fluor sebagai pencegah *caries dentis*. Juga

para ahli penyediaan air bersih perlu meninjau kembali manfaat *fluoridasi* air, serta standar air minum bagi *fluorida*.

(7) *Cadmium (Cd)*

Cadmium (Cd) adalah metal berbentuk kristal putih keperakan. *Cadmium* didapat bersama-sama *Zn (Seng)*, *Cu (Calsium)*, *Pb (Timbal)*, dalam jumlah yang kecil. *Cadmium* didapat pada industri pemurnian *Zn*, pestisida, dan lain-lain. Tubuh manusia tidak memerlukan *cadmium* dalam fungsi pertumbuhannya, karena *cadmium* sangat beracun bagi manusia. Keracunan akut akan menyebabkan gejala *gastrointestinal*, dan penyakit ginjal. Gejala klinis keracunan *cadmium* sangat mirip dengan penyakit *glomerulo-nephritis* biasa. Hanya pada fase lanjut dari keracunan *cadmium* ditemukan pelunakan dan *fraktur* (patah) tulang punggung. Di Jepang sakit pinggang ini dikenal sebagai penyakit "*Itai-Itai Byo*"gejalanya adalah sakit pinggang, patah tulang, tekanan darah tinggi, kerusakan ginjal, gejala seperti *influenza*, dan *sterilitas* pada laki-laki (Soemirat, 2001).

Konsentrasi *cadmium* dalam air olahan (*finished water*) yang dipasok oleh Perusahaan Air Minum (PAM) umumnya sangat rendah, karena umumnya senyawa alami senyawa *cadmium* ini jarang terdapat di dalam sumber air baku, atau jika ada konsentrasinya di dalam air baku sangat rendah. Selain itu dengan pengolahan air minum secara *konvensional*, senyawa *cadmium* ini dapat dihilangkan dengan efektif. Air minum biasanya mengandung *cadmium* dengan konsentrasi 1 μg , atau kadangkadang mencapai 5 μg dan jarang yang melebihi 10 μg . Pada beberapa wilayah tertentu yang struktur tanahnya banyak mengandung *cadmium*, air tanahnya kadang juga mengandung *cadmium* dengan konsentrasi agak tinggi. Konsentrasi

cadmium dalam air minum yang cukup tinggi, kemungkinan juga dapat terjadi pada wilayah yang dipasok dengan air dengan pH yang sedikit asam. Hal ini disebabkan karena pada pH yang agak asam bersifat *korosif* terhadap sistem *plumbing* atau bahan sambungan perpipaan yang mengandung *cadmium*. Tingkat konsentrasi kadmium ini merupakan fungsi berapa lama air kontak/berhubungan dengan sistem perpipaan (*plumbing system*), dan sebagai akibatnya apabila dilakukan pemeriksaan contoh pada lokasi yang sama, seringkali terdapat variasi tingkat konsentrasi. Oleh karena itu untuk mendapatkan konsentrasi rata-rata yang akurat, memerlukan data yang cukup banyak.

Keracunan oleh *cadmium* menunjukkan gejala yang mirip dengan gejala penyakit akibat keracunan senyawa *merkuri (Hg)* atau penyakit *Minamata*. Berdasarkan baku mutu air minum yang dikeluarkan oleh WHO (2011), kadar *cadmium* maksimum dalam air minum yang dibolehkan yakni 0,003 mg/l, sedangkan menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 20 Tahun 1990, kadar maksimum kadmium dalam air minum yang dibolehkan yakni 0,005 mg/L.

(8) Kesadahan

Kesadahan dapat menyebabkan pengendapan pada dinding pipa. Kesadahan yang tinggi disebabkan sebagian besar oleh *Calcium, Magnesium, Strontium, dan Ferrum*. Masalah yang timbul adalah sulitnya sabun membusa, sehingga masyarakat tidak suka memanfaatkan penyediaan air bersih tersebut.

(9) Klorida

Klorida adalah senyawa *hologen Klor (CL)*. Toksisitasnya tergantung pada gugus senyawanya. Misalnya *NaCL* sangat tidak beracun, tetapi *karboksil klorida*

sangat beracun. Di Indonesia, *Klor* digunakan sebagai *desinfektan* dalam penyediaan air minum. Dalam jumlah banyak, *klorida* akan menimbulkan rasa asin, korosif pada pipa sistem penyediaan air panas. Sebagai *desinfektan*, sisa klor didalam penyediaan air sengaja di dipertahankan dengan konsentrasi sekitar 0,1 mg/l untuk mencegah terjadinya *rekontaminasi* oleh *mikroorganisme patogen*, tetapi *klor* ini dapat terikat senyawa organik berbentuk *hologen-hidrokarbon (Cl-HC)* banyak diantaranya dikenal sebagai senyawa *karsinogenik*. Oleh karena itu, diberbagai negara maju sekarang ini, *klorinasi* sebagai proses *desinfektan* tidak lagi digunakan.

(10) *Mangan (Mn)*

Mangan (Mn) adalah metal abu-abu-kemerahan. Keracunan seringkali bersifat kronis sebagai akibat menghirup debu dan uap logam. Gejala yang timbul berupa gejala susunan urat syaraf: insomnia, kemudian lemah pada kaki dan otot muka sehingga *ekspresi* muka menjadi beku dan muka tampak seperti topeng (mask). Bila pemaparan berlanjut maka, bicaranya melambat dan *monoton*, terjadi *hyperrefleksi*, *clonus* pada *patella* dan tumit, dan berjalan seperti penderita *parkinson*. Selanjutnya akan terjadi *paralysis bulbar*, *post encephalitic parkinson*, *multiple sclerosis*, *amyotrophic lateral sclerosis*, dan degenerasi lentik yang *progresif*.

Keracunan *mangan* ini adalah salah satu contoh, dimana kasus keracunan tidak menimbulkan gejala muntah berak, sebagaimana orang awam selalu memperkirakannya. Didalam penyediaan air, seperti halnya *Fe* (besi), *Mn* (mangan) juga menimbulkan masalah warna, hanya warnanya ungu/hitam. Berdasarkan baku mutu air minum yang dikeluarkan oleh WHO (2011), kadar *Mangan (Mn)* maksimum dalam air minum yang dibolehkan yakni 0,1 mg/l.

(11) *Natrium (Na)*

Natrium elemental (Na) sangat reaktif, karena bila berada didalam air akan terdapat sebagai suatu senyawa. *Natrium* sendiri bagi tubuh tidak merupakan benda asing, tetapi *toksitasnya* tergantung pada gugus senyawanya. *NaOH*, atau *hidroksida, natrium* sangat *korosif*, tetapi *NaCl* justru dibutuhkan oleh tubuh.

(12) *Nitrat, Nitrit*

Nitrat dan *Nitrit* dalam jumlah besar dapat menyebabkan gangguan *GI (Gastro Intestinal)*, diare campur darah, disusul oleh *konvulsi*, koma, dan bila tidak tertolong akan meninggal. Keracunan kronis menyebabkan depresi umum, sakit kepala, dan gangguan mental. *Nitrit* terutama bereaksi dengan *hemoglobin* dan membentuk *methemoglobin (metHb)*. Dalam jumlah melebihi normal *Methemoglobin* akan menimbulkan *Methemoglobinemia*. Pada bayi *methemoglobinemia* sering dijumpai karena pembentukan enzim untuk mengurai *methemoglobinemia* menjadi *hemoglobin* masih belum sempurna. Sebagai akibat *methemoglobinemia*, bayi akan kekurangan oksigen, maka mukanya akan tampak biru, karenanya penyakit ini juga dikenal sebagai penyakit '*blue babies*'.

Salah satu contoh sumber pencemaran *nitrat* terhadap air minum yakni akibat kegiatan pertanian. Meskipun pencemaran *nitrat* juga dapat terjadi secara alami, tetapi yang paling sering yakni akibat pencemaran yang berasal dari air limbah pertanian yang banyak mengandung senyawa *nitrat* akibat pemakaian pupuk *nitrogen (urea)*.

Senyawa *nitrat* dalam air minum dalam jumlah yang besar dapat menyebabkan *methaemoglobinemia*, yakni kondisi dimana *haemoglobin* di dalam darah berubah

menjadi *methaemoglobin* sehingga darah menjadi kekurangan oksigen. Hal ini dapat mengakibatkan pengaruh yang fatal, serta dapat mengakibatkan kematian khususnya pada bayi. Berdasarkan baku mutu air minum yang dikeluarkan oleh WHO (2011), kadar *nitrat* maksimum dalam air minum yang dibolehkan yakni 50 mg/l.

(13) Perak

Perak atau *Argentum (Ag)* adalah metal berwarna putih. *Argentum* didapat pada industri antara lain industri *alloy*, keramik, gelas, fotografi, cermin, dan cat rambut. Bila masuk ke dalam tubuh, *argentum* akan diakumulasikan di berbagai organ dan menimbulkan *pigmentasi* kelabu, disebut *argyria*. *Pigmentasi* ini bersifat permanen, karena tubuh tidak dapat mengekskresikannya. Sebagai debu, senyawa *argentum* dapat menimbulkan iritasi kulit, dan menghitamkan kulit (*argyria*). Bila terikat nitrat, *argentum* akan menjadi sangat *korosif*. *Argyria* sistemik dapat juga terjadi, karena perak diakumulasikan di dalam selaput lendir dan kulit. Berdasarkan baku mutu air minum yang dikeluarkan oleh WHO (2011), kadar *Argentum (Ag)* maksimum dalam air minum yang dibolehkan yakni 0,005 mg/l.

(14) Selenium

Selenium adalah logam berat yang berbau bawang putih. *Selenium* juga didapat antara lain pada industri gelas, kimia, plastik, dan *semikonduktor*. Dalam dosis besar *selenium* akan menyebabkan gejala *GI (Gastro Intestinal)* seperti muntah dan diare. Bila pemaparan berlanjut, maka akan terjadi gejala gangguan susunan urat saraf seperti hilangnya *refleks-refleks*, iritasi *cerebral*, *konvulsi*, dan dapat juga menyebabkan kematian. *Selenium* merupakan racun yang bersifat *sistemik*, dan mungkin juga bersifat *karsinogenik*. *Selenium* dalam air dengan konsentrasi yang

agak tinggi biasanya terdapat di daerah *seleniferous*. Berdasarkan penelitian terhadap tikus betina, LD₅₀ akut melalui mulut untuk *sodium selenate* yakni 31,5 mg/kg berat tubuh, dan berdasarkan pengamatan toksisitas akut terhadap tikus, menunjukkan penurunan gerakan spontan, pernafasan yang cepat dan hebat, diare dan selanjutnya mati karena susah bernafas. Gejala *subakut* meliputi menurunnya laju pertumbuhan, terjadi hambatan terhadap *intake* makanan, dan keluarnya cairan kotoran (tinja).

Berdasarkan baku mutu air minum yang dikeluarkan oleh WHO (2011), kadar *selenium* maksimum dalam air minum yang dibolehkan yakni 0,004 mg/l, dan menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002, kadar maksimum *selenium* dalam air minum yang dibolehkan juga 0,01 mg/L.

(15) Seng (Zn)

Seng (Zn) adalah metal yang didapat antara lain pada industri *alloy*, keramik, kosmetik, pigmen, dan karet. Toksisitas Zn pada hakekatnya rendah. Tubuh memerlukan Zn untuk proses *metabolisme*, tetapi dalam kadar tinggi dapat bersifat racun. Didalam air akan menimbulkan rasa kesat, dan dapat menimbulkan gejala diare. *Seng* menyebabkan warna air menjadi *opalescent*, dan bila dimasak akan menimbulkan endapan seperti pasir.

(16) Sulfat

Sulfat bersifat iritan bagi saluran *gastro intestinal*, bila dicampur dengan *magnesium* atau *natrium*. Jumlah *MgSO₄* yang tidak terlalu besar sudah dapat menimbulkan diare. Sulfat pada *boiler* menimbulkan endapan (*hard scales*), demikian pula *heat exchanger*.

(17) *Sulfida*

Senyawa *sulfida* menimbulkan rasa dan bau, bersifat *korosif* dan iritan. Dalam dosis tinggi merusak *SSP (Susunan Saraf Pusat)*. Keracunan biasanya jarang terjadi, karena zat ini berbau busuk. Bila orang sempat menjauh, maka tidak akan keracunan. Tetapi apabila *sulfida* ini berbentuk gas yang menjalar cepat, sehingga tidak sempat melarikan diri, maka orang dapat menderita keracunan akut yang mematikan dalam waktu singkat karena *asphyxia*.

(18) *Tembaga (Cu)*

Tembaga (Cu) sebetulnya diperlukan untuk perkembangan tubuh manusia. Tetapi, dalam dosis tinggi dapat menyebabkan gejala *GI (Gastro intestinal)*, *SSP (Susunan Saraf Pusat)*, ginjal, hati, muntaber, pusing kepala, lemah, *anemia*, *kramp*, *konvulsi*, *shock*, koma, dan dapat meninggal.

(19) *Timbal (Pb)*

Timbal atau *plumbum (Pb)* adalah metal kehitaman. Dahulu digunakan sebagai *kontituen* di dalam cat, dan saat ini banyak di gunakan dalam bensin. *Pb* organik *TEL (Tetra Ethyl Lead)* sengaja ditambahkan kedalam bensin untuk meningkatkan *oktan*. Toksisitas *Pb* bersifat sistemik. Keracunan *Pb* akan menimbulkan gejala: rasa logam di mulut, garis hitam pada gusi, gangguan *GI (Gastro Intestinal)*, *anoreksia*, muntah-muntah, *encephalitis*, *irritable*, perubahan kepribadian, kelumpuhan, dan kebutaan. *Basophilic stippling* dari sel darah merah merupakan gejala *patogenomonis* bagi keracunan *Pb*. Gejala lain dari keracunan ini berupa *anemia* dan *albuminuria*. *Pb* organik cenderung menyebabkan *encephalopathy*. Pada keracunan akut, akan terjadi *meninges* dan *ceberal*, diikuti dengan *stupor*, koma, dan kematian. Tekanan *liquor*

cerebro-spinalis (LCS) tinggi, *insomnia*. Berdasarkan baku mutu air minum yang dikeluarkan oleh WHO (2011), kadar Timbal maksimum dalam air minum yang dibolehkan yakni 0,001 mg/l.

B. Kimia Organik

Kimia organik juga berdampak terhadap kesehatan jika toleransinya melebihi dari baku mutu air. Berikut ini dapat dijelaskan beberapa unsur kimia organik yang berkaitan dengan kesehatan, yaitu:

(1) Aldrin dan dieldrin

Aldrin ($C_{12}H_8C_{16}$), berbentuk kristal, dan dapat digunakan sebagai *insektisida*. Merupakan racun yang bersifat *sistemik*. Dapat menimbulkan keracunan yang akut ataupun kronis. *Aldrin* juga merupakan suatu iritan, dapat menyebabkan *konvulsi*, *depresi*, dan dapat merusak hati dalam 1- 4 jam. Bila dipanaskan *Aldrin* akan terurai dan mengeluarkan *forgen* dan *HCl* yang *toxis*. *Deidrin* ($C_{12}H_{10}C_{16}$), juga berbentuk kristal dan dapat digunakan sebagai *insektisida*. *Toksitasnya* belum diketahui dengan jelas, sekalipun dapat *diabsorpsi* oleh kulit sehat. *SSP* (*Susunan Saraf Pusat*) dapat *terstimulasi*, dan terjadi *anorexia*, *konvulsi* dan koma. Pada hewan LD_{50} -nya adalah lima kalinya LD_{50} DDT. *Dieldrin* menyebabkan kulit telur unggas menjadi tipis, sehingga mudah pecah. Populasi burung *Falco* misalnya, menjadi berkurang karenanya. Pada tikus percobaan, baik *aldrin* maupun *dieldrin* dapat menimbulkan kanker dan mutasi.

(2) Benzene

Benzene atau *benzol* (C_6H_6), digunakan dalam industri sebagai pelarut lemak. *Toksitasnya* dapat berdampak akut lokal, akut sistemik, maupun kronis.

Benzene menyebabkan *erythema*, *vesikel*, dan *udema*. Pengaruhnya terhadap SSP (*Susunan Saraf Pusat*) bersifat *narkotik* dan *anestetik*. Pemaparan kronis menimbulkan *hyplasia* atau pun *hyperplasia* sumsum tulang yang mengakibatkan *anemia*, *leucopenia*, *thrombocytopenia*, dan sangat mungkin menyebabkan *leukemia*.

(3) *Chlordane*

Chlordane adalah *insektisida* tergolong *hidrokarbon terklorinasi*, dan sering didapat sebagai pencemar air. *Chlordane* mudah sekali *diabsorpsi* kulit, menimbulkan *hyperexitasi*, dan *konvulsi*. Disebut pula sebagai penyebab kelainan darah, seperti *thrombocytopenia* (kekurangan trombosit), *agranulocytosis* (tidak terdapat *granulocyt*), dan *anemia aplastik*. Bila di panaskan akan berdekomposisi dan mengeluarkan gas C₁₂ yang beracun.

(4) *Chloroform*

Chloroform (CHCl₃) juga merupakan *hidrokarbon terklorinasi*, suatu *anestetik*. Menimbulkan iritasi, dilatasi pupil, dan merusak hepar, jantung, dan ginjal. Keracunan *chloroform* dapat menimbulkan *toksisitas* akut dan *sistemik*, sedangkan efek *kronis* belum diketahui dengan jelas. Dahulu, *chloroform* digunakan sebagai *anestetik*, tetapi saat ini sudah *disubstitusi* dengan zat yang lebih aman.

(5) *Deterjen*

Deterjen ada yang bersifat *kationik*, *anionik*, maupun *nonionik*. Kesemuanya membuat zat yang *lipofilik* mudah terlarut dan menyebar di perairan. Selain itu, ukuran zat *lipofilik* menjadi lebih halus, sehingga mempertinggi *toksisitas* racun. *Deterjen* juga mempermudah *absorpsi* racun melalui insang. *Deterjen* adapula yang

persisten, sehingga terjadi *akumulasi*. Seperti halnya dengan *DDT*, detergen jenis ini sudah tidak boleh digunakan lagi.

(6) *Senyawa Phenol*

Phenol mudah masuk lewat kulit sehat. Keracunan akut menyebabkan gejala *gastro intestinal*, sakit perut, kelainan koordinasi bibir mulut, dan tenggorokan. Dapat pula terjadi kerusakan usus. Keracunan kronis menimbulkan gejala *gastro intestinal*, kesulitan menelan, dan *hypersalivasi*, kerusakan ginjal dan hati, dan dapat diikuti kematian. Rasa air berubah dan *phenol* menjadi lebih terasa bila air tercampur *khlor*.

(7) *Pentaklorophenol*

Rumus molekul *Pentakloropenol* adalah $C_{15}Cl_5-OH$, disingkat sebagai *PCP*. Toksisitasnya baik yang akut maupun yang kronis ternyata menimbulkan lokal iritan, dan sistemik. Pemaparan yang kronis ternyata menimbulkan kerusakan pada hepar (hati), dan pada hewan percobaan dapat bersifat *tertogenik*. Bila di panaskan menimbulkan gas Cl_2 yang *toksik* (Soemirat, 2001)

2.6.3 Hubungan Kualitas Biologis Air dengan Gangguan Kesehatan Masyarakat

Berdasarkan aspek parameter biologis, diketahui parameter yang mempunyai dampak langsung terhadap kesehatan adalah adanya kandungan *bakteri* dan *mikroba*. Kelompok *protozoa* dalam air seperti cacing dan *tungau* merupakan jenis kuman *parasitik* yang berdampak terhadap kesehatan seperti kecacingan, *scabies*, sedangkan air yang terkontaminasi dengan *bakteri* dan *virus* juga dapat menyebabkan masalah kesehatan bagi penggunanya. *Bakteri* penyebab bawaan air terbanyak adalah *salmonella thypi/parathypi*, *Shigella*, dan *vebrio cholera*, sedangkan penyakit

bersumber virus seperti *Rotavirus*, *virus Hepatitis A*, *poliomyelitis*, dan *virus trachoma*.

Eschericia coli adalah salah satu bakteri *patogen* yang tergolong *Coliform* dan hidup secara normal di dalam kotoran manusia maupun hewan sehingga *Eschericia coli* digunakan sebagai bakteri indikator pencemaran air yang berasal dari kotoran hewan berdarah panas (Fardiaz,1992). Total *Coliform* merupakan indikator bakteri pertama yang digunakan untuk menentukan aman tidaknya air untuk dikonsumsi. Bila *coliform* dalam air ditemukan dalam jumlah yang tinggi maka kemungkinan adanya *bakteri patogenik* seperti *Giardia* dan *Cryptosporidium* di dalamnya (Slamet,2001).

2.7 Depot Air Minum

2.7.1 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 RI, 2004).

2.7.2 Peralatan Depot Air Minum

Alat yang digunakan untuk mengolah air baku menjadi air minum pada depot air minum isi ulang adalah :

1. Storage Tank

Storage tank berguna sebagai penampungan air baku yang dapat menampung air sebanyak 3000 liter.

2. *Stainless Water Pump*

Stainless Water Pump berguna sebagai pemompa air baku dari tempat *storage tank* kedalam tabung filter.

3. Tabung Filter

Tabung Filter mempunyai tiga fungsi, yaitu :

- a. 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.
- b. Tabung yang kedua adalah *anthracite filter* yang berfungsi untuk menghilangkan kekeruhan dengan hasil yang maksimal dan efisien.
- c. Tabung yang ketiga adalah *granular active carbon media filter* merupakan karbon filter yang berfungsi sebagai penyerap debu, rasa, warna sisa khlor dan bahan organik.

4. *Mikro Filter*

Mikro Filter merupakan saringan yang terbuat dari *polypropylene* 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.

5. *Flow Meter*

Flow Meter digunakan untuk mengukur air yang mengalir kedalam gallon isi ulang.

6. Lampu ultraviolet dan ozon

Lampu ultraviolet dan ozon berguna sebagai *desinfeksi* pada air yang telah diolah.

7. Galon isi ulang

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.

2.7.3 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 :

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 (*food grade*), harus bebas dari bahan – bahan yang dapat mencemari air. Tangki pengangkutan mempunyai persyaratan yang terdiri atas :

- a. Khusus digunakan untuk air minum
- b. Mudah dibersihkan serta di *desinfektan* dan diberi pengaman
- c. Harus mempunyai manhole
- d. Pengisian dan pengeluaran air harus melalui keran

- e. 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 (food grade), tahan *korosi* dan bahan kimia yang dapat mencemari air. Tangki pengangkutan harus dibersihkan, disanitasi 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. Penyaringan bertahap terdiri dari :

- a. 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 *silica* (SiO_2) minimal 80 %.
- b. Saringan *karbon aktif* yang berasal dari batu bara atau batok kelapa berfungsi sebagai penyerap bau, rasa, warna, sisa khlor dan bahan organik. Daya serap terhadap *iodine* (I_2) minimal 75%.
- c. Saringan / Filter lainnya yang berfungsi sebagai saringan halus berukuran maksimal 10 (sepuluh) mikron.

3. Desinfeksi

Desinfeksi dimaksudkan untuk membunuh kuman *patogen*. Proses *desinfeksi* dengan menggunakan ozon (O_3) 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) dengan panjang gelombang 254 nm atau kekuatan 2537^0 A dengan intensitas minimum $10.000 \text{ mw/detik/cm}^2$.

a. Pembilasan, Pencucian dan Sterilisasi Wadah

Wadah yang dapat digunakan adalah wadah yang terbuat dari bahan tarapangan (*food grade*) dan bersih. Depot air minum wajib memeriksa wadah yang dibawa konsumen, dan menolak wadah yang dianggap tidak layak untuk digunakan sebagai tempat air minum. Wadah yang akan diisi harus di sanitasi dengan menggunakan ozon (O_3) atau air ozon (air yang mengandung ozon). Bilamana dilakukan pencucian maka harus dilakukan dengan menggunakan berbagai jenis deterjen tarapangan (*food grade*) dan air bersih dengan suhu berkisar $60 - 85^0\text{C}$, kemudian dibilas dengan air minum/air produk secukupnya untuk menghilangkan sisa – sisa deterjen yang dipergunakan untuk mencuci.

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 dan atau yang disediakan oleh Depot Air Minum.

2.7.4 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:

1. Ozonisasi

Ozon termasuk *oksidan* kuat yang mampu membunuh kuman *patogen*, termasuk virus. Keuntungan penggunaan ozon adalah pipa, peralatan dan kemasan akan ikut disanitasi sehingga produk yang dihasilkan akan lebih terjamin selama tidak ada kebocoran pada kemasan. Ozon merupakan bahan sanitasi air yang efektif disamping sangat aman.

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. Ultraviolet

Radiasi sinar ultraviolet adalah *radiasi elektromagnetik* pada panjang gelombang lebih pendek dari *spectrum* 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/ cm². 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).

2.8 Sistem Pengolahan Air Minum

Sistem pengolahan air minum dengan sumber air bersih dengan skala atau standar air minum, memerlukan beberapa proses yang perlu diterapkan, adapun proses yang diperlukan tergantung dari kualitas air baku antara lain :

- a. Proses penampungan air dalam bak penampungan air yang bertujuan sebagai tolak ukur dari debit air bersih yang dibutuhkan. Ukuran bak penampungan disesuaikan dengan kebutuhan (debit air) yang mana ukuran bak minimal 2 kali dari kebutuhan
- b. Proses *oksidasi* atau dengan kata lain penambahan oksigen kedalam air agar kadar-kadar logam berat serta zat kimiawi lainnya yang terkandung dalam air mudah terurai. Dalam proses ini ada beberapa perlakuan yang bisa dilakukan seperti dengan penambahan oksigen dengan sistem aerasi (dengan

- menggunakan alat aerator) dan juga dapat dilakukan dengan menggunakan katalisator bahan kimia untuk mempercepat proses terurainya kadar logam berat serta zat kimiawi lainnya (dengan menggunakan chlorine, kaporite, kapur dll)
- c. Proses pengendapan atau *koagulasi*, proses ini bisa dilakukan dengan menggunakan bahan kimia seperti bahan *koagulan* (*Hipoklorite/PAC* dengan rumus kimia Al_2O_3), juga proses ini bisa dilakukan dengan menggunakan teknik *lamela plate*.
- d. Proses *filtrasi*, proses ini bertujuan untuk menghilangkan kotoran-kotoran air yang masih terkandung dalam air. Biasanya proses ini menggunakan bahan *sand filter* yang disesuaikan dengan kebutuhan baik debit maupun kualitas air dengan media filter (*silica sand/quarsa, zeolite, dll*).
- e. Proses *filtrasi (carbon actived)*, proses ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas air agar air yang dihasilkan tidak mengandung bakteri (*sterile*) dan rasa serta aroma air.
- f. Proses *demineralisasi*, proses ini berfungsi untuk mengurangi bahkan menghilangkan kadar – kadar logam serta mineral-mineral yang terkandung dalam air.
- g. Proses *Reverse Osmosis system* , proses ini merupakan proses utama dalam proses pemurnian air dengan hasil kualitas air non mineral. Proses ini melalui alat yang disebut *Membrane semipermeable*, membran ini mempunyai lubang air 1/10000 micron dimana air yang melewati lubang

tersebut sudah merupakan air bebas mineral bakteri, virus dan logam-logam berat lainnya.

- h. Proses terakhir, adalah proses pembunuhan bakteri, virus, jamur, makroba dan bakteri lainnya yang tujuannya air itu tidak perlu dimasak kembali, proses ini menggunakan proses ultra violet atau dengan kata lain sterilisasi dengan menggunakan penyinaran ultra violet serta atau dengan menggunakan ozonisasi.

2.9 Hygiene Sanitasi Depot Air Minum

Menurut Depkes RI (2006), hygiene sanitasi adalah usaha yang dilakukan untuk mengendalikan faktor – faktor yang menjadi penyebab terjadinya pencemaran air minum, penjamah, tempat dan perlengkapannya yang dapat atau mungkin dapat menimbulkan penyakit atau gangguan kesehatan lainnya. Hygiene sanitasi depot air minum isi ulang meliputi :

1. Lokasi

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

2. Bangunan

- a. Bangunan harus kuat, aman dan mudah dibersihkan serta mudah pemeliharaannya.

b. Tata ruang usaha depot air minum paling sedikit terdiri dari :

- Ruangan proses pengolahan
- Ruangan tempat penyimpanan
- Ruangan tempat pembagian / penyediaan
- Ruang tunggu pengunjung.

c. 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.
- Kemiringannya cukup untuk memudahkan membersihkan
- Selalu dalam keadaan bersih dan tidak berdebu.

d. 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
- Selalu dalam keadaan bersih, tidak berdebu dan bebas dari pakaian tergantung.

e. Atap dan Langit – langit

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

- Bahan langit – langit mudah dibersihkan dan tidak menyerap debu
- Permukaan langit – langit harus rata dan berwarna terang
- Tinggi langit – langit minimal 2,4 meter dari lantai.

f. Pintu

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

g. Pencahayaan

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

h. 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.

3. Akses Terhadap Fasilitas Sanitasi

Depot air minum sedikitnya harus memiliki akses terhadap fasilitas sanitasi sebagai berikut :

- a. Tempat cuci tangan yang dilengkapi dengan sabun pembersih dan saluran limbah.
- b. Fasilitas sanitasi (jamban dan peturasan)
- c. Tempat sampah yang memenuhi persyaratan

- d. Menyimpan contoh air minum yang dihasilkan sebagai sampel setiap pengisian air baku.

4. Sarana Pengolahan Air Minum

- a. Alat dan perlengkapan yang dipergunakan untuk pengolahan air minum harus menggunakan peralatan yang sesuai dengan persyaratan kesehatan (*food grade*), antara lain :
 - Pipa pengisian air baku
 - Tandon air baku
 - Pompa penghisap dan penyedot
 - Filter
 - Mikro Filter
 - Kran pengisian air minum curah
 - Kran pencucian/ pembilasan botol
 - Kran penghubung (*hose*)
 - Peralatan sterilisasi.
- b. 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*).
- c. Alat dan perlengkapan yang dipergunakan seperti mikro filter dan alat sterilisasi masih dalam masa pakai (tidak kadaluarsa).

5. Air Baku

- a. Air baku adalah yang memenuhi persyaratan air bersih, sesuai dengan peraturan Menteri Kesehatan No. 416/Menkes/Per/IX/1990 tentang Syarat – syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum.
- b. Jika menggunakan air baku lain harus dilakukan uji mutu sesuai dengan kemampuan proses pengolahan yang dapat menghasilkan air minum.
- c. Untuk menjamin kualitas air baku dilakukan pengambilan sampel secara periodik.

6. Air Minum

- a. Air minum yang dihasilkan adalah harus memenuhi Keputusan Menteri kesehatan Nomor 907/Menkes/SK/VII/2002 tentang Syarat – syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum
- b. Pemeriksaan kualitas bakteriologi air minum dilakukan setiap kali pengisian air baku, pemeriksaan ini dapat menggunakan metode H_2S
- c. Untuk menjamin kualitas air minum dilakukan pengambilan sampel secara periodik.

7. Pelayanan Konsumen

- a. Setiap wadah yang akan diisi air minum harus dalam keadaan bersih
- b. Proses pencucian botol dapat disediakan oleh pengusaha/pengelola depot air minum
- c. Setiap wadah yang telah diisi harus ditutup dengan penutup wadah yang saniter
- d. Setiap air minum yang telah diisi harus langsung diberikan kepada pelanggan, dan tidak boleh disimpan di depot air minum (> 1x24 jam).

8. Karyawan

- a. Karyawan harus sehat dan bebas dari penyakit menular
- b. Bebas dari luka, bisul, penyakit kulit dan luka lain yang dapat menjadi sumber pencemaran
- c. Dilakukan pemeriksaan kesehatan secara berkala (minimal 2 kali setahun)
- d. Memakai pakaian kerja/seragam yang bersih dan rapi
- e. Selalu mencuci tangan setiap kali melayani konsumen
- f. Tidak berkuku panjang, merokok, meludah, menggaruk, mengorek hidung/telinga/gigi pada waktu melayani konsumen
- g. Memiliki Surat Keterangan telah mengikuti kursus Operator depot Air Minum.

9. Pekarangan

- a. Permukaan rapat air dan cukup miring sehingga tidak terjadi genangan
- b. Selalu dijaga kebersihannya setiap saat
- c. Bebas dari kegiatan lain atau bebas dari pencemaran lainnya.

10. Pemeliharaan

- a. Pemilik/ Penanggung jawab dan operator wajib memelihara sarana yang menjadi tanggung jawabnya.
- b. Melakukan sistem pencatatan dan pemantauan secara ketat, meliputi :
 - Tugas dan kewajiban karyawan
 - Hasil pengujian laboratorium baik intern atau ekstern
 - Data alamat pelanggan (untuk tujuan memudahkan investigasi dan pembuktian).

2.10 Persyaratan Usaha Depot Air Minum

2.10.1 Tanda Daftar Industri (TDI)

Tanda Daftar Industri (TDI) adalah bentuk perizinan yang diberikan oleh Depperindag RI untuk depot air minum isi ulang dalam rangka pendirian sebuah industri yang harus dimiliki oleh sebuah depot air minum sebagaimana yang diatur dalam Kepmenperindag No. 651/MPP/Kep/10/2004 (Depperindag RI, 2004).

Untuk pemberian izin TDI ketentuannya mengacu kepada Permenperindag No. 41/M-IND/Per/6/2008 dimana ketentuan kewajiban memiliki TDI adalah sebagai berikut :

- Industri kecil dimana nilai investasinya sampai dengan Rp. 5.000.000,- (lima juta rupiah) tidak termasuk tanah, dan bangunan tempat usaha, tidak wajib memiliki TDI, kecuali perusahaan yang bersangkutan mengkehendaki TDI.
- Industri kecil dimana nilai investasinya diatas Rp. 5.000.000,- (lima juta rupiah) sampai dengan Rp. 200.000.000,- (dua ratus juta rupiah) tidak termasuk tanah, dan bangunan tempat usaha, wajib memiliki TDI (Depperindag RI, 2008).

2.10.2 Tanda Daftar Usaha Perdagangan (TDUP) / Surat Izin Usaha Perdagangan (SIUP)

Tanda Daftar Usaha Perdagangan (TDUP) atau SIUP (Surat Izin Usaha Perdagangan) adalah perizinan yang diberikan oleh Depperindag RI bagi setiap industri yang melaksanakan kegiatan usaha perdagangan sebagaimana yang diatur dalam Permendagri No. 36/M-DAG/Per/9/2007 tentang Penerbitan Surat Izin Usaha Perdagangan (Depperindag, 2007).

2.10.3 Surat Jaminan Pasok Air Baku

Surat Jaminan Pasok Air Baku adalah persyaratan yang harus dimiliki oleh depot air minum yang diberikan oleh PDAM atau perusahaan yang memiliki Izin Pengambilan Air dari instansi yang berwenang mengacu kepada Kepmenperindag No. 651/MPP/Kep/10/2004 (Depperindag, 2004).

2.11 Pengawasan

Pengawasan yaitu melakukan penilaian dan sekaligus koreksi terhadap setiap penampilan karyawan untuk mencapai tujuan seperti yang telah ditetapkan dalam rencana (Azwar, 1996).

2.11.1 Tujuan pengawasan kualitas air minum

Pengawasan kualitas air bertujuan untuk melindungi masyarakat dari penyakit atau gangguan kesehatan yang berasal dari air minum atau air bersih yang tidak memenuhi persyaratan kesehatan melalui surveilans kualitas air secara berkesinambungan (Depkes RI, 2002). Untuk tata laksana pengawasan kualitas air minum tersebut telah diatur dalam Permenkes No. 736/Menkes/Per/VI/2010 (Depkes RI, 2010).

2.11.2 Pengawasan Internal

Dalam rangka menjaga kualitas air minum yang dikonsumsi masyarakat sebagaimana yang diatur menurut Permenkes RI No.492/Menkes/Per/IV/2010, maka dilakukan pengawasan kualitas air minum secara eksternal dan internal yang diatur dalam Permenkes No. 736/Menkes/Per/VI/2010 (Depkes RI, 2010).

Pengawasan kualitas air minum secara internal merupakan pengawasan yang dilaksanakan oleh penyelenggara air minum untuk menjamin kualitas air minum yang diproduksi (Depkes RI, 2010).

2.11.3 Kegiatan Pengawasan Internal

Kegiatan pengawasan kualitas internal depot air minum sebagaimana yang dalam Permenkes No. 736/Menkes/Per/VI/2010 adalah :

1. Pengambilan sampel air

Untuk menjamin kualitas air minum yang diproduksi memenuhi persyaratan, depot air minum wajib melaksanakan pengawasan internal terhadap kualitas air yang siap dimasukkan ke dalam galon/wadah air minum. Jumlah sampel dan frekuensi pengujian sampel air minum dilakukan terhadap air yang siap dimasukkan ke dalam galon/wadah air minum sesuai kebutuhan dengan ketentuan minimal sebagai berikut :

a. Air baku

Tabel 2.3 Frekuensi dan jumlah sampel minimum pengawasan internal air baku

Parameter	Frekuensi pengujian	Jumlah sampel
Mikrobiologi	Satu bulan sekali	1
Fisika	Satu bulan sekali	1
Kimia Wajib	Enam bulan sekali	1
Kimia Tambahan	Enam bulan sekali	1

Sumber : Permenkes RI /no. 736/Menkes/Per/VI/2010

- b. Air minum (air yang siap dimasukkan ke dalam galon/wadah air minum)

Tabel 2.4 Frekuensi dan jumlah sampel minimum pengawasan internal air minum

Parameter	Frekuensi pengujian	Jumlah sampel
Mikrobiologi	Satu bulan sekali	1
Fisika	Satu bulan sekali	1
Kimia Wajib	Enam bulan sekali	1
Kimia Tambahan	Enam bulan sekali	1

Sumber : Permenkes RI /no. 736/Menkes/Per/VI/2010

2. Pengujian kualitas air minum

Pelaksanaan pengujian sampel air minum dilakukan di laboratorium yang terakreditasi atau dilakukan pengujian lapangan dengan menggunakan pengujian lapangan yang terkalibrasi. Metode pengujian sampel air minum mengacu kepada Standar Nasional Indonesia (SNI) atau metode yang ditetapkan oleh Komite Akreditasi Nasional (KAN), atau metode lainnya berdasarkan referensi yang dapat dipertanggungjawabkan keakuratan hasil pengujianya. Dalam hal suatu Kabupaten/Kota tidak memiliki laboratorium terakreditasi, pemerintah daerah menetapkan laboratorium sebagai laboratorium penguji kualitas air. Analisa hasil pengujian laboratorium dilakukan melalui :

- a. Membandingkan hasil pengujian laboratorium dengan parameter kualitas air minum sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.
- b. Identifikasi dugaan sumber kontaminasi.
- c. Identifikasi langkah perbaikan.

3. Pencatatan

Setiap penyelenggara air minum melakukan pencatatan atas setiap kegiatan pengawasan internal, yaitu :

- a. Rencana pengambilan dan pengujian sampel air minum
- b. Detail data setiap sampel
- c. Inspeksi sanitasi
- d. Pengujian sampel air minum.

4. Pelaporan

- a. Pengawasan berkala dilaporkan 6 (enam) bulan sekali kepada Kepala Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota.
- b. Khusus parameter mikrobiologi, dilakukan 1 (satu) bulan sekali kepada Kepala Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota.
- c. Apabila dari hasil pengawasan diperoleh parameter yang tidak memenuhi syarat, maka dilakukan pemeriksaan kembali setiap bulan (Depkes RI, 2010).

2.12 Nitrat

Nitrat (NO_3^-) ditemukan secara alami di lingkungan dan *nitrat* juga merupakan sebuah nutrisi yang penting untuk tanaman. *Nitrat* tersebut terdapat di berbagai konsentrasi di semua tumbuhan dan merupakan bagian dari siklus nitrogen (WHO, 2008).

2.12.1 Sumber Nitrat

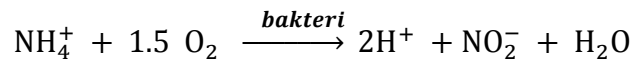
Nitrat (NO_3^-) dan *nitrit* (NO_2^-) adalah ion-ion anorganik alami, yang merupakan bagian dari siklus nitrogen. Aktifitas mikroba di tanah atau air menguraikan sampah yang mengandung nitrogen organik pertama-pertama menjadi ammonia, kemudian dioksidasikan menjadi *nitrit* dan *nitrat*. Oleh karena *nitrit* dapat dengan mudah dioksidasikan menjadi *nitrat*, maka *nitrat* adalah senyawa yang paling sering ditemukan di dalam air bawah tanah maupun air yang terdapat dipermukaan. Pencemaran oleh pupuk nitrogen, termasuk *Ammonia anhidrat* seperti juga sampah organik hewan maupun manusia, dapat meningkatkan kadar *nitrat* dalam air. Senyawa yang mengandung *nitrat* dalam tanah biasanya larut dan dengan mudah bermigrasi dengan air bawah tanah (WHO, 2008).

Sebagaimana yang dinyatakan oleh P.J. Weyer dkk (2006) yang mengutip dari Burkart dan Stoner (2002) bahwa pencemaran *nitrat* pada sumber air adalah permasalahan di mana sejumlah besar pupuk nitrogen secara berkala digunakan pada tanah, terutama di daerah pertanian. Berdasarkan pendapat para ahli pertanian (seperti Las, Irsal, Subagyono, K. Dan Setyanto, A.P. 2006) residu pupuk nitrogen berupa *nitrat* (NO_3) telah mencemari sebagian sumber daya air irigasi maupun air tanah. Menurut mereka sekitar 85% air yang mengairi sebagian besar lahan sawah di Jawa mengandung *nitrat* rata-rata 5,40 ppm atau 20% lebih tinggi daripada batas toleransi. Berdasarkan baku mutu air minum yang dikeluarkan oleh WHO (2011), kadar Nitrat maksimum dalam air minum yang dibolehkan yakni 50 mg/l.

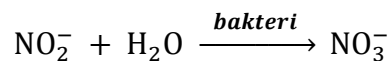
2.12.2 Nitrifikasi

Nitrifikasi dapat didefinisikan sebagai konversi biologis dan nitrogen dari komponen organik atau anorganik dari bentuk tereduksi ke bentuk teroksidasi. Pada penanganan polusi air, *nitrifikasi* adalah proses biologis yang akan mengoksidasi ion *amonium* menjadi bentuk *nitrit* atau *nitrat*. Bakteri yang mengoksidasi amonium menjadi *nitrit* adalah bakteri dari genus *nitrosospira*, *nitrosococcus*, dan *nitrosocystis*. Sedangkan bakteri yang mengoksidasi *nitrit* menjadi *nitrat* adalah *nitrobacter* juga dari genus *nitrosogloea* dan *nitrocystis*.

Pada limbah yang belum diolah, nitrogen dijumpai dalam bentuk nitrogen organik dan komponen *amonium*. Nitrogen organik akan diubah oleh aktivitas mikroba menjadi ion *amonium*. Bila kondisi lingkungan mendukung maka mikroba *nitrifikasi* akan mampu mengoksidasi *amonia*. Mikroba tersebut bersifat *autotropik* yaitu mendapatkan energinya melalui proses oksidasi dari *ion amonium* atau *nitrit* yang tersedia. Reaksinya adalah sebagai berikut:



Reaksi ini membutuhkan 3.43 gram molekul oksigen untuk setiap gram molekul *amonia* yang akan teroksidasi menjadi *nitrit*. Sedangkan *nitrit* dapat dioksidasi menjadi *nitrat* dengan reaksi sebagai berikut:

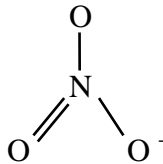


Reaksi ini membutuhkan 1.14 gram molekul oksigen untuk setiap gram *nitrit* yang dioksidasi menjadi *nitrat* (Jenie, 1990).

2.12.3 Sifat Fisik dan Struktur Kimia

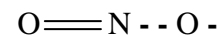
Nitrat dibentuk dari *asam nitrit* yang berasal dari *ammonia* melalui proses *oksidasi katalitik*. *Nitrit* juga merupakan hasil metabolisme dari siklus nitrogen. Bentuk pertengahan dari *nitrifikasi* dan *denitrifikasi*. *Nitrat* dan *nitrit* adalah komponen yang mengandung nitrogen berikatan dengan atom oksigen, *nitrat* mengikat tiga atom oksigen sedangkan *nitrit* mengikat dua atom oksigen. Di alam, *nitrat* sudah diubah menjadi bentuk nitrit atau bentuk lainnya (Ruse M., 1999).

Struktur kimia dari *nitrat*



Berat molekul = 62.05

Struktur kimia dari *nitrit*



Berat molekul = 46.006

Pada kondisi yang normal, baik *nitrat* maupun *nitrit* adalah komponen yang stabil, tetapi dalam suhu yang tinggi akan menjadi tidak stabil dan dapat meledak pada suhu yang sangat tinggi dan tekanan yang sangat besar. Biasanya, adanya ion *klorida*, bahan metal tertentu dan bahan organik akan mengakibatkan *nitrat* dan **nitrit** menjadi tidak stabil. Jika terjadi kebakaran, maka tempat penyimpanan nitrit maupun nitrat sangat berbahaya untuk didekati karena dapat terbentuk gas beracun dan bila terbakar dapat menimbulkan ledakan. Bentuk garam dari *nitrat* dan *nitrit* tidak berwarna dan tidak berbau serta tidak berasa. Bersifat *higroskopis* (Parrot, 2002).

2.12.4 Dosis dan Kadar Normal

Dosis letal dari *nitrat* pada orang dewasa adalah sekitar 4 sampai 30 g (atau sekitar 40 sampai 300 mg NO₃-kg). Dosis antara 2 sampai 9 gram NO₃- dapat mengakibatkan *methemoglobinemia*. Nilai ini setara dengan 33 sampai 150 mg NO₃-

/kg. Dosis letal dari *nitrit* pada orang dewasa bervariasi antara 0,7 dan 6 g NO₂- (atau sekitar 10 sampai 100mg NO₂-/kg (Ruse M, 1999).

Dengan dosis yang lebih kecil akan dapat membahayakan *neonatus* karena belum lengkapnya pembentukan dan regenerasi *hemoglobin* didalam tubuh mereka. Kebanyakan kasus membuktikan bahwa *neonatus* langsung mengalami *methemoglobinemia* setelah minum air formula yang tinggi *nitrat* atau *nitrit* (Ruse M, 1999).

2.12.5 Farmakokinetik

Nitrat dan *nitrit* yang diberikan secara oral akan diabsorpsi oleh *traktus digestivus* bagian atas dan dipindahkan kedalam darah. Di dalam darah, *nitrit* mengubah *hemoglobin* menjadi *methemoglobin* yang kemudian teroksidasi menjadi *nitrat*. Normalnya *methemoglobin* akan langsung diubah menjadi *hemoglobin* kembali melalui proses enzimatik. *Nitrat* tidak diakumulasikan didalam tubuh. *Nitrat* kemudian didistribusikan ke cairan-cairan tubuh seperti urin, air liur, asam lambung, dan cairan usus. Sekitar 60% dari *nitrat* oral diekskresikan melalui urin. Sisanya belum diketahui, tetapi metabolisme bakteri *endogen* mengeliminasi sisanya (Argonne National Laboratory, 2005)

Apabila *nitrat* dan *nitrit* yang masuk bersamaan dengan makanan, maka bayaknya zat makanan akan menghambat absorpsi dari kedua zat ini dan baru akan diabsorpsi di *traktus digestivus* bagian bawah. Hal ini akan mengakibatkan mikroba usus mengubah *nitrat* menjadi *nitrit* sebagai senyawa yang lebih berbahaya. Karena itu, pembentukan *nitrit* pada intestinum mempunyai arti klinis yang penting terhadap keracunan. *Nitrit* dapat mengakibatkan *vasolidatasi* pada pembuluh darah, hal ini

mungkin diakibatkan karena adanya perubahan *nitrit* menjadi *nitrit dioksida* (NO) atau *NO*-yang mengandung molekul yang berperan dalam membuat relaksasi otot-otot polos (Thompson, 2004) Selain itu, *nitrit* di dalam perut akan berikatan dengan protein .

2.12.6 Dampak Nitrat Pada Kesehatan

Nitrat dan *Nitrit* dalam jumlah besar dapat menyebabkan gangguan *Gastro Intestinal*, diare campur darah, disusul oleh konvulsi, koma, dan bila tidak tertolong akan meninggal. Keracunan kronis dapat menyebabkan depresi (umum), sakit kepala, dan gangguan mental. *Nitrit* terutama bereaksi dengan *haemoglobin* dan membentuk *methemoglobin* (*methb*). Dalam jumlah melebihi normal *Methemoglobin* akan membentuk *methemoglobinemia*. *Methemoglobinemia* sering dijumpai pada bayi karena pembentukan enzim untuk mengurai *methemoglobinemia* menjadi *haemoglobin* masih belum sempurna. Dampak dari *methemoglobinemia*, bayi akan kekurangan oksigen, maka mukanya akan tampak biru, oleh karenanya penyakit ini juga disebut sebagai penyakit '*blue babies*' (Soemirat, 2001).

Nilai batas yang diperbolehkan 50 mg/l untuk *nitrat* (NO_3^-) didasarkan pada bukti *epidemiologis* dari fenomena *methemoglobinemia* pada bayi. Semua pihak berwenang karenanya harus lebih waspada terhadap air yang akan digunakan untuk botol atau wadah makanan bayi. Meskipun, air diketahui aman secara mikrobiologi (WHO, 2008).

2.12.7 Pengolahan Nitrat

Nitrat sangat mudah bercampur dengan air dan sangat susah untuk dipisahkan. Ada tiga metode yang digunakan untuk mengurangi jumlah nitrat di dalam suatu lingkungan (Mancl K, 1998).

1. *Demineralisasi*
2. Penukaran ion
3. Pencampuran

1. **Demineralisasi**

Demineralisasi akan mengurangi kadar nitrat dan mineral lain di dalam air. Dalam hal ini, penyulingan adalah hal yang paling efektif. Pertama air dipanaskan, setelah itu uap air yang terbentuk dipindahkan ketempat lain yang lebih dingin sehingga terbentuk air kembali dan sisa mineral yang tertinggal akan mengendap di dasar pemanas. Proses ini memerlukan energi dan tenaga yang sangat besar. Metode *Demineralisasi* terdiri dari :

1. Proses *Destilasi*
2. *Deionisasi*
3. *Filtrasi Membran (Nano Filtration)*
4. *Elektrodialisis*

2. **Pertukaran Ion**

Cara ini adalah dengan menukar substansi lain yang serupa sehingga akan mengambil alih tempat yang seharusnya diikat oleh *nitrat*. Zat yang sering digunakan adalah *klorida* yang relatif kurang berbahaya.

3. **Pencampuran**

Cara ini adalah dengan mencampurkan air yang telah dicemari *nitrat* dengan sumber air dari sumber yang berbeda dan mempunyai kadar *nitrat* yang lebih rendah, sehingga dengan pencampuran kedua air ini diharapkan kadar nitrat dapat diturunkan.

2.10 Kerangka Konsep

